

**SEGUNDO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE
EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

**EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR QUEIMA DE
COMBUSTÍVEIS: ABORDAGEM BOTTOM-UP**



Economia e Energia - OSCIP

Ministério da Ciência e Tecnologia
2010

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
LUÍS INACIO LULA DA SILVA

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SERGIO MACHADO REZENDE

SECRETÁRIO EXECUTIVO
LUÍZ ANTONIO RODRIGUES ELIAS

SECRETÁRIO DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
LUIS ANTONIO BARRETO DE CASTRO

EXECUÇÃO

COORDENADOR GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS DE CLIMA
JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ

COORDENADOR TÉCNICO DO INVENTÁRIO
NEWTON PACIORNIK

**SEGUNDO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE
EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

**EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR QUEIMA DE
COMBUSTÍVEIS: ABORDAGEM BOTTOM-UP**

Elaborado por:

Organização da Sociedade Civil de Interesse Público Economia e Energia - OSCIP E&E

Autores:

Carlos A. Feu Alvim da Silva
Omar Campos Ferreira
Olga Y. Mafra Guidicini
Frida Eidelman
Rafael Lemos de Macedo
Lothario Deppe

Apoio:

Ministério de Minas e Energia

Ministério da Ciência e Tecnologia
2010

Publicação do Ministério da Ciência e Tecnologia

Para obter cópias adicionais deste documento ou maiores informações, entre em contato com:

Ministério da Ciência e Tecnologia
Secretaria de Políticas e Programas de Ciência e Tecnologia
Departamento de Programas Temáticos
Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima
Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º Andar Sala 268
70067-900 - Brasília - DF
Telefone: 61 3317-7923 e 3317-7523
Fax: 61 3317-7657
e-mail: cpmg@mct.gov.br
<http://www.mct.gov.br/clima>

Revisão:

Ana Carolina Avzaradel
Newton Paciornik
Danielly Godiva

Revisão de Editoração:

Márcia dos Santos Pimenta

A realização deste trabalho só foi possível com o apoio financeiro e administrativo do:

Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD

Projeto BRA/95/G31
SCN Quadra 02 Bloco A - Ed. Corporate Center 7º Andar
70712-901 - Brasília - DF
Telefone: 61 329-2000
Fax: 61 329-2099
e-mail: registry@undp.org.br
<http://www.undp.org.br>

Agradecimentos:

Expressamos nossa mais profunda gratidão, pelos constantes incentivos e apoio em todos os momentos aos trabalhos realizados, ao Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, Dr. Sérgio Rezende, e ao Secretário Executivo, Dr. Luis Elias. Estendemos nossos agradecimentos ao Dr. Eduardo Campos, que ocupou a pasta de 2004 a 2005 e ao Dr. Luiz Fernandes, que representou a Secretaria Executiva de 2004 a 2007.

Agradecemos também ao Ministério de Minas e Energia - MME, cuja equipe participou em várias etapas na elaboração deste documento dando suporte técnico e financeiro na execução dos trabalhos que possibilitaram esta publicação.

Agradecemos às equipes do GEF, do PNUD e da ABC/MRE por meio dos dirigentes dessas instituições: Sra. Monique Barbut, Dr. Jorge Chediek e Ministro Marco Farani, respectivamente, e, em particular, algumas pessoas muito especiais sem as quais a realização desse trabalho não teria sido possível: Robert Dixon, Diego Massera e Oliver Page, do GEF; Rebeca Grynstan, do PNUD/Latino América e Caribe; Kim Bolduc, Eduardo Gutierrez, Carlos Castro, Rose Diegues, Luciana Brant, do PNUD-Brasil, bem como Márcio Corrêa e Alessandra Ambrosio, da ABC/MRE. Agradecemos, igualmente, à equipe da ASCAP/MCT, por meio de sua dirigente, Dra. Ione Egler. Agradecemos, por fim, à equipe da Unidade de Supervisão Técnica e Orientação Jurídica do PNUD-Brasil. A todas essas pessoas, por seu apoio e liderança neste processo, nosso mais sincero agradecimento.

Índice

| | Página |
|--|-----------|
| Apresentação | 9 |
| Sumário Executivo | 10 |
| 1. Introdução | 15 |
| 2. Metodologia | 15 |
| 3. Dados | 16 |
| 3.1 Consumo de Energia por Setor | 18 |
| 3.1.1 Consumo final de energia no Subsetor Não Energético | 18 |
| 3.1.2 Consumo final de energia no Subsetor Energético | 19 |
| 3.1.3 Consumo final de energia no Subsetor Residencial | 20 |
| 3.1.4 Consumo final de energia no Subsetor Comercial | 21 |
| 3.1.5 Consumo final de energia no Subsetor Público | 21 |
| 3.1.6 Consumo final de energia no Subsetor Agropecuário | 22 |
| 3.1.7 Consumo final de energia no Subsetor de Transportes | 23 |
| 3.1.8 Consumo final de energia no Subsetor Industrial | 25 |
| 3.1.9 Centros de Transformação | 28 |
| 4. Emissões de CO₂ | 29 |
| 4.1 Emissões de CO ₂ do Consumo Não Energético | 33 |
| 4.2 Emissões de CO ₂ do Subsetor Energético Amplo | 34 |
| 4.3 Emissões de CO ₂ do Subsetor Residencial | 36 |
| 4.4 Emissões de CO ₂ do Subsetor Comercial | 37 |
| 4.5 Emissões de CO ₂ do Subsetor Público | 38 |
| 4.6 Emissões de CO ₂ do Subsetor Agropecuário | 39 |
| 4.7 Emissões de CO ₂ do Subsetor de Transportes | 39 |
| 4.8 Emissões de CO ₂ do Subsetor Industrial | 41 |
| 5. Emissões de gases não-CO₂ | 44 |
| 5.1 Emissões de CH ₄ | 45 |
| 5.2 Emissões de CO | 49 |
| 5.3 Emissões de NMVOC | 54 |

| | | |
|-----|---|----|
| 5.4 | <i>Emissões de NO_x</i> | 59 |
| 5.5 | <i>Emissões de N₂O</i> | 64 |
| 6. | Diferenças em relação ao Inventário Inicial | 70 |
| 7. | Referências Bibliográficas | 71 |

Lista de Tabelas

| | Página |
|---|--------|
| <i>Tabela 1 - Consumo final de energia, por setor</i> _____ | 17 |
| <i>Tabela 2 - Emissões de CO₂ de combustíveis fósseis, por combustível</i> _____ | 30 |
| <i>Tabela 3 - Emissões de CO₂ de combustíveis fósseis, por setor</i> _____ | 32 |
| <i>Tabela 4 - Emissões de CO₂ do Consumo Não Energético, por combustível</i> _____ | 33 |
| <i>Tabela 5 - Emissões de CO₂ do Setor Energético Amplo, por combustível</i> _____ | 35 |
| <i>Tabela 6 - Emissões de CO₂ do Subsetor Residencial, por combustível</i> _____ | 36 |
| <i>Tabela 7 - Emissões de CO₂ do Subsetor Comercial, por combustível</i> _____ | 37 |
| <i>Tabela 8 - Emissões de CO₂ do Subsetor Público, por combustível</i> _____ | 38 |
| <i>Tabela 9 - Emissões de CO₂ do Subsetor Agropecuário, por combustível</i> _____ | 39 |
| <i>Tabela 10 - Emissões de CO₂ do Subsetor de Transportes, por combustível</i> _____ | 40 |
| <i>Tabela 11 - Emissões de CO₂ do Subsetor de Transportes, por modal</i> _____ | 41 |
| <i>Tabela 12 - Emissões de CO₂ do Subsetor Industrial, por combustível</i> _____ | 42 |
| <i>Tabela 13 - Emissões de CO₂ do Subsetor Industrial, por subsetor</i> _____ | 43 |
| <i>Tabela 14 - Emissões de CH₄ 1990/2005, por combustível</i> _____ | 45 |
| <i>Tabela 15 - Emissões de CH₄, por setor</i> _____ | 47 |
| <i>Tabela 16 - Emissões de CH₄, por tecnologia</i> _____ | 49 |
| <i>Tabela 17 - Emissões de CO, por combustível</i> _____ | 50 |
| <i>Tabela 18 - Emissões de CO (Gg/ano) por setor</i> _____ | 52 |
| <i>Tabela 19 - Emissões de CO (Gg/ano) por tecnologia</i> _____ | 54 |
| <i>Tabela 20 - Emissões de NMVOC por combustível (Gg/ano)</i> _____ | 55 |
| <i>Tabela 21 - Emissões de NMVOC por setor (Gg/ano)</i> _____ | 57 |
| <i>Tabela 22 - Emissões de NMVOC por tecnologia (Gg/ano)</i> _____ | 59 |
| <i>Tabela 23 - Emissões de NO_x (Gg/ano) por combustível</i> _____ | 60 |
| <i>Tabela 24 - Emissões de NO_x (Gg/ano) por setor</i> _____ | 62 |
| <i>Tabela 25 - Emissões de NO_x (Gg/ano) por tecnologia</i> _____ | 64 |
| <i>Tabela 26 - Emissões de N₂O (Gg/ano) por combustível</i> _____ | 65 |
| <i>Tabela 27 - Emissões de N₂O (Gg/ano) por setor</i> _____ | 67 |
| <i>Tabela 28 - Emissões de N₂O (Gg/ano) por tecnologia</i> _____ | 69 |

Lista de Figuras

| | Página |
|--|---------------|
| <i>Figura 1 - Consumo final de energia do subsetor não energético, por fonte</i> | 19 |
| <i>Figura 2 - Consumo final de energia do subsetor energético, por fonte</i> | 20 |
| <i>Figura 3 - Consumo final de energia do Setor Residencial, por fonte</i> | 20 |
| <i>Figura 4 - Consumo final de energia do subsetor comercial, por fonte</i> | 21 |
| <i>Figura 5 - Consumo final de energia do subsetor público, por fonte</i> | 22 |
| <i>Figura 6 - Consumo final de energia do Subsetor Agropecuário, por fonte</i> | 22 |
| <i>Figura 7 - Consumo final de energia do Subsetor Rodoviário, por fonte</i> | 23 |
| <i>Figura 8 - Consumo final de energia do Subsetor Aéreo, por fonte</i> | 24 |
| <i>Figura 9 - Consumo final de energia do Subsetor Ferroviário, por fonte</i> | 24 |
| <i>Figura 10 - Consumo final de energia do Subsetor Hidroviário, por fonte</i> | 25 |
| <i>Figura 11 - Consumo final de energia do Subsetor Industrial, por fonte</i> | 25 |
| <i>Figura 12 - Consumo de energia do Subsetor Industrial, por segmento</i> | 27 |
| <i>Figura 13 - Consumo de energia das Centrais Termelétricas, por fonte</i> | 28 |
| <i>Figura 14 - Consumo final de energia das Carvoarias, por fonte</i> | 29 |
| <i>Figura 15 - Emissões de CO₂ de combustíveis fósseis, por setor</i> | 32 |

Apresentação

O Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal (Inventário) é parte integrante da Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Convenção de Mudança do Clima). A Comunicação Nacional é um dos principais compromissos de todos os países signatários da Convenção de Mudança do Clima.

A responsabilidade da elaboração da Comunicação Nacional é do Ministério da Ciência e Tecnologia, ministério responsável pela coordenação da implementação da Convenção de Mudança do Clima no Brasil, conforme divisão de trabalho no governo que foi estabelecida em 1992. A Segunda Comunicação Nacional Brasileira foi elaborada de acordo com as Diretrizes para Elaboração das Comunicações Nacionais dos Países não Listados no Anexo I da Convenção (países em desenvolvimento) (Decisão 17/CP.8 da Convenção) e as diretrizes metodológicas do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC).

Em atenção a essas Diretrizes, o presente Inventário é apresentado para o ano base de 2000. Adicionalmente são apresentados os valores referentes aos outros anos do período de 1990 a 2005. Em relação aos anos de 1990 a 1994, o presente Inventário atualiza as informações apresentadas no Primeiro Inventário.

Como diretriz técnica básica, foram utilizados os documentos elaborados pelo Painel Intergovernamental de Mudança Global do Clima (IPCC) “*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” publicado em 1997, o documento “*Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*”, publicado em 2000, e o documento “*Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*”, publicado em 2003. Algumas das estimativas já levam em conta informações publicadas no documento “*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*”, publicado em 2006.

De acordo com as diretrizes, o Inventário deve ser completo, acurado, transparente, comparável, consistente e ser submetido a processo de controle de qualidade.

A elaboração do Inventário contou com a participação ampla de entidades governamentais e não-governamentais, incluindo ministérios, institutos, universidades, centros de pesquisa e entidades setoriais da indústria. Os estudos elaborados resultaram em um conjunto de Relatórios de Referência, do qual este relatório faz parte, contendo as informações utilizadas, descrição da metodologia empregada e critérios adotados.

Todos os Relatórios de Referência foram submetidos a uma consulta ampla de especialistas que não participaram na elaboração do Inventário diretamente, como parte do processo de controle e garantia de qualidade. Esse processo foi essencial para assegurar a qualidade e a correção da informação que constitui a informação oficial do governo brasileiro submetida à Convenção de Mudança do Clima.

Sumário Executivo

Este relatório apresenta as estimativas das emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes do consumo de combustíveis fósseis no setor energético brasileiro, com base na abordagem *Bottom-up*, para o período de 1990 a 2005. A metodologia adotada para a realização dos cálculos das emissões está de acordo com o *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Guidelines 1996)*, tendo, ainda, como base o *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (Good Practice Guidance 2000)*.

A elaboração do presente relatório resulta de um contrato firmado entre o Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento - PNUD, agência responsável por implementar os recursos financeiros advindos do Fundo Global para o Meio Ambiente (*Global Environmental Fund - GEF*) e a Organização da Sociedade Civil de Interesse Público Economia e Energia (OSCIP e&e), com o apoio do Ministério de Minas e Energia (MME).

Como resultado, foram apresentados diversos trabalhos, posteriormente revisados e compilados pela Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), agência executora do Projeto BRA/05/G31 - Segunda Comunicação Nacional do Brasil para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), que prevê o refinamento do Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa do setor de Energia.

O consumo de combustíveis foi calculado com base nos dados de energia por fonte, obtidos do Balanço Energético Nacional (BEN), que anteriormente era publicado pelo MME e em anos recentes, passou a ser publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), empresa subordinada ao MME.

Observa-se no período de 1990 a 2005, coberto pelo Inventário, um aumento do consumo energético de cerca de 50%, de 118.727 para 178.491 mil tep. Em 2005, ganha destaque o óleo diesel que contribui com 19,2% do consumo energético total no país. A Tabela I apresenta os dados de consumo, em mil tep¹, para os anos chave do Inventário, 1990, 1994, 2000 e 2005, por combustível.

¹ Tonelada equivalente de petróleo.

Tabela I - Consumo final energético brasileiro, por combustível

| | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Part. em 1990 | Part. em 2005 |
|---|-----------|--------|--------|--------|---------------|---------------|
| | (mil tep) | | | | % | % |
| Gasolina Automotiva | 7.436 | 9.235 | 13.261 | 13.595 | 6,3 | 7,6 |
| Gasolina de Aviação | 49 | 52 | 58 | 43 | 0,0 | 0,0 |
| Querosene de Aviação | 1.133 | 1.218 | 1.722 | 1.771 | 1,0 | 1,0 |
| Querosene Iluminante | 272 | 154 | 118 | 48 | 0,2 | 0,0 |
| Óleo diesel | 21.515 | 24.470 | 31.009 | 34.277 | 18,1 | 19,2 |
| Óleo combustível | 10.266 | 11.359 | 11.573 | 7.270 | 8,6 | 4,1 |
| GLP | 5.525 | 6.124 | 7.844 | 7.121 | 4,7 | 4,0 |
| Nafta | 4.958 | 6.140 | 8.102 | 7.277 | 4,2 | 4,1 |
| Asfalto | 1.234 | 1.278 | 1.727 | 1.461 | 1,0 | 0,8 |
| Lubrificantes | 697 | 639 | 822 | 856 | 0,6 | 0,5 |
| Solventes | 223 | 355 | 424 | 1.005 | 0,2 | 0,6 |
| Outros produtos não energéticos de petróleo | 1.079 | 880 | 1.478 | 1.179 | 0,9 | 0,7 |
| Coque de petróleo | 391 | 542 | 3.317 | 3.821 | 0,3 | 2,1 |
| Carvão vapor | 1.945 | 1.939 | 2.643 | 1.183 | 1,6 | 0,7 |
| Carvão metalúrgico | 0 | 258 | 2.482 | 3.169 | 0,0 | 1,8 |

| | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Part. em 1990 | Part. em 2005 |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | (mil tep) | | | | % | % |
| Alcatrão | 252 | 294 | 242 | 210 | 0,2 | 0,1 |
| Coque de carvão mineral | 196 | 266 | 441 | 353 | 0,2 | 0,2 |
| Gás Natural Úmido | 801 | 60 | 1.291 | 2.016 | 0,7 | 1,1 |
| Gás Natural Seco | 2.245 | 3.552 | 6.502 | 15.205 | 1,9 | 8,5 |
| Gás de Refinaria | 1.819 | 2.343 | 3.015 | 3.905 | 1,5 | 2,2 |
| Outros energéticos de petróleo | 960 | 1.194 | 2.196 | 2.149 | 0,8 | 1,2 |
| Gás Canalizado | 280 | 141 | 85 | 0 | 0,2 | 0,0 |
| Gás de Coqueria | 1.078 | 1.133 | 1.127 | 1.122 | 0,9 | 0,6 |
| Lenha Queima Direta | 15.757 | 13.893 | 13.774 | 16.247 | 13,3 | 9,1 |
| Lenha Carvoejamento | 12.780 | 10.965 | 9.284 | 12.173 | 10,8 | 6,8 |
| Carvão Vegetal | 6.137 | 5.333 | 4.814 | 6.248 | 5,2 | 3,5 |
| Bagaço | 11.266 | 14.546 | 13.381 | 21.147 | 9,5 | 11,8 |
| Resíduos Vegetais | 426 | 462 | 593 | 819 | 0,4 | 0,5 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis | 347 | 321 | 955 | 1.249 | 0,3 | 0,7 |
| Lixívia | 1.313 | 2.183 | 2.891 | 4.252 | 1,1 | 2,4 |
| Álcool Etílico | 6.346 | 7.182 | 6.457 | 7.321 | 5,3 | 4,1 |
| Total | 118.727 | 128.508 | 153.629 | 178.491 | 100 | 100 |

Setorialmente, observa-se um maior consumo de energéticos por parte dos subsetores industrial e de transportes. O subsetor industrial aumenta sua participação no consumo energético total de

24,1% para 29,0% entre 1990 e 2005. Já o subsetor de transportes mantém sua participação no consumo energético total razoavelmente estável no período inventariado, como pode ser visto na Tabela II.

Tabela II - Consumo final energético brasileiro, por setor

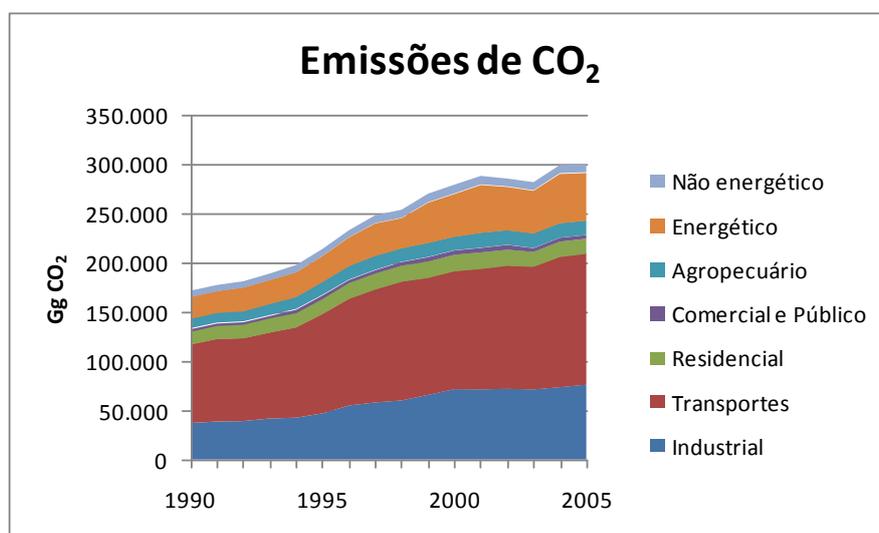
| | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Part. em 1990 | Part. em 2005 |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Setor | mil tep | | | | % | % |
| Industrial | 28.557 | 32.367 | 42.013 | 51.781 | 24,1 | 29,0 |
| Transportes | 32.375 | 37.163 | 45.876 | 51.574 | 27,3 | 28,9 |
| Residencial | 13.864 | 13.069 | 13.501 | 14.672 | 11,7 | 8,2 |
| Comercial e Público | 1.061 | 1.308 | 1.616 | 1.488 | 0,9 | 0,8 |
| Agropecuário | 5.454 | 5.931 | 6.217 | 7.009 | 4,6 | 3,9 |
| Energético | 11.454 | 12.652 | 11.942 | 16.479 | 9,6 | 9,2 |
| Centrais Termelétricas | 3.167 | 3.914 | 8.884 | 10.092 | 2,7 | 5,7 |
| Carvoarias | 12.780 | 10.965 | 9.284 | 12.173 | 10,8 | 6,8 |
| Não energético | 10.014 | 11.139 | 14.297 | 13.222 | 8,4 | 7,4 |
| Total | 118.727 | 128.508 | 153.629 | 178.491 | 100 | 100 |

No período de 1990 a 2005, registra-se um aumento das emissões de CO₂ derivadas da queima de combustíveis fósseis de 74,0%, passando de 172.371 para 299.941 GgCO₂.

De acordo com a metodologia *Bottom-up*, as emissões de CO₂ provenientes do consumo de combustíveis de biomassa são informadas, porém não contabilizadas no total de emissões do setor energético. A Tabela III apresenta as emissões de CO₂ de combustíveis fósseis para os anos de 1990, 1994, 2000 e 2005, por combustível, e a Figura I mostra as emissões, por setor, para o período completo do Inventário.

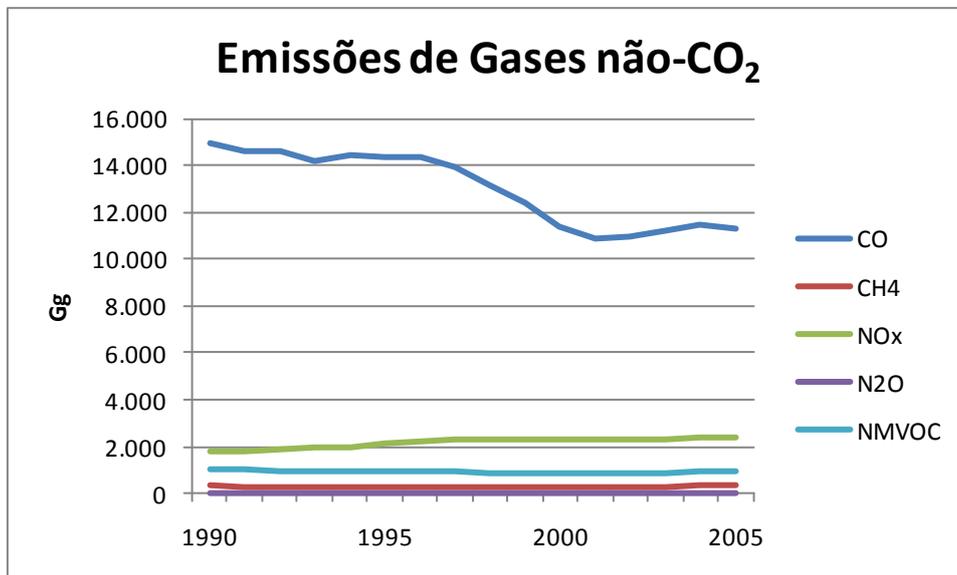
Tabela III - Emissões de CO₂ de combustíveis fósseis, por combustível

| | 1990 | 1994 | 2000 | 2005 | Part. em 1990 | Part. em 2005 |
|---------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | GgCO ₂ | | | | % | % |
| Gasolina Automotiva | 21.361 | 26.526 | 38.092 | 39.052 | 12,4 | 13,0 |
| Gasolina de Aviação | 145 | 154 | 173 | 127 | 0,1 | 0,0 |
| Querosene de Aviação | 3.358 | 3.609 | 5.104 | 5.248 | 1,9 | 1,7 |
| Querosene Iluminante | 568 | 365 | 166 | 74 | 0,3 | 0,0 |
| Óleo diesel | 66.053 | 75.123 | 95.199 | 105.231 | 38,3 | 35,1 |
| Óleo combustível | 32.921 | 36.425 | 37.113 | 23.315 | 19,1 | 7,8 |
| GLP | 14.443 | 16.007 | 20.504 | 18.616 | 8,4 | 6,2 |
| Nafta | 3.768 | 4.665 | 6.157 | 5.530 | 2,2 | 1,8 |
| Lubrificantes | 1.059 | 972 | 1.249 | 1.300 | 0,6 | 0,4 |
| Coque de petróleo | 1.634 | 2.266 | 13.865 | 15.968 | 0,9 | 5,3 |
| Carvão vapor | 7.549 | 7.526 | 10.261 | 4.592 | 4,4 | 1,5 |
| Carvão metalúrgico | 0 | 1.003 | 9.635 | 12.302 | 0,0 | 4,1 |
| Alcatrão | 667 | 929 | 531 | 352 | 0,4 | 0,1 |
| Coque de carvão mineral | 869 | 1.182 | 1.959 | 1.567 | 0,5 | 0,5 |
| Gás Natural Úmido | 1.825 | 139 | 3.018 | 4.711 | 1,1 | 1,6 |
| Gás Natural Seco | 5.176 | 8.479 | 16.448 | 39.299 | 3,0 | 13,1 |
| Gás de Refinaria | 4.350 | 5.879 | 7.862 | 10.371 | 2,5 | 3,5 |
| Outros energéticos de petróleo | 2.918 | 3.629 | 6.674 | 6.534 | 1,7 | 2,2 |
| Gás Canalizado | 749 | 363 | 199 | 0 | 0,4 | 0,0 |
| Gás de Coqueria | 1.916 | 2.014 | 2.004 | 1.994 | 1,1 | 0,7 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis | 1.043 | 967 | 2.874 | 3.759 | 0,6 | 1,3 |
| Total | 172.371 | 198.222 | 279.088 | 299.941 | 100 | 100 |

Figura I - Emissões de CO₂ de combustíveis fósseis, por setor

O comportamento das emissões dos chamados gases “não-CO₂”, a saber: monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), óxido de nitrogênio (NO_x) e os compostos voláteis não metânicos (NMVOCs), é apresentado na Figura II para o período de 1990 a 2005.

Figura II - Emissões de gases não-CO₂ devido à queima de combustíveis



1. Introdução

A abordagem setorial, ou *Bottom-up*, permite detectar onde e como ocorrem as emissões, favorecendo o estabelecimento de medidas de mitigação. Ela acrescenta uma visão setorial e possibilita o conhecimento das emissões de outros gases de efeito estufa cujo comportamento também é importante.

O cálculo das emissões *Bottom-up* considera as várias destinações e, além do CO₂, são estimadas as emissões dos chamados gases não-CO₂, a saber: monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), óxido de nitrogênio (NO_x) e os compostos voláteis não metânicos (NMVOCs) - do inglês *Non-Methane Volatile Organic Compounds*.

Os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) são os valores de partida de todos os cálculos. No que se refere aos fatores de emissão de gases não-CO₂, buscou-se identificar aqueles mais apropriados a cada tipo de equipamento e combustível, combinando fatores específicos e fatores *default*, considerando características semelhantes dos combustíveis e equipamentos.

2. Metodologia

A metodologia *Bottom-up* e sua aplicação na presente avaliação das emissões de CO₂ e também dos gases não-CO₂ são discutidas em detalhe no Anexo Metodológico publicado em conjunto com o presente relatório.

Na abordagem adotada (*Tier 2*) procurou-se estabelecer coeficientes adequados para o Brasil. Deve-se lembrar que as peculiaridades de cada país, no que se refere às emissões, estão ligadas à diferença dos combustíveis utilizados e/ou às características dos equipamentos de uso e transformação. Assim sendo, foram realizados estudos setoriais com o objetivo de identificar melhor os equipamentos utilizados pelos diversos setores e os coeficientes de emissão nas condições brasileiras. Na queima de combustíveis, os fatores de emissão para os gases não-CO₂ dependem da tecnologia utilizada.

Foi feita uma revisão da literatura, destacando-se correções a serem introduzidas nos coeficientes de emissão, particularmente aqueles referentes à biomassa.

3. Dados

Para os dados de consumo e transformação de combustíveis, recorreu-se ao BEN. Os dados são expressos em unidades originais e depois convertidos para tonelada equivalente de petróleo (tep). Adota-se nos cálculos o poder calorífico inferior (PCI) de cada combustível, conservando o tratamento da eletricidade pelo equivalente mecânico do tep na geração termoelétrica a óleo combustível, isto é, pelo conteúdo calórico da massa de óleo consumido na geração de 1 unidade de energia elétrica (MWh).

A partir do BEN/2001, a unidade tep, até então específica para cada qualidade de petróleo, passou a ser referida ao petróleo médio e ao poder calorífico inferior (PCI), enquanto que a energia elétrica passou a ser valorada pelo conteúdo calórico. Assim, 1 tep no Brasil correspondia, na prática anterior, à quantidade de calor liberada na combustão de 1 tonelada do petróleo médio consumido no país no ano do Balanço (10.800 Mcal/t), estando a água formada na combustão condensada à temperatura e pressão ambientes. Na nova equivalência 1 tep corresponde à quantidade de calor liberada na combustão de 1 tonelada de petróleo médio mundial (10.000 Mcal/t), com a água de combustão em estado de vapor nas condições ambientais médias. A justificativa para a mudança de equivalências baseou-se na conveniência de se aproximar a metodologia do balanço daquela usada em organismos internacionais, principalmente a da *Organization for Economic Co-operation and Development* - OCDE.

A desagregação do consumo de combustíveis entre as destinações foi feita mediante a utilização das três edições do Balanço de Energia Útil (BEU) disponíveis no Brasil, cujo intervalo é de 10 anos (1983, 1993 e 2003). O BEU fornece a destinação dos diversos energéticos pelos usos: Força Motriz, Calor de Processo, Aquecimento Direto (Fornos e Secadores), Refrigeração, Iluminação, Eletroquímica e Outros.

A interpolação dos dados para os anos intermediários foi feita através de um programa de cálculo. Para os anos de 1990 a 1993, a interpolação usou os coeficientes dos BEUs de 1983 e 1993; para os anos seguintes a interpolação foi feita entre os anos de 1993 e 2003. Para os anos anteriores a 1983 é tomado o valor desse ano e para os anos posteriores a 2003 toma-se o valor deste último.

Em seguida, foi introduzido um conjunto de critérios de agregação dos fatores de emissão por tecnologia (motores, caldeiras, secadores, fornos, etc.) para combustíveis de características semelhantes (estado físico, origem fóssil ou renovável, teor de carbono, etc.). As principais fontes de dados para os fatores de emissão adotados são o *Guidelines 1996* e o *Guidebook* do CORINAIR. Em alguns casos foram desenvolvidos e adotados fatores de emissão específicos de acordo com estudos de setores desenvolvidos para avaliar as emissões dos diferentes gases de efeito estufa. A discussão detalhada desses casos se encontra no Anexo Metodológico.

A Tabela 1 apresenta um quadro geral do consumo de combustíveis (em mil tep).

Tabela 1 - Consumo final de energia, por setor

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Setor | Mil tep | | | | | | | |
| Industrial | 28.557 | 28.204 | 28.868 | 30.310 | 32.367 | 33.399 | 35.691 | 37.390 |
| Transportes | 32.375 | 33.954 | 33.919 | 35.244 | 37.163 | 40.502 | 43.325 | 45.335 |
| Residencial | 13.864 | 13.950 | 14.109 | 13.286 | 13.069 | 12.626 | 12.721 | 12.808 |
| Comercial e Público | 1.061 | 1.009 | 1.019 | 970 | 1.308 | 1.344 | 1.184 | 1.282 |
| Agropecuário | 5.454 | 5.519 | 5.426 | 5.745 | 5.931 | 6.262 | 6.441 | 6.600 |
| Energético | 11.454 | 11.881 | 11.684 | 11.798 | 12.652 | 12.089 | 13.056 | 14.633 |
| Centrais Termelétricas | 3.167 | 3.516 | 4.152 | 3.940 | 3.914 | 4.461 | 4.966 | 5.638 |
| Carvoarias | 12.780 | 11.208 | 10.290 | 10.831 | 10.965 | 10.092 | 8.946 | 8.605 |
| Não energético | 10.014 | 9.536 | 9.771 | 10.072 | 11.139 | 10.825 | 10.909 | 12.553 |
| Total | 118.727 | 118.777 | 119.237 | 122.196 | 128.508 | 131.600 | 137.238 | 144.843 |

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Setor | Mil tep | | | | | | | |
| Industrial | 39.085 | 41.860 | 42.013 | 43.279 | 45.307 | 47.506 | 50.413 | 51.781 |
| Transportes | 47.167 | 46.557 | 45.876 | 46.134 | 47.885 | 47.530 | 50.775 | 51.574 |
| Residencial | 12.973 | 13.303 | 13.501 | 13.807 | 14.427 | 14.353 | 14.600 | 14.672 |
| Comercial e Público | 1.388 | 1.628 | 1.616 | 1.695 | 1.807 | 1.495 | 1.566 | 1.488 |
| Agropecuário | 6.311 | 6.447 | 6.217 | 6.663 | 6.701 | 6.923 | 6.995 | 7.009 |
| Energético | 13.537 | 12.547 | 11.942 | 12.612 | 13.387 | 14.799 | 15.307 | 16.479 |
| Centrais Termelétricas | 5.111 | 8.438 | 8.884 | 10.429 | 9.249 | 8.545 | 10.799 | 10.092 |
| Carvoarias | 7.836 | 8.491 | 9.284 | 8.626 | 9.034 | 10.626 | 12.308 | 12.173 |
| Não energético | 13.160 | 13.671 | 14.297 | 13.547 | 12.621 | 12.492 | 12.976 | 13.222 |
| Total | 146.568 | 152.941 | 153.629 | 156.972 | 160.418 | 164.270 | 175.737 | 178.491 |

Observa-se um aumento do consumo energético de cerca de 50% no período de 1990 a 2005. O crescimento do consumo energético das Centrais Termelétricas é o que mais se destaca, alcançando quase 220% entre 1990 e 2005. Ainda assim, sua participação no consumo total em 2005 é de apenas 5,7%. O subsetor industrial, por sua vez, detém a maior parcela do consumo

energético em 2005 (29,0%), imediatamente seguido pelo subsetor de transportes (28,9%). Os dados de consumo serão apresentados para cada setor na próxima seção.

3.1 Consumo de Energia por Setor

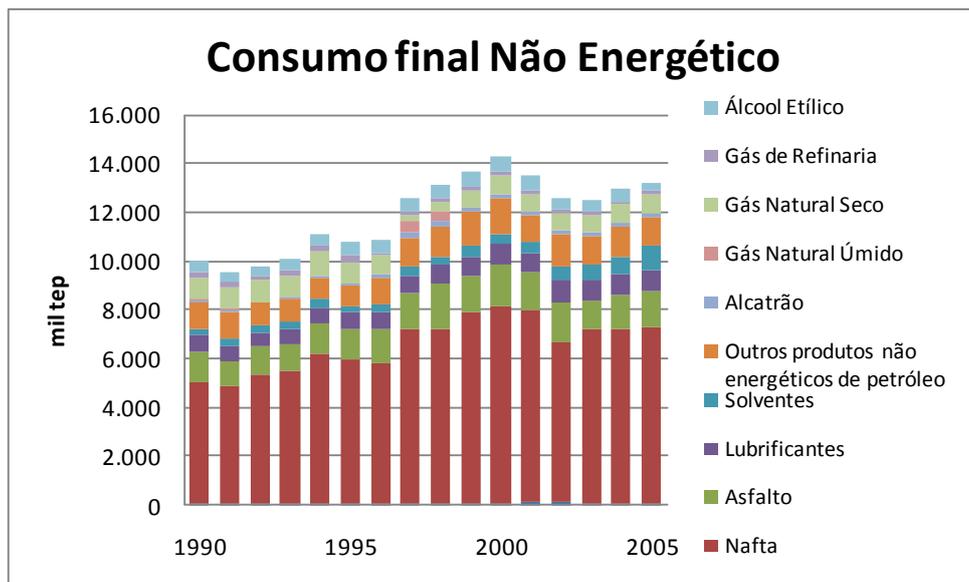
Parte-se dos dados de transformação e consumo do BEN, do BEU e de estudos específicos de setores de uso e transformação da energia para avaliar as emissões dos diferentes gases de efeito estufa. O BEU fornece o quadro da destinação de cada energético (em energia final) por tipo de uso para os diversos setores, bem como as respectivas eficiências. Das destinações disponíveis, são relevantes para as emissões as de calor de processo, aquecimento direto e força motriz, que indicam a tecnologia empregada (caldeira ou aquecedor, forno ou secadores e motor ou turbina, respectivamente). Uma aplicação residual de combustíveis para iluminação também é considerada.

Procurou-se identificar o nível de detalhamento que se pode alcançar na associação dos combustíveis com os equipamentos de uso mais frequente no Brasil. Estes dados foram revistos e as sugestões incorporadas ao programa de cálculo, quando necessário.

Deve-se assinalar ainda que os Balanços de Energia Útil para os anos de 1983, 1993 e 2003 estão disponíveis, editados pelo MME/EPE e permitem obter a destinação, por tipo de uso, da energia utilizada em cada setor da economia constante do BEN.

3.1.1 Consumo final de energia no Subsetor Não Energético

O subsetor não energético registra no período de 1990 a 2005 um pequeno consumo de querosene iluminante, gás natural úmido (apenas nos anos de 1990, 1991, 1997 e 1998), alcatrão, gás de refinaria e álcool etílico. Em maior escala, aparece o consumo de gás natural seco, lubrificantes, solventes, outros produtos não energéticos de petróleo e, finalmente, asfalto e nafta, que ganham destaque no setor, como pode ser visto na Figura 1.

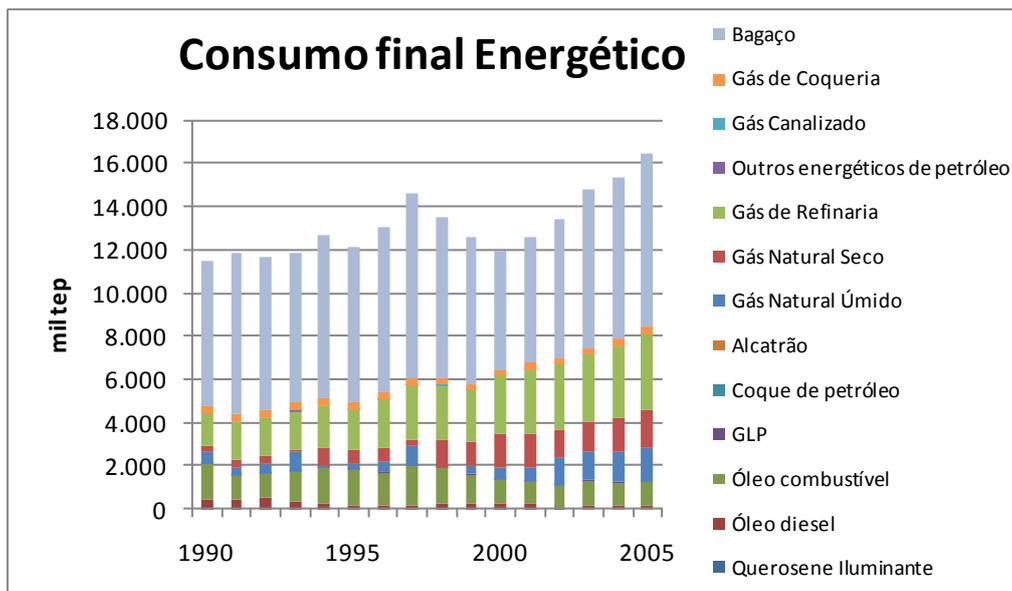
Figura 1 - Consumo final de energia do subsetor não energético, por fonte

O subsetor não energético apresenta um aumento do consumo de energia de 32,0% entre 1990 e 2005. O consumo de solventes é o que mais cresce no período assinalado (aproximadamente 350%), mas sua participação no consumo total em 2005 é de apenas 7,6%. O consumo de nafta representa 55,0% do consumo total em 2005 (7.277 mil tep).

3.1.2 Consumo final de energia no Subsetor Energético

O consumo final do subsetor energético se concentra no bagaço, gás de refinaria, gás natural (seco e úmido) e óleo combustível. A participação do querosene iluminante, coque de petróleo, alcatrão, outros energéticos de petróleo e gás canalizado pode ser considerada desprezível. Registra-se, ainda, um pequeno consumo de gás de coqueria, óleo diesel e gás liquefeito de petróleo (GLP). A Figura 2 apresenta o consumo do subsetor energético de cada combustível no período de 1990 a 2005.

Figura 2 - Consumo final de energia do subsetor energético, por fonte

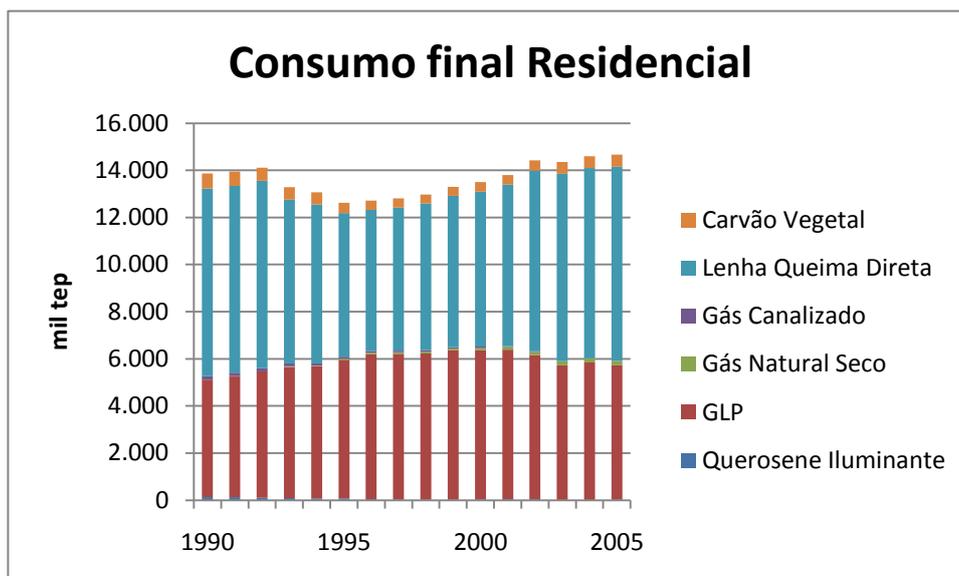


Em 2005 o consumo de bagaço, gás de refinaria, gás natural (seco e úmido) e óleo combustível representou 97,0% do consumo total do setor.

3.1.3 Consumo final de energia no Subsetor Residencial

No subsetor residencial observa-se um consumo mais importante de lenha para queima direta e GLP e, em menor escala, carvão vegetal, gás natural e querosene iluminante. A evolução do consumo desses combustíveis no período de 1990 a 2005 pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3 - Consumo final de energia do Setor Residencial, por fonte

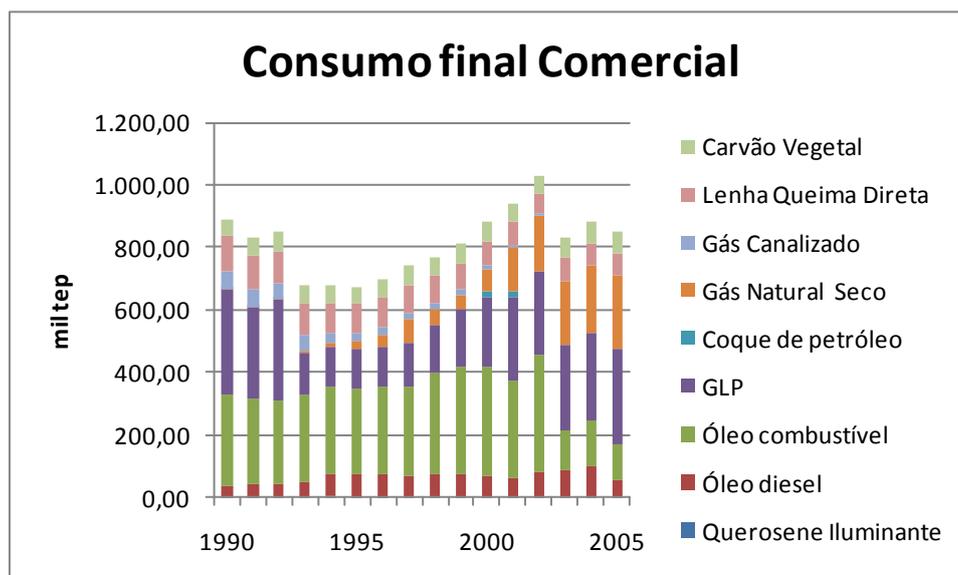


A lenha para queima direta, que representa 56,1% do consumo energético total do setor em 2005 apresentou um crescimento de 3,5% entre 1990 e 2005, de 7.960 para 8.235 mil tep. O consumo de gás canalizado se encerra em 2002 e o de querosene iluminante, cujo consumo já não era representativo em 1990, apresenta forte redução de 86,9%, de 128 para 17 mil tep.

3.1.4 Consumo final de energia no Subsetor Comercial

O consumo total de energia do subsetor comercial reduziu em 4,2% entre 1990 e 2005. Os consumos de querosene iluminante e coque de petróleo são desprezíveis no período analisado e, assim como no subsetor residencial, o consumo de gás canalizado também se anula em 2002. Óleo combustível e lenha para queima direta também têm seu consumo reduzido em 59,9% e 36,4%, respectivamente. No sentido inverso, observa-se um aumento do consumo de gás natural, de 1 para 233 mil tep e de carvão vegetal, de 53 para 67 mil tep. O consumo de energia do subsetor comercial é apresentado na Figura 4 para o período de 1990 a 2005.

Figura 4 - Consumo final de energia do subsetor comercial, por fonte

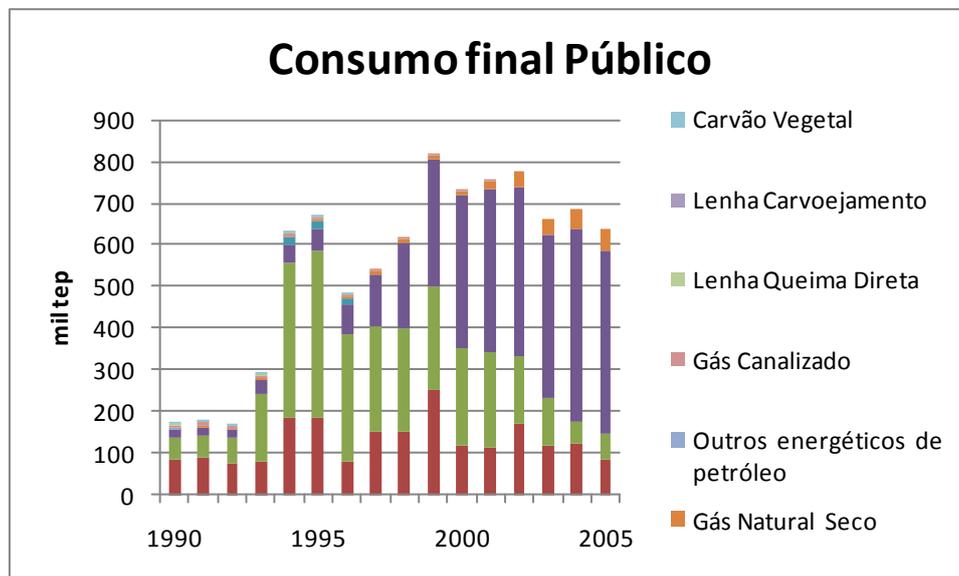


3.1.5 Consumo final de energia no Subsetor Público

O consumo energético do subsetor público apresenta grande flutuação no período de 1990 a 2005. Entre 1991 e 1993 observa-se um aumento de 268,0% do consumo total, impulsionado pelo óleo diesel, óleo combustível e GLP. Entre 1995 e 1996, tem-se uma queda do consumo total de aproximadamente 30%. A partir de então o consumo volta a aumentar e as oscilações se tornam mais amenas, como mostra a

Figura 5.

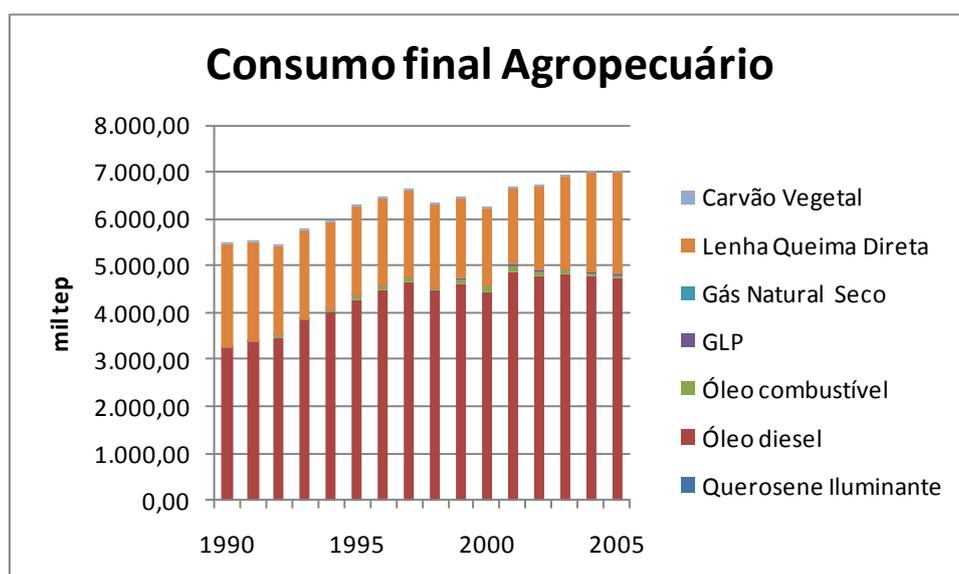
Figura 5 - Consumo final de energia do subsetor público, por fonte



3.1.6 Consumo final de energia no Subsetor Agropecuário

No subsetor agropecuário identifica-se o consumo de óleo diesel, lenha para queima direta, óleo combustível, GLP, gás natural, carvão vegetal e querosene iluminante, sendo os dois primeiros os mais relevantes no setor. O consumo total do setor aumentou cerca de 30% entre 1990 e 2005. Em 2005, último ano inventariado, o consumo de óleo diesel representou 67,5% do consumo total, como pode ser visto na **Figura 6**.

Figura 6 - Consumo final de energia do Subsetor Agropecuário, por fonte

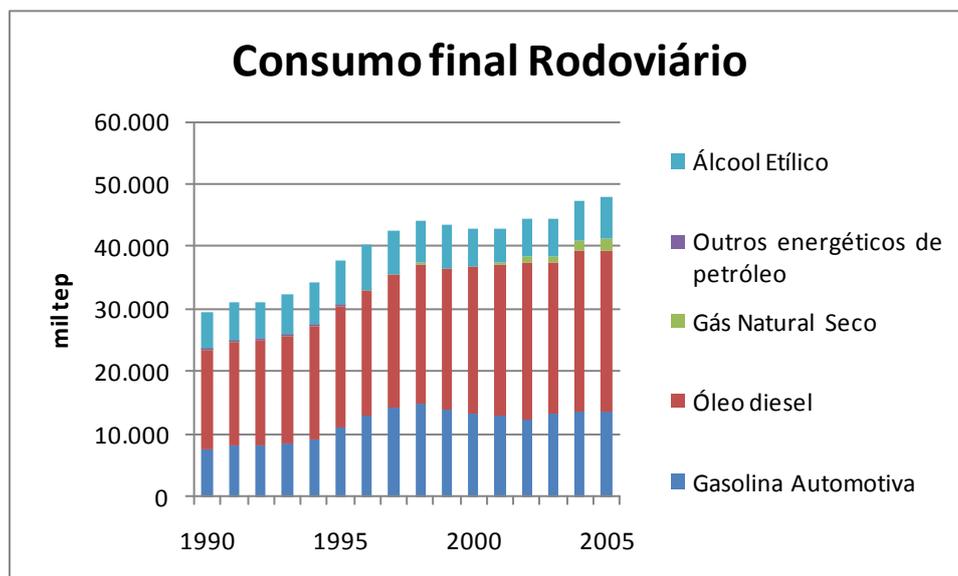


3.1.7 Consumo final de energia no Subsetor de Transportes

O subsetor de transportes abarca os subsetores rodoviário, ferroviário, aéreo e hidroviário. Entre 1990 e 2005 observa-se um aumento de 59,3% do consumo energético total do setor, impulsionado pelo subsetor rodoviário cujo consumo cresceu 62,6% no período assinalado.

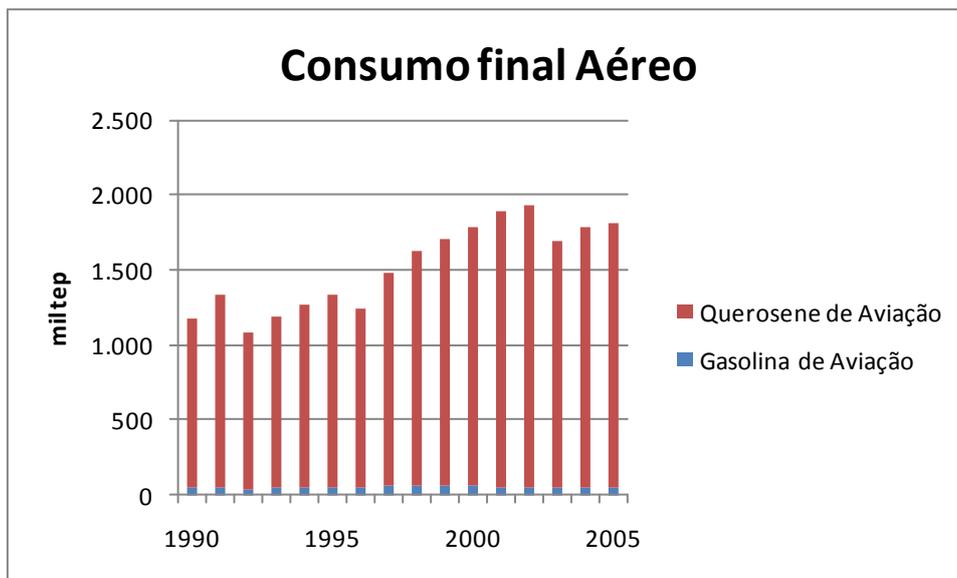
No subsetor rodoviário a predominância do consumo de óleo diesel se mantém quase constante no período analisado. Em 1990, o consumo de óleo diesel correspondia a 52,0% do consumo total energético rodoviário, caindo apenas para 51,7% em 2005. A gasolina automotiva ocupa o segundo lugar de destaque, tendo apresentado um crescimento de 82,8% no período, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 - Consumo final de energia do Subsetor Rodoviário, por fonte



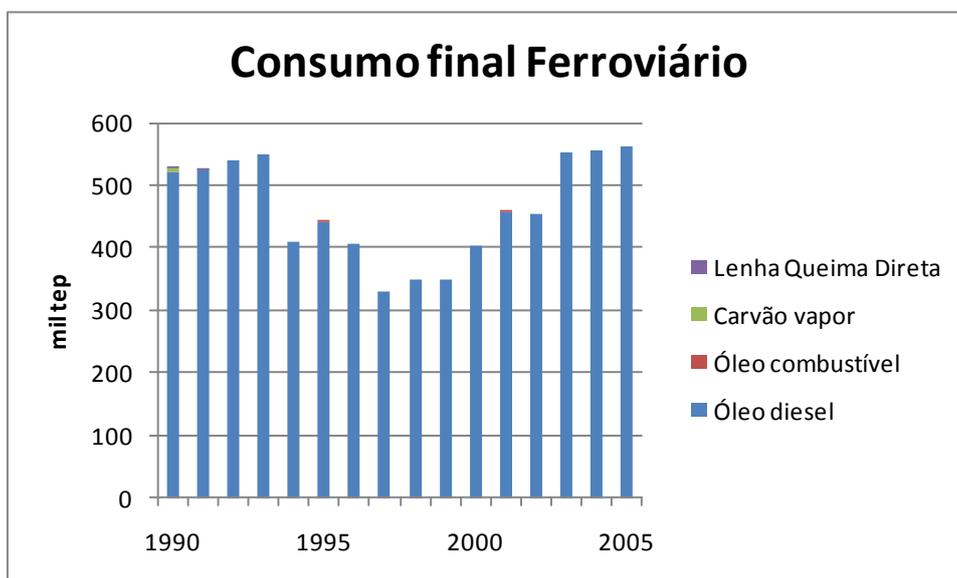
No caso do transporte aéreo, os únicos combustíveis utilizados são gasolina e querosene de aviação. O consumo total energético aumentou 53,4% no período de 1990 a 2005, sendo acompanhado por um crescimento de mesma magnitude do consumo de querosene de aviação. A gasolina de aviação por outro lado apresentou redução do seu consumo no mesmo período (vide Figura 8).

Figura 8 - Consumo final de energia do Subsetor Aéreo, por fonte

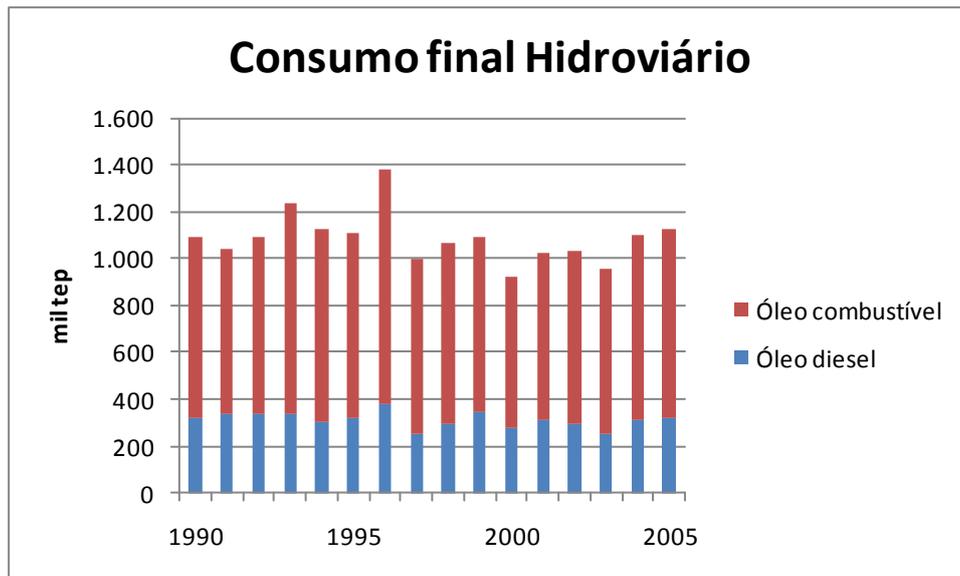


No subsetor ferroviário, observa-se um consumo muito pequeno de óleo combustível, carvão vapor e lenha para queima direta em alguns anos. O combustível que se sobressai é o óleo diesel, que detém 100% de participação no consumo total energético em 2005, tendo apresentado um aumento de 7,9% no período do Inventário (vide **Figura 9**).

Figura 9 - Consumo final de energia do Subsetor Ferroviário, por fonte

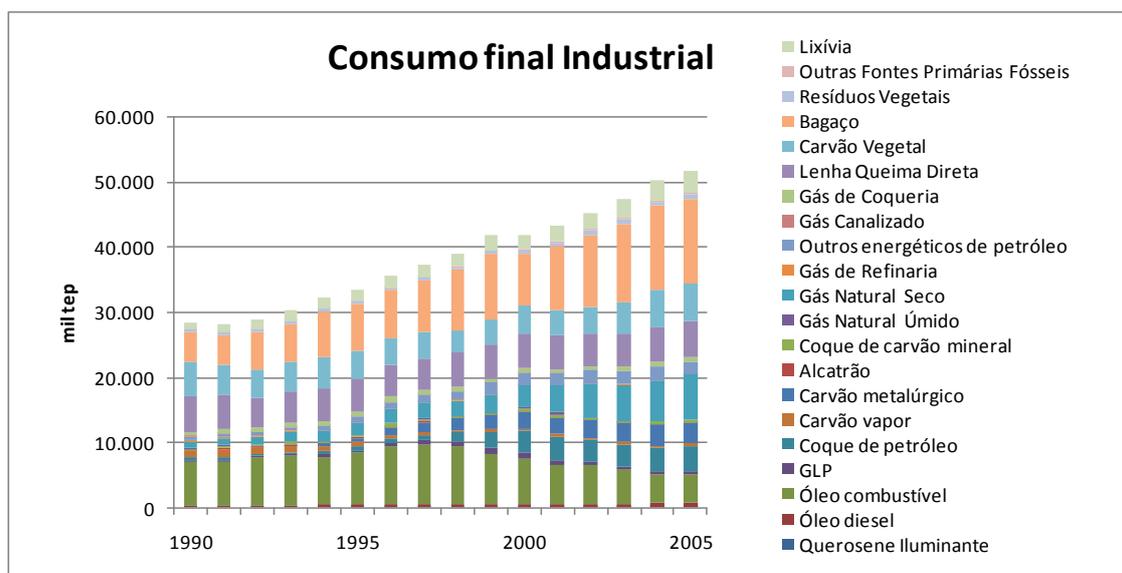


O consumo final energético do subsetor hidroviário, composto pelo consumo de óleo diesel e óleo combustível, aumentou apenas 3,2% entre 1990 e 2005. O consumo de óleo combustível, que representava 71,7% do consumo total em 2005, cresceu 5,2% no período avaliado (vide **Figura 10**).

Figura 10 - Consumo final de energia do Subsetor Hidroviário, por fonte

3.1.8 Consumo final de energia no Subsetor Industrial

O subsector industrial é composto pelos subsectores de cimento, ferro-gusa e aço, ferro-ligas, mineração e pelletização, metais não-ferrosos, química, alimentos e bebidas, têxtil, papel e celulose, cerâmica e outros segmentos da indústria. De um modo geral, observa-se um aumento do consumo de combustíveis no setor, com algumas exceções (querosene iluminante, óleo combustível, carvão vapor, alcatrão e gás de refinaria). O consumo de gás natural úmido e gás canalizado se extingue no período. Os demais combustíveis contribuem para o crescimento de 81,3% no consumo energético total do subsector, como pode ser visto na **Figura 11**.

Figura 11 - Consumo final de energia do Subsetor Industrial, por fonte

Embora não se note uma mudança importante no perfil de consumo dos combustíveis no subsetor industrial, algumas alterações se verificam nos segmentos que o compõem. É o caso do cimento, em que se verifica um aumento do consumo energético total de 23,4% no período de 1990 a 2005 marcado pela forte redução do consumo de óleo combustível (cuja participação no total cai de 48,7% em 1990 para 0,9% em 2005), em grande parte compensado pelo aumento do consumo de coque de petróleo (participação de 0,2% no consumo total de 1990 e 75,7% em 2005).

No subsetor de ferro-gusa e aço não se observa uma grande modificação no perfil de consumo de combustíveis entre 1990 e 2005, mas há um crescimento importante do consumo de carvão metalúrgico, que ultrapassa 25% de participação no consumo total em 2005, perdendo apenas para o carvão vegetal. O aumento do consumo energético total do subsetor registra 62,1% no período analisado.

No caso do segmento de ferro-ligas observa-se um aumento do consumo energético total de 411 mil tep em 1990 para 948 em 2005. O consumo de carvão vegetal é predominante no período inventariado, mas tem sua participação no total reduzida de 88,0% em 1990 para 60,1% em 2005, devido à entrada de outros combustíveis na matriz de consumo do segmento, dentre os quais se destacam a lenha para queima direta, coque de petróleo e óleo combustível. O coque de carvão mineral, cujo consumo se verifica em todo o período analisado, alcança em 2005 uma participação de quase 10% no consumo energético total do subsetor.

O segmento de mineração e pelletização apresenta um aumento do consumo energético total de 778 mil tep em 1990 para 2.076 em 2005. No ano de 2005, destaca-se o consumo de carvão metalúrgico com participação de 29,4% no consumo energético total. De acordo com o BEN (2008), só há registro de consumo de carvão metalúrgico pelo subsetor de mineração e pelletização a partir de 1995. Também se destaca o consumo de óleo combustível e, em menor escala, o de coque de petróleo, gás natural e óleo diesel.

No caso do segmento de metais não-ferrosos destaca-se o consumo de óleo combustível, que detém 47,2% de participação no consumo energético total do subsetor em 2005 e apresenta um crescimento de 193% de consumo entre 1990 e 2005. O aumento do consumo energético total que se observa nesse período é de 112%. O consumo de combustíveis de biomassa (lenha e carvão vegetal) que juntos representavam mais de 25% do consumo total em 1990, tem sua participação reduzida para 0,3% em 2005.

Na indústria química predomina o consumo de gás natural, outros energéticos de petróleo e óleo combustível, que juntos representam 89,3% do consumo energético total de 2005. O aumento de consumo energético do subsetor entre 1990 e 2005 é de 73,3%.

No segmento de alimentos e bebidas se sobressai o consumo de bagaço que detém 80,8% do consumo energético total em 2005, tendo crescido 192% no período do Inventário. Em seguida tem-se a lenha para queima direta, com 11,2% de participação no consumo energético total. O óleo combustível cujo consumo decresceu em quase 30% no período inventariado ainda tem uma pequena participação no consumo total do subsetor em 2005.

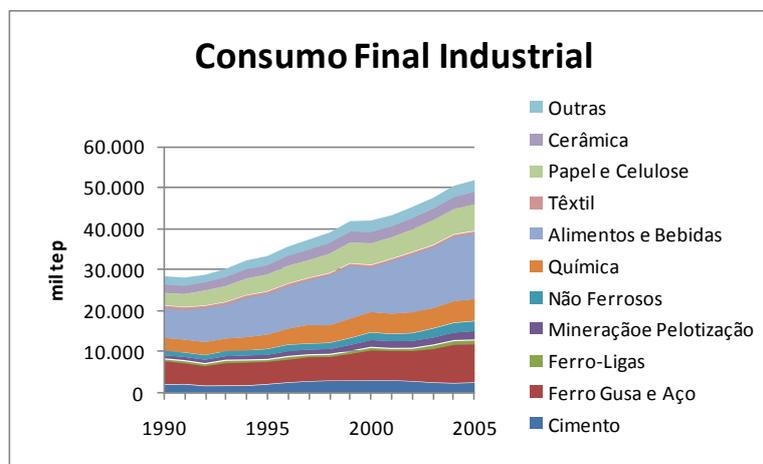
O consumo energético total do segmento da indústria têxtil decresceu cerca de 20% entre 1990 e 2005, de 673 para 543 mil tep. O óleo combustível que detinha 66,1% de participação no consumo energético total em 1990 tem sua participação reduzida para 20,6% em 2005. Em contrapartida, observa-se um aumento do consumo de gás natural, que se torna predominante em 2005.

No segmento de papel e celulose, o consumo energético total cresce 117% entre 1990 e 2005. Os combustíveis cujos consumos se sobressaem nesse subsetor são a lenha para queima direta (com 52,1% de participação em 2005) e a lenha para queima direta (18,3% em 2005).

A indústria de cerâmica apresentou um aumento do consumo total energético de 44,6% no período de 1990 a 2005. Mais de 80% do consumo energético de 2005 se deve ao consumo de lenha para queima direta e gás natural. A primeira teve um aumento de 10% no período observado, enquanto o segundo aumentou de 56 para 831 mil tep entre 1990 e 2005.

Finalmente, tem-se os outros segmentos industriais, cujo consumo energético total cresce 37,4% no período inventariado. Os combustíveis cujo consumo se destaca no subsetor são o gás natural (com 35,0% de participação no consumo total em 2005), lenha para queima direta (25,0% de participação em 2005), coque de petróleo (13,5% de participação em 2005) e óleo combustível (12,7% de participação). A **Figura 12** apresenta o consumo final energético do subsetor industrial, por segmento, para o período de 1990 a 2005.

Figura 12 - Consumo de energia do Subsetor Industrial, por segmento

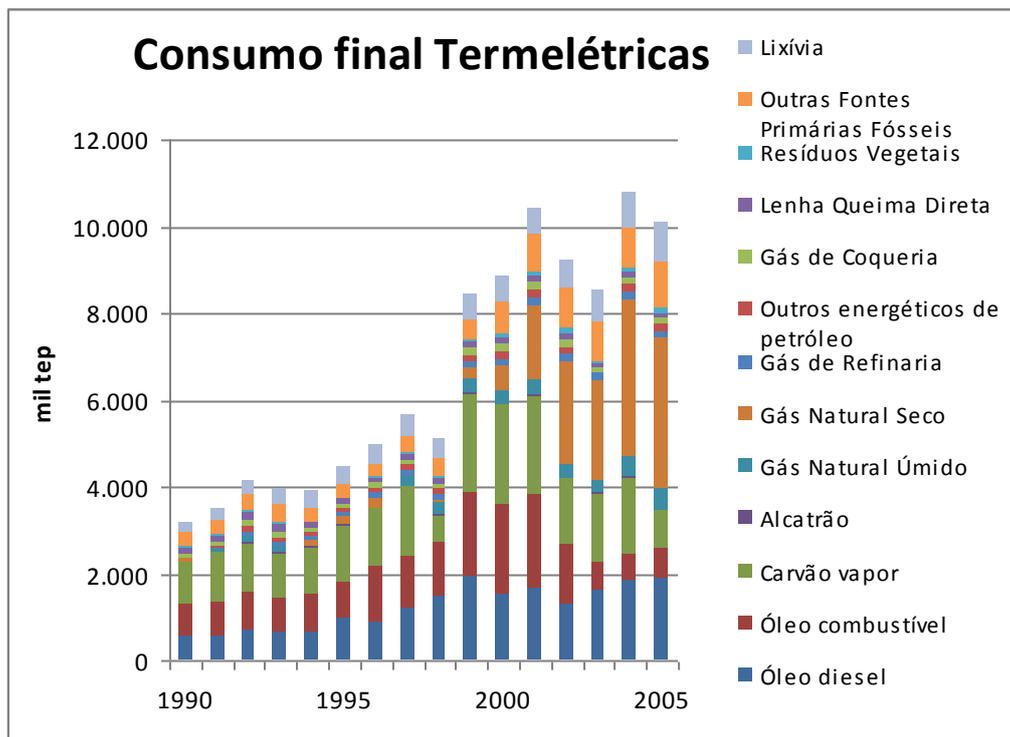


3.1.9 Centros de Transformação

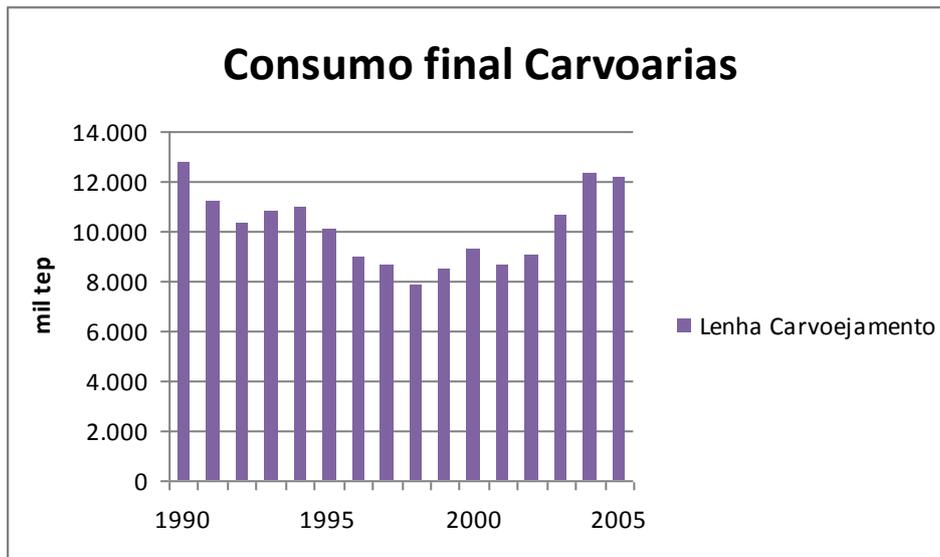
Os Centros de Transformação incluem as refinarias de petróleo, plantas de gás natural, usinas de gaseificação, coquearias, ciclo do combustível nuclear, centrais termelétricas de serviço público, centrais elétricas autoprodutoras, carvoarias e destilarias. À exceção das centrais termelétricas de serviço público, centrais elétricas autoprodutoras, e das carvoarias, nos demais centros de transformação as emissões de GEE são tidas como emissões fugitivas do processo de conversão de energia. Nas centrais termelétricas de serviço público, centrais elétricas autoprodutoras e carvoarias, contudo, verifica-se o consumo real de combustível, gerando emissões de GEE no processo de transformação da energia.

No que se refere às Centrais Termelétricas, verifica-se um aumento do consumo de combustíveis da ordem de 220% entre 1990 e 2005, sendo o gás natural o combustível mais consumido pelo setor em 2005 (com 34,8% de participação no total), seguido pelo óleo diesel (18,8% de participação). A Figura 13 apresenta a evolução do consumo final energético do setor no período do Inventário.

Figura 13 - Consumo de energia das Centrais Termelétricas, por fonte



Nas carvoarias, computa-se apenas o consumo de lenha para carvoejamento. Parte do material pirolenhoso da lenha que alimenta os fornos de carvoejamento é transformada em Carvão Vegetal e outra parte é consumida, gerando energia e resíduos, e outros gases de efeito estufa. No período de 1990 a 2005, observa-se uma redução do consumo em torno de 5%, de 12.780 para 12.173 mil tep em 2005, como pode ser visto na **Figura 14**.

Figura 14 - Consumo final de energia das Carvoarias, por fonte

4. Emissões de CO₂

As emissões de CO₂ do Brasil derivadas da queima de combustíveis fósseis foram calculadas de acordo com o *Guidelines 1996*, adaptado ao sistema energético brasileiro, e estão detalhadamente descritas no Anexo Metodológico.

As emissões de CO₂ provenientes da combustão da biomassa no sistema energético devem ser incluídas apenas a título de informação no Inventário de Gases de Efeito Estufa, sem serem adicionadas às emissões de combustíveis fósseis. As emissões devido ao consumo da biomassa são tratadas em outro módulo metodológico específico - Uso do Solo e Mudança no Uso da Terra e Florestas (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*) (IPCC, 1997), onde é determinado o balanço entre o carbono emitido pela biomassa extraída e o carbono absorvido durante o crescimento de novas plantas.

A **Tabela 2** apresenta as emissões de CO₂ derivadas da queima de combustíveis fósseis no sistema energético brasileiro, calculadas para o período de 1990 a 2005, por combustível. Observa-se um aumento de 74,0% das emissões de CO₂ no período coberto pelo Inventário, de 172.371 para 299.941 GgCO₂. Em 2005, a fonte energética que mais contribuiu para as emissões de CO₂ do setor energético foi o óleo diesel, responsável por 35,1% das emissões e 19,2% do consumo energético total desse ano. O gás natural seco e a gasolina automotiva também são relevantes para as emissões e apresentam participações semelhantes em 2005 (13,1% para o gás natural e 13,0% para a gasolina automotiva).

Tabela 2 - Emissões de CO₂ de combustíveis fósseis, por combustível

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|---------------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Combustível | Gg CO ₂ | | | | | | | |
| Gasolina Automotiva | 21.361 | 23.148 | 23.046 | 24.233 | 26.526 | 31.762 | 37.187 | 40.662 |
| Gasolina de Aviação | 145 | 133 | 115 | 129 | 154 | 144 | 153 | 173 |
| Querosene de Aviação | 3.358 | 3.813 | 3.099 | 3.381 | 3.609 | 3.797 | 3.526 | 4.206 |
| Querosene Iluminante | 568 | 550 | 479 | 414 | 365 | 305 | 238 | 188 |
| Óleo diesel | 66.053 | 68.387 | 70.212 | 72.161 | 75.123 | 80.279 | 83.195 | 88.322 |
| Óleo combustível | 32.921 | 31.135 | 33.368 | 35.449 | 36.425 | 38.429 | 42.684 | 43.261 |
| GLP | 14.443 | 14.770 | 15.535 | 15.696 | 16.007 | 16.950 | 17.885 | 18.602 |
| Nafta | 3.768 | 3.667 | 4.000 | 4.131 | 4.665 | 4.539 | 4.398 | 5.461 |
| Lubrificantes | 1.059 | 1.019 | 847 | 932 | 972 | 1.024 | 1.082 | 1.137 |
| Coque de petróleo | 1.634 | 1.750 | 1.616 | 1.729 | 2.266 | 2.704 | 2.930 | 2.967 |
| Carvão vapor | 7.549 | 9.395 | 7.958 | 7.034 | 7.526 | 7.548 | 7.335 | 7.904 |
| Carvão metalúrgico | 0 | 0 | 0 | 659 | 1.003 | 2.381 | 4.569 | 6.398 |
| Alcatrão | 667 | 850 | 1.006 | 1.033 | 929 | 890 | 549 | 596 |
| Coque de carvão mineral | 869 | 912 | 958 | 2.939 | 1.182 | 1.305 | 2.961 | 1.718 |
| Gás Natural Úmido | 1.825 | 1.480 | 1.318 | 2.417 | 139 | 582 | 1.204 | 3.669 |
| Gás Natural Seco | 5.176 | 5.580 | 6.123 | 5.760 | 8.479 | 8.603 | 9.499 | 7.870 |
| Gás de Refinaria | 4.350 | 4.875 | 5.203 | 5.491 | 5.879 | 5.475 | 6.617 | 7.322 |
| Outros energéticos de petróleo | 2.918 | 2.759 | 3.074 | 2.936 | 3.629 | 4.413 | 3.797 | 4.357 |
| Gás Canalizado | 749 | 730 | 619 | 575 | 363 | 306 | 293 | 280 |
| Gás de Coqueria | 1.916 | 2.020 | 2.070 | 2.122 | 2.014 | 2.070 | 2.194 | 2.070 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis | 1.043 | 1.126 | 1.206 | 1.332 | 967 | 931 | 899 | 1.217 |
| Total | 172.371 | 178.101 | 181.854 | 189.654 | 198.222 | 214.438 | 233.194 | 248.379 |

Tabela 2 - Emissões de CO₂ de combustíveis fósseis, por combustível (cont.)

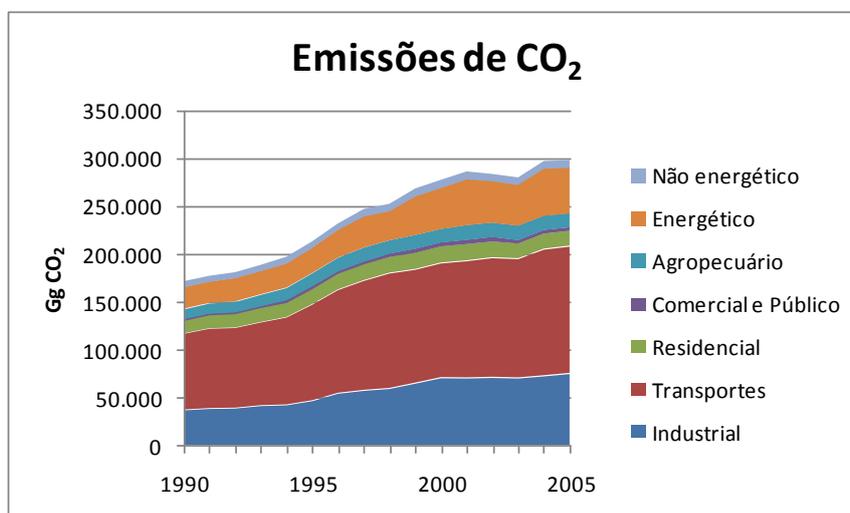
| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Combustível | Gg CO ₂ | | | | | | | |
| Gasolina Automotiva | 42.433 | 39.553 | 38.092 | 37.326 | 35.693 | 37.671 | 38.952 | 39.052 |
| Gasolina de Aviação | 185 | 172 | 173 | 162 | 144 | 134 | 140 | 127 |
| Querosene de Aviação | 4.624 | 4.864 | 5.104 | 5.429 | 5.593 | 4.891 | 5.157 | 5.248 |
| Querosene Iluminante | 167 | 169 | 166 | 210 | 208 | 82 | 72 | 74 |
| Óleo diesel | 92.179 | 95.213 | 95.199 | 99.097 | 100.741 | 99.730 | 105.899 | 105.231 |
| Óleo combustível | 42.396 | 39.982 | 37.113 | 34.004 | 30.833 | 25.273 | 22.817 | 23.315 |
| GLP | 19.174 | 20.027 | 20.504 | 20.237 | 19.350 | 18.288 | 18.775 | 18.616 |
| Nafta | 5.473 | 6.015 | 6.157 | 6.009 | 5.006 | 5.452 | 5.448 | 5.530 |
| Lubrificantes | 1.114 | 1.159 | 1.249 | 1.122 | 1.404 | 1.242 | 1.274 | 1.300 |
| Coque de petróleo | 5.715 | 10.842 | 13.865 | 15.437 | 14.313 | 14.511 | 14.299 | 15.968 |
| Carvão vapor | 3.502 | 9.923 | 10.261 | 10.147 | 6.932 | 7.411 | 7.989 | 4.592 |
| Carvão metalúrgico | 6.979 | 8.624 | 9.635 | 9.351 | 10.575 | 11.444 | 12.716 | 12.302 |
| Alcatrão | 508 | 580 | 531 | 553 | 539 | 399 | 468 | 352 |
| Coque de carvão mineral | 1.333 | 1.173 | 1.959 | 2.525 | 1.929 | 968 | 1.958 | 1.567 |
| Gás Natural Úmido | 1.343 | 1.707 | 3.018 | 3.299 | 3.765 | 3.892 | 4.437 | 4.711 |
| Gás Natural Seco | 11.372 | 13.236 | 16.448 | 22.237 | 28.032 | 29.805 | 36.416 | 39.299 |
| Gás de Refinaria | 7.459 | 7.030 | 7.862 | 8.748 | 9.044 | 9.113 | 9.964 | 10.371 |
| Outros energéticos de petróleo | 4.304 | 5.684 | 6.674 | 6.614 | 6.647 | 5.973 | 6.656 | 6.534 |
| Gás Canalizado | 258 | 218 | 199 | 82 | 60 | 0 | 0 | 0 |
| Gás de Coqueria | 2.069 | 1.897 | 2.004 | 1.979 | 1.959 | 1.885 | 2.043 | 1.994 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis | 1.300 | 1.935 | 2.874 | 3.250 | 3.376 | 3.442 | 3.412 | 3.759 |
| Total | 253.888 | 270.006 | 279.088 | 287.908 | 285.234 | 281.605 | 298.890 | 299.941 |

Na Tabela 3 e na Figura 15 observa-se que o subsetor de transportes se destaca com 44,5% de participação nas emissões de CO₂ em 2005 (133.431 GgCO₂), imediatamente seguido pelo subsetor industrial, com 25,2% de participação (75.620 GgCO₂). No período de 1990 a 2005, as emissões do subsetor industrial cresceram 105,3%, acompanhando a taxa de crescimento do consumo energético de 81,3% no período. No que se refere ao subsetor de transportes, 92,0% das emissões se deve ao modo rodoviário, percentual que se manteve razoavelmente constante entre 1990 e 2005.

Tabela 3 - Emissões de CO₂ de combustíveis fósseis, por setor

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|---------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Setor | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Industrial | 36.835 | 38.363 | 38.786 | 41.409 | 42.217 | 46.638 | 54.557 | 57.657 |
| Transportes | 79.914 | 83.850 | 84.187 | 87.393 | 91.820 | 101.003 | 108.487 | 115.095 |
| Residencial | 13.818 | 14.196 | 14.692 | 15.235 | 15.220 | 15.928 | 16.588 | 16.611 |
| Comercial e Público | 2.585 | 2.455 | 2.481 | 2.440 | 3.551 | 3.667 | 3.134 | 3.373 |
| Agropecuário | 10.052 | 10.436 | 10.737 | 11.862 | 12.527 | 13.430 | 14.021 | 14.569 |
| Energético | 22.668 | 22.355 | 24.466 | 24.592 | 25.443 | 26.663 | 29.404 | 33.069 |
| Não energético | 6.499 | 6.446 | 6.505 | 6.723 | 7.444 | 7.109 | 7.003 | 8.006 |
| Total | 172.371 | 178.101 | 181.854 | 189.654 | 198.222 | 214.438 | 233.194 | 248.379 |

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Setor | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Industrial | 59.681 | 65.305 | 71.115 | 70.837 | 71.468 | 70.838 | 73.100 | 75.620 |
| Transportes | 120.944 | 119.200 | 120.130 | 122.781 | 125.385 | 124.938 | 132.716 | 133.431 |
| Residencial | 16.667 | 16.996 | 17.044 | 17.089 | 16.527 | 15.421 | 15.751 | 15.484 |
| Comercial e Público | 3.682 | 4.367 | 4.322 | 4.517 | 4.835 | 3.781 | 3.957 | 3.693 |
| Agropecuário | 13.905 | 14.491 | 14.051 | 15.423 | 15.056 | 15.132 | 14.918 | 14.809 |
| Energético | 30.925 | 41.088 | 43.595 | 48.761 | 44.164 | 43.406 | 50.257 | 48.601 |
| Não energético | 8.084 | 8.558 | 8.832 | 8.500 | 7.799 | 8.090 | 8.191 | 8.303 |
| Total | 253.888 | 270.006 | 279.088 | 287.908 | 285.234 | 281.605 | 298.890 | 299.941 |

Figura 15 - Emissões de CO₂ de combustíveis fósseis, por setor

De acordo com o *Guidelines 1996* é recomendável que a estimativa das emissões de CO₂ seja efetuada no mesmo nível de desagregação requerida para a estimativa das emissões dos gases não-CO₂, embora as emissões de CO₂ sejam dependentes apenas do conteúdo de carbono dos combustíveis, podendo ser calculadas, com razoável precisão, em um nível alto de agregação, como proposto pela metodologia *Top-down*. Para os gases não-CO₂, no entanto, é preciso trabalhar com informações complementares sobre uso final, tecnologia dos equipamentos, condições de utilização, etc., e deve ser feita, portanto, em um nível mais desagregado. As próximas seções apresentarão as emissões de CO₂ derivadas da queima de combustíveis calculadas para os vários setores da economia.

4.1 Emissões de CO₂ do Consumo Não Energético

O cálculo das emissões dos combustíveis em usos não energéticos é necessário porque, mesmo em processos em que o objetivo final não seja gerar energia, pode haver emissão de CO₂. No BEN, os dados de consumo não energético são apresentados separadamente do consumo final energético. De acordo com a metodologia do IPCC (1997), as emissões dos combustíveis de uso não energético são calculadas em uma planilha à parte que calcula o carbono estocado. A parte que não é estocada é, portanto, emitida e chamada aqui de “consumo não energético”.

Alguns combustíveis apresentam dados de consumo, mas não apresentam emissões, posto que se considera a fração de carbono estocado igual a 1, isto é, supõe-se que todo o carbono é estocado e que as emissões são nulas (ver Anexo Metodológico). A

Tabela 4 apresenta as emissões de CO₂ devidas ao consumo não energético para o período de 1990 a 2005.

Tabela 4 - Emissões de CO₂ do Consumo Não Energético, por combustível

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|-------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Combustível | Gg CO ₂ | | | | | | | |
| Nafta | 3.768 | 3.667 | 4.000 | 4.131 | 4.665 | 4.539 | 4.398 | 5.461 |
| Lubrificantes | 1.059 | 1.019 | 847 | 932 | 972 | 1.024 | 1.082 | 1.137 |
| Alcatrão | 107 | 116 | 48 | 54 | 75 | 65 | 163 | 217 |
| Gás Natural Úmido | 96 | 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 774 |
| Gás Natural Seco | 1.468 | 1.545 | 1.610 | 1.606 | 1.733 | 1.480 | 1.360 | 418 |
| Total | 6.499 | 6.446 | 6.505 | 6.723 | 7.444 | 7.109 | 7.003 | 8.006 |

Tabela 4 - Emissões de CO₂ do Consumo Não Energético, por combustível (cont.)

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|-------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Combustível | Gg CO ₂ | | | | | | | |
| Nafta | 5.473 | 6.015 | 6.157 | 6.009 | 5.006 | 5.452 | 5.448 | 5.530 |
| Lubrificantes | 1.114 | 1.159 | 1.249 | 1.122 | 1.404 | 1.242 | 1.274 | 1.300 |
| Alcatrão | 186 | 134 | 139 | 134 | 119 | 171 | 171 | 157 |
| Gás Natural Úmido | 650 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás Natural Seco | 661 | 1.250 | 1.287 | 1.236 | 1.271 | 1.225 | 1.298 | 1.315 |
| Total | 8.084 | 8.558 | 8.832 | 8.500 | 7.799 | 8.090 | 8.191 | 8.303 |

Observa-se uma participação maior da nafta nas emissões de CO₂ do consumo não energético em 2005 (66,6% de participação). Entre 1990 e 2005, o aumento do consumo de nafta registra cerca de 50%.

4.2 Emissões de CO₂ do Subsetor Energético Amplo

O subsetor energético amplo inclui todas as atividades de extração, refino e produção de combustíveis fósseis, além da produção de energia elétrica a partir das termelétricas convencionais. O subsetor energético amplo agrega, além da categoria do consumo final do setor energético do BEN, as categorias do consumo intermediário (ou dos setores de transformação) que são as Centrais Elétricas de Serviço Público, as Centrais Elétricas Autoprodutoras e as Carvoarias². Segundo o IPCC (1997), deve-se relatar o consumo das Centrais Elétricas Autoprodutoras no setor de Processos Industriais, juntamente com o consumo da indústria onde essa energia é gerada como atividade secundária. Devido à impossibilidade de se identificar o consumo das Centrais Elétricas Autoprodutoras por categoria de indústria, optou-se pela exclusão do consumo energético das Centrais Elétricas Autoprodutoras do setor de Processos Industriais e sua inclusão no subsetor energético amplo. Ressalta-se que o consumo a que se refere não inclui o combustível utilizado como matéria-prima, como, por exemplo, o petróleo para o refino; trata-se exclusivamente do consumo de combustível destinado ao funcionamento dessa indústria.

A Tabela 5 mostra as emissões de CO₂ do subsetor energético amplo, por combustível, para o período do Inventário. As emissões de CO₂ do subsetor crescem 114,4% entre 1990 e 2005, impulsionadas pelo gás natural, responsável por 28,4% das emissões em 2005.

² As emissões de CO₂ das Carvoarias não são contabilizadas por terem a sua origem na biomassa.

Tabela 5 - Emissões de CO₂ do Setor Energético Amplo, por combustível

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|---------------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 10 | 12 | 42 | 37 | 15 | 2 | 7 | 2 |
| Óleo diesel | 3.070 | 3.135 | 3.724 | 2.935 | 2.793 | 3.349 | 3.258 | 4.247 |
| Óleo combustível | 7.569 | 5.994 | 6.281 | 6.958 | 7.968 | 8.108 | 8.865 | 9.498 |
| GLP | 53 | 63 | 48 | 64 | 40 | 26 | 26 | 44 |
| Coque de petróleo | 77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Carvão Vapor | 3.710 | 4.378 | 4.361 | 3.968 | 4.204 | 5.002 | 5.118 | 6.164 |
| Alcatrão | 107 | 121 | 117 | 117 | 70 | 101 | 101 | 0 |
| Gás Natural Úmido | 1.206 | 849 | 1.318 | 2.417 | 139 | 582 | 1.204 | 2.814 |
| Gás Natural Seco | 982 | 1.121 | 989 | 210 | 2.644 | 2.198 | 2.186 | 640 |
| Gás de Refinaria | 4.058 | 4.692 | 5.007 | 5.274 | 5.578 | 5.306 | 6.513 | 7.213 |
| Outros energéticos de petróleo | 73 | 73 | 465 | 318 | 255 | 325 | 434 | 515 |
| Gás Canalizado | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 29 |
| Gás de Coqueria | 772 | 872 | 981 | 1.020 | 831 | 785 | 835 | 778 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis | 980 | 1.044 | 1.133 | 1.272 | 905 | 876 | 854 | 1.125 |
| Total | 22.668 | 22.355 | 24.466 | 24.592 | 25.443 | 26.663 | 29.404 | 33.069 |

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---------------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Óleo diesel | 5.206 | 6.660 | 5.394 | 5.889 | 4.245 | 5.384 | 6.093 | 6.302 |
| Óleo combustível | 9.303 | 10.459 | 10.112 | 10.176 | 7.559 | 5.720 | 5.266 | 5.814 |
| GLP | 50 | 53 | 120 | 10 | 27 | 107 | 120 | 72 |
| Coque de petróleo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Carvão Vapor | 2.412 | 8.771 | 8.895 | 8.822 | 5.828 | 6.093 | 6.788 | 3.270 |
| Alcatrão | 94 | 141 | 90 | 124 | 114 | 80 | 103 | 50 |
| Gás Natural Úmido | 694 | 1.707 | 2.053 | 2.345 | 3.765 | 3.892 | 4.437 | 4.711 |
| Gás Natural Seco | 3.515 | 3.679 | 5.475 | 8.636 | 9.499 | 9.632 | 13.547 | 13.815 |
| Gás de Refinaria | 7.342 | 6.963 | 7.811 | 8.697 | 8.995 | 8.981 | 9.823 | 10.195 |
| Outros energéticos de petróleo | 331 | 435 | 529 | 529 | 508 | 0 | 531 | 457 |
| Gás Canalizado | 35 | 10 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás de Coqueria | 790 | 834 | 858 | 904 | 867 | 746 | 793 | 802 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis | 1.152 | 1.374 | 2.247 | 2.625 | 2.755 | 2.771 | 2.758 | 3.113 |
| Total | 30.925 | 41.088 | 43.595 | 48.761 | 44.164 | 43.406 | 50.257 | 48.601 |

4.3 Emissões de CO₂ do Subsetor Residencial

As emissões de CO₂ do subsetor residencial cresceram 12,1% entre 1990 e 2005, como pode ser visualizado na **Tabela 6**. Observa-se um decréscimo das emissões devidas ao consumo de querosene iluminante no setor, compensado pelo aumento das emissões de gás natural que sobem de 12 para 501 GgCO₂ no período inventariado. No entanto, a fonte energética que responde por 96,4% das emissões de CO₂ em 2005 é o GLP, cujas emissões crescem 14,5% entre 1990 e 2005 (taxa equivalente a do crescimento do consumo).

Tabela 6 - Emissões de CO₂ do Subsetor Residencial, por combustível

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 382 | 372 | 305 | 273 | 233 | 211 | 159 | 92 |
| GLP | 13.039 | 13.413 | 14.012 | 14.562 | 14.671 | 15.390 | 16.061 | 16.146 |
| Gás Natural Seco | 12 | 14 | 14 | 46 | 69 | 120 | 166 | 187 |
| Gás Canalizado | 386 | 397 | 361 | 354 | 246 | 207 | 202 | 186 |
| Total | 13.818 | 14.196 | 14.692 | 15.235 | 15.220 | 15.928 | 16.588 | 16.611 |

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 86 | 110 | 108 | 159 | 157 | 42 | 39 | 50 |
| GLP | 16.214 | 16.552 | 16.534 | 16.548 | 15.964 | 14.926 | 15.236 | 14.933 |
| Gás Natural Seco | 201 | 183 | 263 | 324 | 356 | 453 | 476 | 501 |
| Gás Canalizado | 166 | 152 | 139 | 58 | 51 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 16.667 | 16.996 | 17.044 | 17.089 | 16.527 | 15.421 | 15.751 | 15.484 |

4.4 Emissões de CO₂ do Subsetor Comercial

As emissões de CO₂ do subsetor comercial decrescem em cerca de 6% no período de 1990 a 2005, de 2.075 para 1.954 GgCO₂. Das fontes energéticas que suprem o setor, as únicas que apresentam aumento de consumo no período são o óleo diesel, que sobe de 39 para 53 mil tep, mas que em 2005 ainda representa apenas 6,3% do consumo energético total, o carvão vegetal, cuja participação no consumo energético total é apenas ligeiramente superior a do óleo diesel, e o gás natural seco, que em 2005 representa 27,4% do consumo energético total do setor e 31,4% das emissões de CO₂, como pode ser visto na **Tabela 7**.

Tabela 7 - Emissões de CO₂ do Subsetor Comercial, por combustível

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|----------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 2,5 | 2,5 | 0,0 |
| Óleo diesel | 121 | 128 | 134 | 147 | 214 | 219 | 217 | 214 |
| Óleo combustível | 923 | 873 | 864 | 904 | 904 | 879 | 898 | 920 |
| GLP | 883 | 765 | 838 | 342 | 338 | 335 | 343 | 364 |
| Coque de petróleo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás Natural Seco | 2 | 5 | 5 | 23 | 35 | 69 | 99 | 192 |
| Gás Canalizado | 146 | 159 | 137 | 141 | 83 | 72 | 67 | 50 |
| Total | 2.075 | 1.931 | 1.977 | 1.556 | 1.579 | 1.577 | 1.627 | 1.740 |

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|----------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Óleo diesel | 230 | 221 | 206 | 185 | 245 | 263 | 315 | 163 |
| Óleo combustível | 1.043 | 1.101 | 1.135 | 999 | 1.212 | 415 | 455 | 370 |
| GLP | 394 | 495 | 568 | 697 | 693 | 711 | 741 | 808 |
| Coque de petróleo | 0 | 0 | 88 | 88 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás Natural Seco | 136 | 109 | 180 | 370 | 478 | 541 | 566 | 613 |
| Gás Canalizado | 46 | 45 | 42 | 19 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 1.850 | 1.971 | 2.218 | 2.359 | 2.636 | 1.930 | 2.078 | 1.954 |

4.5 Emissões de CO₂ do Subsetor Público

No subsetor público as emissões crescem 242% no período de 1990 a 2005, o que pode ser explicado pelo aumento do consumo de gás natural (de 2 para 49 mil tep) e do GLP (de 17 para 441 mil tep), que juntos passam a responder por 73,7% das emissões de CO₂ do subsetor público em 2005. A **Tabela 8** apresenta a evolução das emissões de CO₂ devido à queima de combustíveis fósseis no subsetor público de 1990 a 2005.

Tabela 8 - Emissões de CO₂ do Subsetor Público, por combustível

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|--------------------------------|--------------------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Óleo diesel | 253 | 267 | 227 | 246 | 561 | 564 | 249 | 462 |
| Óleo combustível | 175 | 168 | 200 | 524 | 1.200 | 1.284 | 982 | 814 |
| GLP | 44 | 58 | 52 | 84 | 113 | 147 | 176 | 326 |
| Coque de petróleo | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 | 69 | 73 | 0 |
| Gás Natural Seco | 5 | 5 | 2 | 7 | 7 | 14 | 14 | 21 |
| Outros energéticos de petróleo | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás Canalizado | 21 | 23 | 21 | 20 | 14 | 12 | 14 | 11 |
| Total | 509 | 524 | 504 | 883 | 1.972 | 2.090 | 1.507 | 1.633 |

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|--------------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Óleo diesel | 471 | 771 | 363 | 349 | 526 | 362 | 383 | 262 |
| Óleo combustível | 786 | 793 | 750 | 738 | 511 | 372 | 169 | 195 |
| GLP | 540 | 800 | 964 | 1.021 | 1.063 | 1.022 | 1.203 | 1.153 |
| Coque de petróleo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás Natural Seco | 28 | 23 | 18 | 46 | 99 | 95 | 125 | 128 |
| Outros energéticos de petróleo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás Canalizado | 8 | 9 | 8 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 1.833 | 2.396 | 2.104 | 2.158 | 2.199 | 1.851 | 1.879 | 1.739 |

4.6 Emissões de CO₂ do Subsetor Agropecuário

As emissões de CO₂ do subsetor agropecuário aumentam 47,3% entre 1990 e 2005, de 10.052 para 14.809 GgCO₂. O óleo diesel é a principal fonte energética consumida pelo subsetor, com 67,5% de participação no consumo energético total em 2005, e responde por 98,1% das emissões de CO₂ devido à queima de combustíveis fósseis no subsetor agropecuário em 2005. O aumento das emissões totais do subsetor acompanha a trajetória de crescimento das emissões devido ao consumo de óleo diesel, que sobem 45,8% no período analisado (vide **Tabela 9**).

Tabela 9 - Emissões de CO₂ do Subsetor Agropecuário, por combustível

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Óleo diesel | 9.966 | 10.366 | 10.628 | 11.745 | 12.323 | 13.125 | 13.753 | 14.303 |
| Óleo combustível | 84 | 69 | 103 | 112 | 203 | 302 | 265 | 256 |
| GLP | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 10 |
| Gás Natural Seco | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 10.052 | 10.436 | 10.737 | 11.862 | 12.527 | 13.430 | 14.021 | 14.569 |

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|----------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Óleo diesel | 13.739 | 14.176 | 13.668 | 14.906 | 14.659 | 14.813 | 14.634 | 14.534 |
| Óleo combustível | 145 | 280 | 341 | 461 | 341 | 268 | 228 | 205 |
| GLP | 21 | 35 | 42 | 56 | 51 | 46 | 53 | 60 |
| Gás Natural Seco | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 10 |
| Total | 13.905 | 14.491 | 14.051 | 15.423 | 15.056 | 15.132 | 14.918 | 14.809 |

4.7 Emissões de CO₂ do Subsetor de Transportes

As emissões do subsetor de transportes cresceram 67,0% entre 1990 e 2005, de 79.914 para 133.431 GgCO₂. O óleo diesel detém 61,4% de participação nas emissões de CO₂ do setor em 2005, como pode ser visto na **Tabela 10**, seguido pela gasolina automotiva, com 29,3% de participação. Esse aumento de emissões se deve a um crescimento do consumo energético de 59,3% para o setor como um todo.

A alteração da participação da gasolina se deu inicialmente pela “dieselização” da frota, ainda nos anos setenta, posteriormente pela substituição da gasolina por álcool hidratado (anos oitenta) e, nos últimos anos, por gás natural veicular (GNV). As contribuições do querosene referem-se ao seu uso no transporte aéreo e o uso de óleo combustível ao transporte naval ou fluvial. A participação do GLP é insignificante.

Tabela 10 - Emissões de CO₂ do Subsetor de Transportes, por combustível

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|--------------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Gasolina Automotiva | 21.361 | 23.148 | 23.046 | 24.233 | 26.526 | 31.762 | 37.187 | 40.662 |
| Gasolina de Aviação | 145 | 133 | 115 | 129 | 154 | 144 | 153 | 173 |
| Querosene de Aviação | 3.358 | 3.813 | 3.099 | 3.381 | 3.609 | 3.797 | 3.526 | 4.206 |
| Óleo diesel | 51.662 | 53.567 | 54.514 | 55.904 | 57.785 | 61.517 | 64.321 | 67.545 |
| Óleo combustível | 2.456 | 2.260 | 2.432 | 2.896 | 2.622 | 2.525 | 3.217 | 2.400 |
| Carvão Vapor | 21 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás Natural Seco | 5 | 5 | 0 | 58 | 106 | 113 | 83 | 109 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 906 | 914 | 981 | 793 | 1.018 | 1.146 | 0 | 0 |
| Total | 79.914 | 83.850 | 84.187 | 87.393 | 91.820 | 101.003 | 108.487 | 115.095 |

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|--------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Combustível | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Gasolina Automotiva | 42.433 | 39.553 | 38.092 | 37.326 | 35.693 | 37.671 | 38.952 | 39.052 |
| Gasolina de Aviação | 185 | 172 | 173 | 162 | 144 | 134 | 140 | 127 |
| Querosene de Aviação | 4.264 | 4.864 | 5.104 | 5.429 | 5.593 | 4.891 | 5.157 | 5.248 |
| Óleo diesel | 70.919 | 71.823 | 73.958 | 76.260 | 79.310 | 76.930 | 82.308 | 81.925 |
| Óleo combustível | 2.478 | 2.420 | 2.079 | 2.282 | 2.380 | 2.242 | 2.506 | 2.584 |
| Carvão Vapor | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás Natural Seco | 305 | 367 | 723 | 1.322 | 2.265 | 3.070 | 3.653 | 4.496 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 120.944 | 119.200 | 120.130 | 122.781 | 125.385 | 124.938 | 132.716 | 133.431 |

O modal rodoviário responde por 92,0% das emissões de CO₂ do subsetor de transportes em 2005 e apresenta um crescimento de 72,1% das suas emissões no período de 1990 a 2005. O segundo modal mais importante é o aéreo, que contribuiu com apenas 4,0% das emissões totais de CO₂ do setor em 2005, mas que apresenta um crescimento de 53,4% das suas emissões no período avaliado (Tabela 11).

Tabela 11 - Emissões de CO₂ do Subsetor de Transportes, por modal

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|-----------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Subsetor | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Rodoviário | 71.339 | 74.987 | 75.854 | 78.271 | 83.236 | 92.210 | 99.177 | 106.538 |
| Ferrovário | 1.625 | 1.614 | 1.657 | 1.684 | 1.262 | 1.353 | 1.246 | 1.010 |
| Aéreo | 3.503 | 3.947 | 3.214 | 3.510 | 3.763 | 3.940 | 3.679 | 4.379 |
| Hidroviário | 3.448 | 3.302 | 3.462 | 3.928 | 3.560 | 3.500 | 4.385 | 3.167 |
| Total | 79.914 | 83.850 | 84.187 | 87.393 | 91.820 | 101.003 | 108.487 | 115.095 |

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|-----------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Subsetor | Gg CO₂ | | | | | | | |
| Rodoviário | 111.669 | 109.623 | 110.684 | 112.546 | 114.973 | 115.195 | 122.236 | 122.765 |
| Ferrovário | 1.075 | 1.073 | 1.238 | 1.404 | 1.393 | 1.695 | 1.710 | 1.730 |
| Aéreo | 4.809 | 5.037 | 5.278 | 5.591 | 5.737 | 5.026 | 5.297 | 5.374 |
| Hidroviário | 3.391 | 3.467 | 2.931 | 3.240 | 3.281 | 3.023 | 3.472 | 3.561 |
| Total | 120.944 | 119.200 | 120.130 | 122.781 | 125.385 | 124.938 | 132.716 | 133.431 |

4.8 Emissões de CO₂ do Subsetor Industrial

O subsetor industrial apresenta um aumento de 105,3% das emissões de CO₂ entre 1990 e 2005. As fontes energéticas mais importantes para o setor em 2005 são o coque de carvão mineral, cujas emissões crescem 80,3% no período, o gás natural, cuja participação no total de emissões cresce de 7,3% em 1990 para 24,4% em 2005, o coque de petróleo, que também tem sua participação aumentada de 4,2 para 21,1% e, finalmente, o óleo combustível e o carvão metalúrgico, com 18,7% e 16,3% da participação em 2005, respectivamente. As emissões de CO₂ do subsetor industrial são apresentadas na Tabela 12, por combustível, para o período coberto pelo Inventário.

Tabela 12 - Emissões de CO₂ do Subsetor Industrial, por combustível

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|---------------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Combustível | Gg CO ₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 174 | 164 | 126 | 99 | 112 | 89 | 69 | 94 |
| Óleo diesel | 980 | 922 | 986 | 1.184 | 1.446 | 1.505 | 1.398 | 1.550 |
| Óleo combustível | 21.714 | 21.771 | 23.489 | 24.056 | 23.529 | 25.330 | 28.457 | 29.373 |
| GLP | 422 | 469 | 582 | 643 | 843 | 1.049 | 1.276 | 1.713 |
| Coque de petróleo | 1.557 | 1.750 | 1.616 | 1.729 | 2.189 | 2.635 | 2.857 | 2.967 |
| Carvão vapor | 3.818 | 5.008 | 3.597 | 3.067 | 3.323 | 2.546 | 2.217 | 1.740 |
| Carvão metalúrgico | 0 | 0 | 0 | 659 | 1.003 | 2.381 | 4.569 | 6.398 |
| Alcatrão | 452 | 613 | 841 | 861 | 784 | 724 | 285 | 379 |
| Coque de carvão mineral | 869 | 912 | 958 | 2.039 | 1.182 | 1.305 | 2.961 | 1.718 |
| Gás Natural Úmido | 522 | 534 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 81 |
| Gás Natural Seco | 2.703 | 2.886 | 3.503 | 3.810 | 3.885 | 4.609 | 5.590 | 6.304 |
| Gás de Refinaria | 292 | 183 | 196 | 217 | 301 | 169 | 103 | 109 |
| Outros energéticos de petróleo | 1.928 | 1.772 | 1.629 | 1.826 | 2.355 | 2.942 | 3.363 | 3.842 |
| Gás Canalizado | 195 | 150 | 101 | 57 | 21 | 13 | 8 | 5 |
| Gás de Coqueria | 1.145 | 1.148 | 1.089 | 1.102 | 1.183 | 1.285 | 1.358 | 1.292 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis | 63 | 81 | 74 | 60 | 62 | 56 | 45 | 92 |
| Total | 36.835 | 38.363 | 41.409 | 42.217 | 46.638 | 54.557 | 57.567 | 59.681 |

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---------------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Combustível | Gg CO ₂ | | | | | | | |
| Querosene Iluminante | 79 | 56 | 56 | 49 | 49 | 40 | 33 | 24 |
| Óleo diesel | 1.614 | 1.563 | 1.609 | 1.508 | 1.755 | 1.979 | 2.166 | 2.045 |
| Óleo combustível | 28.640 | 24.929 | 22.696 | 19.347 | 18.830 | 16.256 | 14.193 | 14.147 |
| GLP | 1.956 | 2.092 | 2.277 | 1.905 | 1.553 | 1.476 | 1.423 | 1.590 |
| Coque de petróleo | 5.715 | 10.842 | 13.778 | 15.350 | 14.313 | 14.511 | 14.299 | 15.968 |
| Carvão vapor | 1.090 | 1.152 | 1.366 | 1.325 | 1.105 | 1.318 | 1.201 | 1.322 |
| Carvão metalúrgico | 6.979 | 8.624 | 9.635 | 9.351 | 10.575 | 11.444 | 12.716 | 12.302 |
| Alcatrão | 228 | 305 | 302 | 295 | 306 | 148 | 194 | 144 |
| Coque de carvão mineral | 1.333 | 1.173 | 1.959 | 2.525 | 1.020 | 968 | 1.958 | 1.567 |
| Gás Natural Úmido | 0 | 0 | 965 | 953 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás Natural Seco | 6.526 | 7.625 | 8.501 | 10.393 | 14.060 | 14.784 | 16.746 | 18.420 |
| Gás de Refinaria | 118 | 67 | 51 | 51 | 49 | 132 | 141 | 176 |
| Outros energéticos de petróleo | 3.972 | 5.250 | 6.146 | 6.085 | 6.139 | 5.973 | 6.125 | 6.076 |
| Gás Canalizado | 3 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gás de Coqueria | 1.279 | 1.063 | 1.146 | 1.074 | 1.093 | 1.140 | 1.251 | 1.192 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis | 149 | 561 | 627 | 625 | 621 | 671 | 654 | 646 |
| Total | 59.681 | 65.305 | 71.115 | 70.837 | 71.468 | 70.838 | 73.100 | 75.620 |

Dentre os subsetores do subsetor industrial ganha destaque o de Química, responsável por 20,4% das emissões de CO₂ em 2005. Entre 1990 e 2005 suas emissões cresceram 77,9%, impulsionadas por um aumento de 73,3% do consumo energético total do segmento.

Logo em seguida, tem-se o segmento de Ferro-gusa e Aço, com 20,3% das emissões totais do subsetor industrial em 2005. Cabe ressaltar que o tratamento dado ao segmento de Ferro-gusa e Aço neste relatório está consistente com o Balanço Energético Nacional. Contudo, as emissões de CO₂ referentes às etapas do processo de produção de ferro-gusa e aço bruto e sinter estão relatadas no Relatório de Referência de Processo Industriais - Indústria Metalúrgica - Emissões de CO₂ na Indústria do Aço, conforme recomendado nas diretrizes do IPCC (1997).

As emissões da indústria de Cimento cresceram 53,7% no período do inventário, de 5.621 para 8.641 GgCO₂, respondendo por 11,4% das emissões do setor em 2005. A indústria de Mineração e Pelotização teve suas emissões aumentadas de 2.425 para 7.255 GgCO₂, entre 1990 e 2005, elevando sua participação nas emissões do subsetor Industrial de 6,6% em 1990 para 9,6% em 2005. Como mostra a **Tabela 13**, não se verifica uma mudança importante no perfil das emissões do setor.

Tabela 13 - Emissões de CO₂ do Subsetor Industrial, por subsetor

| Subsetor | Gg CO ₂ | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|
| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | |
| Cimento | 5.621 | 6.369 | 5.013 | 5.014 | 4.944 | 5.977 | 7.105 | 8.507 | |
| Ferro Gusa e Aço | 3.685 | 3.849 | 3.815 | 5.244 | 5.116 | 5.648 | 7.879 | 8.601 | |
| Ferro-Ligas | 177 | 159 | 251 | 278 | 285 | 212 | 232 | 167 | |
| Mineração e Pelotização | 2.425 | 2.400 | 2.668 | 2.824 | 3.244 | 3.284 | 3.886 | 3.788 | |
| Não Ferrosos | 3.149 | 3.255 | 3.283 | 4.169 | 3.939 | 4.676 | 5.803 | 5.102 | |
| Química | 8.681 | 8.863 | 9.173 | 8.677 | 9.230 | 10.173 | 11.626 | 13.590 | |
| Alimentos e Bebidas | 3.268 | 3.278 | 3.591 | 3.669 | 3.684 | 4.117 | 4.612 | 4.148 | |
| Têxtil | 1.619 | 1.550 | 1.530 | 1.622 | 1.364 | 1.357 | 1.507 | 1.267 | |
| Papel e Celulose | 2.467 | 2.732 | 3.137 | 2.927 | 2.979 | 3.421 | 4.054 | 3.753 | |
| Cerâmica | 1.706 | 1.797 | 2.256 | 2.505 | 2.550 | 2.717 | 2.799 | 3.091 | |
| Outras | 4.037 | 4.111 | 4.069 | 4.481 | 4.884 | 5.055 | 5.052 | 5.642 | |
| Total | 36.835 | 38.363 | 38.786 | 41.409 | 42.217 | 46.638 | 54.557 | 57.657 | |

Tabela 13 - Emissões de CO₂ do Subsetor Industrial, por subsetor (cont.)

| Subsetor | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|-------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Gg CO ₂ | | | | | | | |
| Cimento | 9.191 | 10.051 | 10.441 | 10.954 | 10.190 | 8.693 | 7.808 | 8.641 |
| Ferro Gusa e Aço | 9.139 | 10.684 | 12.515 | 13.036 | 13.099 | 14.117 | 15.565 | 15.322 |
| Ferro-Ligas | 590 | 509 | 574 | 639 | 602 | 1.018 | 1.059 | 1.146 |
| Mineração e Pelotização | 3.922 | 4.728 | 5.655 | 5.589 | 5.701 | 5.758 | 6.366 | 7.255 |
| Não Ferrosos | 5.277 | 5.881 | 6.488 | 6.005 | 6.385 | 7.673 | 8.057 | 8.224 |
| Química | 12.572 | 14.137 | 14.649 | 14.645 | 14.939 | 14.318 | 15.162 | 15.446 |
| Alimentos e Bebidas | 4.364 | 4.440 | 4.496 | 4.462 | 4.419 | 4.217 | 4.030 | 3.873 |
| Têxtil | 1.269 | 1.151 | 1.307 | 1.201 | 1.297 | 1.093 | 1.180 | 1.246 |
| Papel e Celulose | 3.972 | 4.279 | 4.349 | 4.153 | 4.357 | 4.072 | 3.840 | 3.951 |
| Cerâmica | 3.358 | 3.157 | 3.430 | 3.391 | 3.712 | 3.760 | 3.749 | 4.022 |
| Outras | 5.847 | 6.287 | 7.212 | 6.761 | 6.688 | 6.121 | 6.285 | 6.495 |
| Total | 59.681 | 63.305 | 71.115 | 70.837 | 71.390 | 70.838 | 73.100 | 75.620 |

5. Emissões de gases não-CO₂

Os gases de efeito estufa inventariados juntamente com o CO₂ são: o monóxido de carbono (CO), o metano (CH₄), os óxidos de nitrogênio (NO_x), o óxido nitroso (N₂O) e os compostos orgânicos voláteis não-metânicos (NMVOC). Esses gases serão tratados neste trabalho, de forma genérica, como gases “não-CO₂”.

Conforme descrito no Anexo Metodológico, a aplicação da metodologia *Bottom-up* para os gases não-CO₂ depende do conhecimento da destinação ou do uso final da energia para os setores e subsetores consumidores do sistema energético brasileiro, além dos fatores de emissão das tecnologias ou equipamentos utilizados no uso final da energia. Assim, são necessárias informações adicionais sobre essas tecnologias ou equipamentos, para cada setor ou subsetor de consumo, e os combustíveis nele empregados.

O comportamento das emissões de gases de efeito estufa foi analisado no seu conjunto e nos diversos usos, como: força motriz, aquecimento direto e calor de processo. No caso da iluminação alguma emissão se deve ao uso residual de energia (querosene). Os outros tipos de iluminação, refrigeração e eletroquímica são de uso quase exclusivo para eletricidade, sendo as emissões contabilizadas nos centros de geração.

5.1 Emissões de CH₄

A Tabela 14 mostra as emissões de metano (CH₄) por tipo de combustível para o período de interesse do Inventário. No que se refere à queima de combustíveis fósseis, observa-se a predominância das emissões de metano através do uso de derivados de petróleo e gás natural.

Tabela 14 - Emissões de CH₄ 1990/2005, por combustível

| Emissões por Combustível Fossil | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Gasolina | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Querosene de Aviação | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 |
| Querosene Iluminante | 0,1 | 0,1 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| Óleo Diesel | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| Óleo Combustível | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| GLP | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| Coque de Petróleo | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Carvão Vapor | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Carvão Metalúrgico | - | - | - | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| Alcatrão | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,004 | 0,003 |
| Coque de Carvão Mineral | 0,2 | 0,01 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Gás Natural | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Gás de Refinaria | 0,04 | 0,04 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Gás Canalizado | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Gás de Coqueria | 0,07 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Outras Primárias Fósseis | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Total Fossil | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 16 | 16 |
| Biomassa | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| | (Gg) | | | | | | | |
| Lenha | 256 | 234 | 219 | 216 | 216 | 200 | 184 | 180 |
| Carvão Vegetal | 51 | 45 | 42 | 44 | 45 | 41 | 38 | 37 |
| Bagaço | 14 | 15 | 16 | 16 | 19 | 18 | 19 | 21 |
| Resíduos Vegetais | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Lixívia | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 |
| Álcool Etílico | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total Biomassa | 324 | 297 | 279 | 278 | 281 | 261 | 244 | 240 |
| TOTAL | 336 | 309 | 292 | 292 | 296 | 276 | 260 | 257 |

Tabela 14 - Emissões de CH₄ 1990/2005, por combustível (cont.)

| Emissões por Combustível Fossil | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Gasolina | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Querosene de Aviação | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| Querosene Iluminante | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Óleo Diesel | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | 9 | 10 | 9 |
| Óleo Combustível | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| GLP | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Coque de Petróleo | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| Carvão Vapor | 0,03 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,05 |
| Carvão Metalúrgico | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Alcatrão | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,0003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,001 |
| Coque de Carvão Mineral | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Gás Natural | 0,3 | 1,4 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Gás de Refinaria | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Gás Canalizado | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,003 | 0,002 | - | - | - |
| Gás de Coqueria | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Outras Primárias Fósseis | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Total Fossil | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 15 | 16 | 15 |
| Biomassa | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| | (Gg) | | | | | | | |
| Lenha | 172 | 182 | 192 | 186 | 199 | 224 | 247 | 247 |
| Carvão Vegetal | 33 | 37 | 40 | 37 | 39 | 45 | 53 | 52 |
| Bagaço | 21 | 21 | 17 | 20 | 22 | 25 | 26 | 27 |
| Resíduos Vegetais | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Lixívia | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| Álcool Etílico | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total Biomassa | 228 | 242 | 251 | 245 | 262 | 296 | 328 | 329 |
| TOTAL | 245 | 258 | 267 | 261 | 278 | 311 | 344 | 344 |

Na Tabela 15 estão indicadas as emissões de metano por setor para o período do Inventário (1990 a 2005). Ao comparar os resultados das tabelas de emissões por combustível (Tabela 14) e por setor (Tabela 15), observa-se uma diminuição das emissões do setor residencial devido à

queda do uso da lenha, entre 1996 e 2000, com pequena retomada em anos recentes, devido à retirada do subsídio ao GLP. No setor de transformação as emissões estão principalmente ligadas ao uso do carvão vegetal (emissão nas carvoarias).

Tabela 15 - Emissões de CH₄, por setor

| Emissões por Setor | | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|------------------------|-------------------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | (Gg) | | | | | | | |
| Setor Energético Amplo | Centrais Elét. Serv. Público | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | Centrais Elét. Autoprodutoras | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| | Carvoarias | 161 | 141 | 129 | 136 | 138 | 127 | 112 | 108 |
| | Consumo Setor Energético | 9 | 10 | 9 | 9 | 10 | 9 | 10 | 11 |
| Indústria | Cimento | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| | Ferro-Gusa e Aço | 37 | 31 | 29 | 32 | 33 | 30 | 26 | 28 |
| | Ferro-Ligas | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 5 | 3 |
| | Mineração e Pelotização | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Não ferrosos | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0,4 | 0,3 |
| | Química | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Alimentos e Bebidas | 7 | 7 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 |
| | Têxtil | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | Papel e Celulose | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Cerâmica | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Outras | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Total | 58 | 52 | 50 | 53 | 55 | 53 | 51 | 50 |
| Transporte | Aéreo | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Rodoviário | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 |
| | Ferroviário | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Hidroviário | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 |
| | | Total | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 |
| Outros Setores | Comercial | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Público | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Residencial | 76 | 75 | 75 | 66 | 64 | 58 | 56 | 57 |
| | Agropecuário | 21 | 19 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Total | | 336 | 309 | 292 | 292 | 296 | 276 | 260 | 257 |

Tabela 15 - Emissões de CH₄, por setor (cont.)

| Emissões por Setor | | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| | | (Gg) | | | | | | | |
| Setor Energético Amplo | Centrais Elét. Serv. Público | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Centrais Elét. Autoprodutoras | 0,4 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 1 |
| | Carvoarias | 98 | 107 | 117 | 108 | 113 | 133 | 155 | 153 |
| | Consumo Setor Energético | 10 | 9 | 7 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 |
| Indústria | Cimento | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Ferro-Gusa e Aço | 25 | 29 | 31 | 29 | 30 | 34 | 41 | 41 |
| | Ferro-Ligas | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| | Mineração e Pelotização | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Não ferrosos | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | Química | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | Alimentos e Bebidas | 13 | 14 | 12 | 14 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| | Têxtil | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | Papel e Celulose | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Cerâmica | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Outras | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Total | 49 | 53 | 54 | 53 | 56 | 64 | 73 | 72 |
| Transporte | Aéreo | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| | Rodoviário | 12 | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | Ferrovário | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Hidroviário | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | Total | 13 | 12 | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 | 10 |
| Outros Setores | Comercial | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Público | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,04 |
| | Residencial | 58 | 60 | 62 | 64 | 72 | 75 | 76 | 77 |
| | Agropecuário | 15 | 14 | 14 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Total | 245 | 258 | 267 | 261 | 278 | 311 | 344 | 344 | |

A avaliação das emissões por tecnologia mostra que o uso de fornos é responsável por 86,7% das emissões de CH₄ em 2005, embora tenha havido um pequeno decréscimo (2,3%) entre 1990 e 2005. A Tabela 16 indica um aumento de cerca de 80% das emissões derivadas do uso de caldeiras, passando de 17 para 31 GgCH₄ no período avaliado.

Tabela 16 - Emissões de CH₄, por tecnologia

| Emissões por Tecnologia | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Força Motriz | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 15 |
| Caldeira | 17 | 18 | 19 | 19 | 22 | 21 | 22 | 24 |
| Aquecedor | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,1 |
| Forno | 305 | 277 | 259 | 259 | 259 | 239 | 221 | 216 |
| Secadores | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Iluminação | 0,1 | 0,1 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| TOTAL | 336 | 309 | 292 | 292 | 296 | 276 | 260 | 257 |

| Emissões por Tecnologia | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Força Motriz | 15 | 15 | 14 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Caldeira | 24 | 25 | 21 | 24 | 26 | 29 | 30 | 31 |
| Aquecedor | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Forno | 204 | 217 | 231 | 222 | 237 | 268 | 299 | 298 |
| Secadores | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Iluminação | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| TOTAL | 245 | 258 | 267 | 261 | 278 | 311 | 344 | 344 |

5.2 Emissões de CO

As emissões de monóxido de carbono ocorrem devido à combustão imperfeita nos equipamentos. Sua emissão revela ainda, em muitos casos, a ineficiência do uso dos combustíveis. É um composto químico nocivo à saúde, sendo um problema ambiental nos grandes conglomerados urbanos.

Na Tabela 17 estão indicadas, para o período do Inventário, as emissões de CO por combustível. Nota-se que os derivados de petróleo (gasolina e óleo diesel) e gás natural (em menor escala) são os principais combustíveis responsáveis pela emissão de CO derivada da queima de combustíveis

fósseis. A gasolina e o óleo diesel, somados, são responsáveis por 91,2% das emissões de CO de combustíveis fósseis em 2005. No que se refere aos combustíveis da biomassa, observa-se a predominância das emissões provenientes do consumo de lenha, responsável por 44,3% das emissões totais de CO em 2005.

Tabela 17 - Emissões de CO, por combustível

| Emissões por Combustível Fossil | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Gasolina | 6.460 | 6.457 | 6.684 | 6.633 | 6.798 | 7.094 | 7.252 | 6.955 |
| Querosene de Aviação | 5 | 8 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| Querosene Iluminante | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Óleo Diesel | 188 | 195 | 201 | 202 | 201 | 215 | 222 | 228 |
| Óleo Combustível | 48 | 44 | 47 | 55 | 51 | 51 | 62 | 52 |
| GLP | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| Coque de Petróleo | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Carvão Vapor | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Carvão Metalúrgico | - | - | - | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Alcatrão | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,2 | 0,3 |
| Coque de Carvão Mineral | 45 | 2 | 55 | 58 | 59 | 60 | 60 | 59 |
| Gás Natural | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Gás de Refinaria | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Gás Canalizado | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Gás de Coqueria | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| Outras Primárias Fósseis | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 |
| Total Fossil | 6.769 | 6.730 | 7.017 | 6.980 | 7.143 | 7.455 | 7.634 | 7.335 |
| Biomassa | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| | (Gg) | | | | | | | |
| Lenha | 4.967 | 4.784 | 4.647 | 4.263 | 4.189 | 3.849 | 3.715 | 3.721 |
| Carvão Vegetal | 1.120 | 994 | 912 | 956 | 967 | 886 | 821 | 792 |
| Bagaço | 812 | 872 | 925 | 905 | 1.055 | 1.041 | 1.084 | 1.209 |
| Resíduos Vegetais | 38 | 38 | 44 | 42 | 39 | 40 | 37 | 37 |
| Lixívia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Álcool Etílico | 1.214 | 1.204 | 1.075 | 1.067 | 1.044 | 1.048 | 1.025 | 867 |
| Total Biomassa | 8.150 | 7.893 | 7.605 | 7.234 | 7.295 | 6.865 | 6.684 | 6.627 |
| TOTAL | 14.919 | 14.623 | 14.621 | 14.214 | 14.438 | 14.320 | 14.318 | 13.961 |

Tabela 17 - Emissões de CO₂ por combustível (cont.)

| Emissões por Combustível Fossil | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Gasolina | 6.309 | 5.383 | 4.589 | 4.005 | 3.539 | 3.260 | 2.988 | 2.698 |
| Querosene de Aviação | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 |
| Querosene Iluminante | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| Óleo Diesel | 243 | 250 | 243 | 247 | 240 | 236 | 248 | 243 |
| Óleo Combustível | 52 | 48 | 42 | 42 | 43 | 39 | 41 | 43 |
| GLP | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Coque de Petróleo | 4 | 8 | 11 | 12 | 11 | 11 | 11 | 12 |
| Carvão Vapor | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Carvão Metalúrgico | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| Alcatrão | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Coque de Carvão Mineral | 57 | 51 | 57 | 56 | 59 | 59 | 60 | 57 |
| Gás Natural | 12 | 14 | 18 | 24 | 31 | 34 | 41 | 45 |
| Gás de Refinaria | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Gás Canalizado | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,03 | 0,02 | - | - | - |
| Gás de Coqueria | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Outras Primárias Fósseis | 0,3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total Fossil | 6.705 | 5.784 | 4.991 | 4.417 | 3.952 | 3.667 | 3.419 | 3.126 |
| Biomassa | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| | (Gg) | | | | | | | |
| Lenha | 3.716 | 3.856 | 3.978 | 4.031 | 4.420 | 4.713 | 4.928 | 4.999 |
| Carvão Vegetal | 724 | 793 | 866 | 799 | 836 | 981 | 1.136 | 1.121 |
| Bagaço | 1.212 | 1.214 | 973 | 1.141 | 1.273 | 1.407 | 1.475 | 1.538 |
| Resíduos Vegetais | 34 | 40 | 45 | 50 | 51 | 47 | 50 | 54 |
| Lixívia | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Álcool Etílico | 803 | 730 | 560 | 434 | 436 | 369 | 443 | 442 |
| Total Biomassa | 6.491 | 6.635 | 6.423 | 6.457 | 7.017 | 7.519 | 8.034 | 8.156 |
| TOTAL | 13.196 | 12.419 | 11.415 | 10.873 | 10.969 | 11.185 | 11.453 | 11.282 |

Na Tabela 18 estão indicadas as emissões de CO por setor. O subsetor rodoviário responde, em 2005, por 29,3% das emissões de CO, perdendo apenas para o subsetor residencial (31,9% de participação em 2005). É interessante notar que no período de 1990 a 2005 as emissões de CO do subsetor de transportes decrescem 56,8%, enquanto as do subsetor industrial aumentam em 46,7%.

Tabela 18 - Emissões de CO (Gg/ano) por setor

| Emissões por Setor | | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|------------------------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | | (Gg) | | | | | | | |
| Setor Energético Amplo | Centrais Elét. Serv. Público | 7 | 8 | 10 | 8 | 9 | 13 | 12 | 16 |
| | Centrais Elét. Autoprodutoras | 13 | 13 | 16 | 17 | 14 | 13 | 15 | 17 |
| | Carvoarias | 1.070 | 938 | 862 | 907 | 918 | 845 | 749 | 721 |
| | Consumo Setor Energético | 492 | 550 | 523 | 504 | 551 | 524 | 558 | 629 |
| Indústria | Cimento | 68 | 52 | 43 | 46 | 51 | 55 | 69 | 50 |
| | Ferro-Gusa e Aço | 781 | 621 | 634 | 693 | 715 | 663 | 585 | 609 |
| | Ferro-Ligas | 61 | 82 | 70 | 85 | 74 | 64 | 99 | 68 |
| | Mineração e Pelotização | 10 | 10 | 9 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| | Não ferrosos | 47 | 38 | 38 | 24 | 25 | 30 | 10 | 8 |
| | Química | 18 | 17 | 15 | 16 | 17 | 15 | 9 | 8 |
| | Alimentos e Bebidas | 366 | 367 | 447 | 446 | 550 | 564 | 579 | 635 |
| | Têxtil | 6 | 7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | Papel e Celulose | 33 | 34 | 40 | 38 | 36 | 37 | 34 | 34 |
| | Cerâmica | 144 | 136 | 124 | 134 | 136 | 129 | 142 | 144 |
| | Outras | 40 | 39 | 29 | 31 | 32 | 34 | 32 | 33 |
| | Total | 1.573 | 1.404 | 1.455 | 1.520 | 1.645 | 1.598 | 1.568 | 1.599 |
| Transporte | Aéreo | 35 | 36 | 29 | 32 | 38 | 36 | 37 | 43 |
| | Rodoviário | 7.783 | 7.778 | 7.882 | 7.824 | 7.967 | 8.279 | 8.419 | 7.969 |
| | Ferroviário | 22 | 22 | 23 | 23 | 17 | 18 | 17 | 14 |
| | Hidroviário | 46 | 44 | 46 | 52 | 47 | 46 | 58 | 42 |
| | Total | 7.886 | 7.880 | 7.979 | 7.931 | 8.069 | 8.380 | 8.531 | 8.067 |
| Outros Setores | Comercial | 33 | 33 | 34 | 34 | 33 | 32 | 33 | 34 |
| | Público | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,3 |
| | Residencial | 3.522 | 3.501 | 3.493 | 3.065 | 2.976 | 2.687 | 2.625 | 2.657 |
| | Agropecuário | 321 | 294 | 250 | 227 | 223 | 228 | 226 | 224 |
| Total | 14.919 | 14.623 | 14.621 | 14.214 | 14.438 | 14.320 | 14.318 | 13.961 | |

Tabela 18 - Emissões de CO (Gg/ano) por setor (cont.)

| Emissões por Setor | | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|------------------------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | | (Gg) | | | | | | | |
| Setor Energético Amplo | Centrais Elét. Serv. Público | 19 | 26 | 20 | 22 | 21 | 26 | 32 | 31 |
| | Centrais Elét. Autoprodutoras | 17 | 20 | 24 | 25 | 23 | 14 | 22 | 24 |
| | Carvoarias | 656 | 711 | 777 | 722 | 757 | 890 | 1.031 | 1.019 |
| | Consumo Setor Energético | 548 | 497 | 411 | 434 | 472 | 544 | 551 | 596 |
| Indústria | Cimento | 46 | 45 | 52 | 46 | 43 | 47 | 53 | 48 |
| | Ferro-Gusa e Aço | 563 | 627 | 679 | 640 | 663 | 745 | 887 | 867 |
| | Ferro-Ligas | 58 | 65 | 78 | 49 | 62 | 97 | 102 | 105 |
| | Mineração e Pelotização | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| | Não ferrosos | 8 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| | Química | 8 | 7 | 6 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 |
| | Alimentos e Bebidas | 722 | 778 | 627 | 773 | 867 | 930 | 994 | 1.014 |
| | Têxtil | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | Papel e Celulose | 39 | 38 | 42 | 46 | 48 | 55 | 51 | 54 |
| | Cerâmica | 139 | 146 | 146 | 141 | 135 | 138 | 145 | 154 |
| | Outras | 32 | 32 | 33 | 31 | 30 | 37 | 39 | 39 |
| | Total | 1.622 | 1.752 | 1.677 | 1.746 | 1.867 | 2.073 | 2.297 | 2.307 |
| Transporte | Aéreo | 46 | 43 | 44 | 42 | 39 | 35 | 37 | 34 |
| | Rodoviário | 7.264 | 6.267 | 5.303 | 4.596 | 4.139 | 3.786 | 3.595 | 3.302 |
| | Ferroviário | 15 | 15 | 17 | 19 | 19 | 23 | 23 | 24 |
| | Hidroviário | 45 | 46 | 39 | 43 | 43 | 40 | 46 | 47 |
| | Total | 7.370 | 6.371 | 5.402 | 4.699 | 4.240 | 3.885 | 3.702 | 3.407 |
| Outros Setores | Comercial | 32 | 32 | 32 | 30 | 28 | 32 | 32 | 32 |
| | Público | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | Residencial | 2.716 | 2.802 | 2.874 | 2.996 | 3.344 | 3.482 | 3.531 | 3.602 |
| | Agropecuário | 215 | 208 | 198 | 198 | 216 | 240 | 257 | 263 |
| Total | 13.196 | 12.419 | 11.415 | 10.873 | 10.969 | 11.185 | 11.453 | 11.282 | |

Ao analisar as emissões por tecnologia percebe-se uma concentração das emissões nos usos de fornos, que respondem por 55,1% das emissões em 2005, força motriz, com 30,5% de participação nas emissões de 2005 e as caldeiras, com 14,2% de participação. A Tabela 19 mostra que entre 1990 e 2005 as emissões devidas ao uso dos fornos apresentaram um

crescimento modesto de 1,5%. As emissões das caldeiras cresceram 83,4%, enquanto as da força motriz recuaram em aproximadamente 56%.

Tabela 19 - Emissões de CO (Gg/ano) por tecnologia

| Emissões por Tecnologia | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Força Motriz | 7.898 | 7.894 | 7.995 | 7.945 | 8.082 | 8.396 | 8.547 | 8.087 |
| Caldeira | 873 | 932 | 985 | 963 | 1.104 | 1.091 | 1.130 | 1.254 |
| Aquecedor | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Forno | 6.127 | 5.776 | 5.622 | 5.290 | 5.234 | 4.816 | 4.622 | 4.601 |
| Secadores | 21 | 22 | 19 | 16 | 17 | 18 | 19 | 19 |
| Iluminação | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,05 | 0,03 |
| TOTAL | 14.919 | 14.623 | 14.621 | 14.214 | 14.438 | 14.320 | 14.318 | 13.961 |

| Emissões por Tecnologia | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Força Motriz | 7.395 | 6.403 | 5.429 | 4.728 | 4.261 | 3.911 | 3.731 | 3.437 |
| Caldeira | 1.255 | 1.259 | 1.034 | 1.199 | 1.331 | 1.463 | 1.535 | 1.601 |
| Aquecedor | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Forno | 4.525 | 4.736 | 4.932 | 4.924 | 5.354 | 5.787 | 6.161 | 6.217 |
| Secadores | 20 | 21 | 20 | 21 | 22 | 24 | 25 | 26 |
| Iluminação | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| TOTAL | 13.196 | 12.419 | 11.415 | 10.873 | 10.969 | 11.185 | 11.453 | 11.282 |

5.3 Emissões de NMVOC

As emissões de compostos orgânicos voláteis que não o metano (NMVOC) estão quantificadas na **Tabela 20**, que indica uma redução de 6,2% das emissões totais no período de 1990 a 2005. As emissões dos combustíveis fósseis se concentram na gasolina (14,6% de participação nas emissões totais) e no diesel (9,5% de participação nas emissões totais de NMVOC) em 2005. Observa-se no período de 1990 a 2005 uma redução das emissões de NMVOC derivadas do consumo da gasolina de 183 para 140 Gg e, no caso do óleo diesel, um aumento de 59 para 91 Gg. A maior contribuição dos combustíveis da biomassa para as emissões de NMVOC fica por conta da lenha, que detém 60,7% das emissões totais em 2005.

Tabela 20 - Emissões de NMVOC por combustível (Gg/ano)

| Emissões por Combustível Fossil | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Gasolina | 183 | 202 | 205 | 209 | 222 | 245 | 265 | 265 |
| Querosene de Aviação | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| Querosene Iluminante | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| Óleo Diesel | 59 | 61 | 62 | 64 | 65 | 69 | 72 | 75 |
| Óleo Combustível | 8 | 8 | 8 | 10 | 9 | 9 | 11 | 9 |
| GLP | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Coque de Petróleo | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Carvão Vapor | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Carvão Metalúrgico | - | - | - | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 1 | 1 |
| Alcatrão | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,02 |
| Coque de Carvão Mineral | 3 | 0,1 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| Gás Natural | 0,5 | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Gás de Refinaria | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 1 | 1 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 |
| Gás Canalizado | 0,1 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Gás de Coqueria | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Outras Primárias Fósseis | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Total Fossil | 260 | 279 | 286 | 293 | 307 | 335 | 360 | 361 |
| Biomassa | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| | (Gg) | | | | | | | |
| Lenha | 590 | 548 | 519 | 507 | 504 | 467 | 435 | 428 |
| Carvão Vegetal | 26 | 23 | 21 | 22 | 22 | 21 | 19 | 18 |
| Bagaço | 24 | 26 | 27 | 27 | 31 | 31 | 32 | 35 |
| Resíduos Vegetais | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Lixívia | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 1 |
| Álcool Etilico | 121 | 120 | 108 | 109 | 108 | 108 | 106 | 90 |
| Total Biomassa | 761 | 717 | 677 | 665 | 667 | 628 | 593 | 573 |
| TOTAL | 1.022 | 997 | 962 | 958 | 974 | 962 | 953 | 934 |

Tabela 20 - Emissões de NMVOC por combustível (Gg/ano) (cont.)

| Emissões por Combustível Fossil | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Gasolina | 249 | 220 | 194 | 176 | 162 | 155 | 148 | 140 |
| Querosene de Aviação | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| Querosene Iluminante | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Óleo Diesel | 78 | 80 | 82 | 85 | 88 | 86 | 92 | 91 |
| Óleo Combustível | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| GLP | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Coque de Petróleo | 0,3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Carvão Vapor | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 |
| Carvão Metalúrgico | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Alcatrão | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Coque de Carvão Mineral | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| Gás Natural | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Gás de Refinaria | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,4 |
| Gás Canalizado | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | - | - | - |
| Gás de Coqueria | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Outras Primárias Fósseis | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Total Fossil | 350 | 322 | 298 | 284 | 273 | 264 | 264 | 255 |
| Biomassa | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| | (Gg) | | | | | | | |
| Lenha | 411 | 432 | 453 | 443 | 477 | 530 | 579 | 582 |
| Carvão Vegetal | 17 | 18 | 20 | 18 | 19 | 23 | 27 | 26 |
| Bagaço | 36 | 36 | 29 | 33 | 37 | 41 | 43 | 45 |
| Resíduos Vegetais | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Lixívia | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Álcool Etílico | 83 | 76 | 58 | 45 | 46 | 39 | 47 | 48 |
| Total Biomassa | 548 | 563 | 562 | 542 | 582 | 635 | 698 | 703 |
| TOTAL | 897 | 885 | 860 | 826 | 855 | 899 | 963 | 958 |

Na Tabela 21 são apresentadas as emissões de NMVOC por setor, com predominância das carvoarias, que contribuem com 31,9% das emissões em 2005, imediatamente seguidas pelo subsetor de transportes, com 30,0%. Observa-se um aumento modesto nas emissões do subsetor residencial de 3,2%.

Tabela 21 - Emissões de NMVOC por setor (Gg/ano)

| Emissões por Setor | | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | (Gg) | | | | | | | |
| Setor Energético Amplo | Centrais Elét. Serv. Público | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 1 | 1 | 1 |
| | Centrais Elét. Autoprodutoras | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Carvoarias | 321 | 282 | 258 | 272 | 275 | 254 | 225 | 216 |
| | Consumo Setor Energético | 15 | 17 | 16 | 15 | 17 | 16 | 17 | 19 |
| Indústria | Cimento | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Ferro-Gusa e Aço | 22 | 16 | 19 | 21 | 21 | 20 | 18 | 19 |
| | Ferro-Ligas | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Mineração e Pelotização | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| | Não ferrosos | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Química | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Alimentos e Bebidas | 14 | 14 | 16 | 16 | 19 | 19 | 20 | 22 |
| | Têxtil | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Papel e Celulose | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Cerâmica | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| | Outras | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Total | 51 | 45 | 49 | 51 | 55 | 54 | 53 | 54 |
| Transporte | Aéreo | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| | Rodoviário | 354 | 375 | 367 | 372 | 387 | 414 | 434 | 422 |
| | Ferroviário | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| | Hidroviário | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 9 | 12 | 8 |
| | Total | 371 | 393 | 383 | 390 | 403 | 430 | 452 | 437 |
| Outros Setores | Comercial | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Público | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| | Residencial | 204 | 203 | 203 | 178 | 173 | 157 | 153 | 155 |
| | Agropecuário | 55 | 54 | 49 | 48 | 47 | 48 | 48 | 48 |
| Total | 1.022 | 997 | 962 | 958 | 974 | 962 | 953 | 934 | |

Tabela 21 - Emissões de NMVOC por setor (Gg/ano) (cont.)

| Emissões por Setor | | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | (Gg) | | | | | | | |
| Setor Energético Amplo | Centrais Elét. Serv. Público | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Centrais Elét. Autoprodutoras | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Carvoarias | 197 | 213 | 233 | 217 | 227 | 267 | 309 | 306 |
| | Consumo Setor Energético | 17 | 15 | 13 | 14 | 15 | 17 | 17 | 19 |
| Indústria | Cimento | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | Ferro-Gusa e Aço | 18 | 19 | 21 | 19 | 20 | 22 | 25 | 25 |
| | Ferro-Ligas | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | Mineração e Pelotização | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Não ferrosos | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Química | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Alimentos e Bebidas | 24 | 26 | 22 | 26 | 28 | 30 | 32 | 33 |
| | Têxtil | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Papel e Celulose | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | Cerâmica | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | Outras | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Total | 56 | 59 | 57 | 59 | 63 | 68 | 74 | 75 |
| Transporte | Aéreo | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| | Rodoviário | 403 | 367 | 326 | 297 | 287 | 271 | 278 | 270 |
| | Ferrovário | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | Hidroviário | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| | Total | 419 | 384 | 342 | 314 | 304 | 288 | 296 | 288 |
| Outros Setores | Comercial | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Público | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Residencial | 159 | 164 | 168 | 175 | 196 | 203 | 206 | 210 |
| | Agropecuário | 46 | 44 | 42 | 42 | 46 | 51 | 55 | 56 |
| Total | 897 | 885 | 860 | 826 | 855 | 899 | 963 | 958 | |

As emissões por tecnologia são apresentadas na **Tabela 22**. O uso de fornos se destaca com 61,1% das emissões em 2005, seguido pela força motriz, que detém 30,2% de participação nas emissões totais de NMVOC em 2005.

Tabela 22 - Emissões de NMVOC por tecnologia (Gg/ano)

| Emissões por Tecnologia | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|-------------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Força Motriz | 372 | 394 | 384 | 391 | 404 | 431 | 453 | 439 |
| Caldeira | 50 | 53 | 55 | 56 | 60 | 60 | 61 | 65 |
| Aquecedor | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,1 | 0,1 |
| Forno | 598 | 548 | 521 | 509 | 508 | 469 | 436 | 428 |
| Secadores | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Iluminação | - | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| TOTAL | 1.022 | 997 | 962 | 958 | 974 | 962 | 953 | 934 |

| Emissões por Tecnologia | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Força Motriz | 421 | 385 | 343 | 316 | 306 | 289 | 298 | 290 |
| Caldeira | 64 | 64 | 57 | 62 | 67 | 73 | 77 | 80 |
| Aquecedor | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Forno | 410 | 433 | 457 | 446 | 480 | 533 | 584 | 586 |
| Secadores | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Iluminação | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,003 | 0,003 | 0,004 |
| TOTAL | 897 | 885 | 860 | 826 | 855 | 899 | 963 | 958 |

5.4 Emissões de NO_x

As emissões de NO_x por combustível estão listadas na **Tabela 23** e estão mais diretamente relacionadas aos combustíveis fósseis por envolverem altas temperaturas de queima (89,6% de participação nas emissões totais em 2005). Nota-se a predominância das emissões de derivados de petróleo (as emissões do óleo diesel contribuem com 48,9% para as emissões totais) e gás natural (15,0% de participação).

As emissões de NO_x não se relacionam diretamente ao efeito estufa, mas são um fator importante de poluição causando uma série de efeitos negativos à saúde, inclusive contribuindo para a formação de chuva ácida.

Tabela 23 - Emissões de NO_x (Gg/ano) por combustível

| Emissões por Combustível Fossil | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Gasolina | 167 | 186 | 189 | 195 | 211 | 225 | 258 | 263 |
| Querosene de Aviação | 12 | 13 | 11 | 14 | 13 | 13 | 12 | 15 |
| Querosene Iluminante | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Óleo Diesel | 900 | 933 | 960 | 971 | 999 | 1.057 | 1.079 | 1.123 |
| Óleo Combustível | 172 | 158 | 170 | 189 | 187 | 192 | 218 | 208 |
| GLP | 16 | 17 | 19 | 20 | 22 | 25 | 28 | 34 |
| Coque de Petróleo | 9 | 9 | 9 | 9 | 11 | 13 | 14 | 15 |
| Carvão Vapor | 54 | 66 | 58 | 52 | 55 | 59 | 58 | 65 |
| Carvão Metalúrgico | - | - | - | 4 | 5 | 8 | 15 | 18 |
| Alcatrão | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 2 |
| Coque de Carvão Mineral | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Gás Natural | 81 | 80 | 88 | 98 | 99 | 107 | 127 | 139 |
| Gás de Refinaria | 42 | 50 | 56 | 62 | 64 | 57 | 65 | 68 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 6 | 5 | 6 | 6 | 8 | 10 | 11 | 13 |
| Gás Canalizado | 3 | 2 | 2 | 1 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,5 |
| Gás de Coqueria | 51 | 54 | 55 | 58 | 59 | 60 | 59 | 57 |
| Outras Primárias Fósseis | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| Total Fossil | 1.528 | 1.593 | 1.641 | 1.699 | 1.751 | 1.854 | 1.960 | 2.035 |
| Biomassa | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| | (Gg) | | | | | | | |
| Lenha | 87 | 85 | 80 | 76 | 76 | 72 | 71 | 70 |
| Carvão Vegetal | 26 | 23 | 21 | 22 | 22 | 21 | 19 | 18 |
| Bagaço | 32 | 35 | 37 | 36 | 42 | 41 | 43 | 48 |
| Resíduos Vegetais | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Lixívia | 10 | 11 | 13 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 |
| Álcool Etílico | 97 | 97 | 87 | 88 | 87 | 88 | 86 | 73 |
| Total Biomassa | 253 | 251 | 240 | 238 | 245 | 239 | 237 | 229 |
| TOTAL | 1.780 | 1.844 | 1.881 | 1.937 | 1.996 | 2.093 | 2.197 | 2.264 |

Tabela 23 - Emissões de NO_x (Gg/ano) por combustível (cont.)

| Emissões por Combustível Fossil | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Gasolina | 252 | 225 | 202 | 185 | 172 | 166 | 160 | 152 |
| Querosene de Aviação | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 17 | 18 | 19 |
| Querosene Iluminante | 1 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Óleo Diesel | 1.169 | 1.186 | 1.168 | 1.183 | 1.171 | 1.136 | 1.197 | 1.126 |
| Óleo Combustível | 206 | 184 | 164 | 152 | 144 | 125 | 121 | 124 |
| GLP | 36 | 38 | 41 | 34 | 30 | 30 | 29 | 30 |
| Coque de Petróleo | 30 | 56 | 71 | 80 | 75 | 75 | 73 | 82 |
| Carvão Vapor | 27 | 86 | 88 | 87 | 59 | 62 | 68 | 36 |
| Carvão Metalúrgico | 19 | 23 | 23 | 19 | 17 | 11 | 14 | 14 |
| Alcatrão | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Coque de Carvão Mineral | 10 | 9 | 10 | 9 | 10 | 10 | 10 | 9 |
| Gás Natural | 138 | 156 | 201 | 231 | 280 | 293 | 328 | 359 |
| Gás de Refinaria | 66 | 58 | 60 | 63 | 61 | 58 | 63 | 66 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 13 | 17 | 20 | 20 | 20 | 18 | 20 | 20 |
| Gás Canalizado | 1 | 0,3 | 0,3 | 0,08 | 0,05 | - | - | - |
| Gás de Coqueria | 55 | 48 | 51 | 49 | 47 | 50 | 53 | 52 |
| Outras Primárias Fósseis | 4 | 6 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 |
| Total Fossil | 2.041 | 2.112 | 2.128 | 2.142 | 2.115 | 2.061 | 2.166 | 2.139 |
| Biomassa | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| | (Gg) | | | | | | | |
| Lenha | 73 | 74 | 75 | 75 | 79 | 82 | 86 | 88 |
| Carvão Vegetal | 17 | 18 | 20 | 18 | 19 | 23 | 27 | 26 |
| Bagaço | 48 | 48 | 38 | 45 | 50 | 55 | 58 | 61 |
| Resíduos Vegetais | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Lixívia | 19 | 21 | 21 | 21 | 24 | 27 | 29 | 31 |
| Álcool Etílico | 68 | 62 | 48 | 37 | 38 | 32 | 39 | 40 |
| Total Biomassa | 226 | 225 | 205 | 199 | 211 | 222 | 240 | 248 |
| TOTAL | 2.267 | 2.337 | 2.333 | 2.341 | 2.326 | 2.283 | 2.406 | 2.387 |

A Tabela 24 mostra as emissões de NO_x por setor, constatando-se a predominância do setor de transportes (55,3% de participação no total de emissões em 2005).

Tabela 24 - Emissões de NO_x (Gg/ano) por setor

| Emissões por Setor | | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | (Gg) | | | | | | | |
| Setor Energético Amplo | Centrais Elét. Serv. Público | 61 | 68 | 76 | 67 | 72 | 93 | 92 | 116 |
| | Centrais Elét. Autoprodutoras | 17 | 18 | 22 | 22 | 21 | 22 | 26 | 29 |
| | Carvoarias | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Consumo Setor Energético | 141 | 144 | 156 | 166 | 165 | 151 | 169 | 182 |
| Indústria | Cimento | 38 | 41 | 34 | 33 | 33 | 36 | 40 | 45 |
| | Ferro-Gusa e Aço | 95 | 97 | 97 | 105 | 113 | 119 | 124 | 128 |
| | Ferro-Ligas | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| | Mineração e Pelotização | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 14 | 16 | 16 |
| | Não ferrosos | 17 | 17 | 17 | 19 | 20 | 21 | 26 | 25 |
| | Química | 41 | 41 | 43 | 43 | 45 | 46 | 49 | 58 |
| | Alimentos e Bebidas | 42 | 42 | 45 | 45 | 49 | 51 | 54 | 53 |
| | Têxtil | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| | Papel e Celulose | 21 | 22 | 25 | 27 | 28 | 29 | 30 | 30 |
| | Cerâmica | 20 | 20 | 23 | 25 | 27 | 29 | 30 | 34 |
| | Outras | 29 | 29 | 28 | 31 | 33 | 34 | 34 | 40 |
| | Total | 320 | 327 | 330 | 348 | 366 | 385 | 413 | 435 |
| Transporte | Aéreo | 12 | 14 | 11 | 15 | 13 | 14 | 13 | 16 |
| | Rodoviário | 1.066 | 1.155 | 1.123 | 1.152 | 1.206 | 1.276 | 1.319 | 1.349 |
| | Ferroviário | 26 | 26 | 27 | 28 | 21 | 22 | 20 | 17 |
| | Hidroviário | 68 | 66 | 69 | 78 | 71 | 69 | 87 | 63 |
| | Total | 1.173 | 1.220 | 1.231 | 1.272 | 1.310 | 1.382 | 1.439 | 1.444 |
| Outros Setores | Comercial | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Público | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| | Residencial | 53 | 53 | 53 | 49 | 48 | 45 | 44 | 45 |
| | Agropecuário | 8 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Total | | 1.780 | 1.844 | 1.881 | 1.937 | 1.996 | 2.093 | 2.197 | 2.264 |

Tabela 24 - Emissões de NO_x (Gg/ano) por setor (cont.)

| Emissões por Setor | | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | (Gg) | | | | | | | |
| Setor Energético Amplo | Centrais Elét. Serv. Público | 95 | 181 | 161 | 170 | 135 | 151 | 180 | 147 |
| | Centrais Elét. Autoprodutoras | 32 | 39 | 44 | 54 | 41 | 36 | 41 | 45 |
| | Carvoarias | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | Consumo Setor Energético | 179 | 177 | 199 | 207 | 213 | 228 | 242 | 262 |
| Indústria | Cimento | 50 | 54 | 55 | 56 | 52 | 42 | 40 | 44 |
| | Ferro-Gusa e Aço | 121 | 118 | 128 | 122 | 124 | 128 | 133 | 142 |
| | Ferro-Ligas | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| | Mineração e Pelotização | 16 | 20 | 24 | 24 | 24 | 23 | 26 | 29 |
| | Não ferrosos | 26 | 29 | 35 | 33 | 40 | 46 | 52 | 54 |
| | Química | 53 | 54 | 52 | 47 | 41 | 34 | 34 | 34 |
| | Alimentos e Bebidas | 59 | 62 | 56 | 62 | 67 | 69 | 71 | 72 |
| | Têxtil | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | Papel e Celulose | 33 | 36 | 37 | 37 | 39 | 43 | 44 | 46 |
| | Cerâmica | 36 | 36 | 42 | 44 | 53 | 55 | 55 | 59 |
| | Outras | 40 | 43 | 48 | 47 | 47 | 46 | 49 | 50 |
| | Total | 442 | 460 | 486 | 481 | 496 | 498 | 515 | 542 |
| Transporte | Aéreo | 17 | 18 | 19 | 20 | 20 | 18 | 19 | 19 |
| | Rodoviário | 1.358 | 1.314 | 1.283 | 1.258 | 1.264 | 1.197 | 1.244 | 1.203 |
| | Ferrovário | 18 | 18 | 20 | 23 | 23 | 28 | 28 | 28 |
| | Hidroviário | 67 | 69 | 58 | 64 | 65 | 60 | 69 | 71 |
| | Total | 1.460 | 1.419 | 1.381 | 1.365 | 1.373 | 1.303 | 1.360 | 1.321 |
| Outros Setores | Comercial | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| | Público | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Residencial | 45 | 47 | 48 | 49 | 53 | 54 | 54 | 55 |
| | Agropecuário | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 |
| Total | 2.267 | 2.337 | 2.333 | 2.341 | 2.326 | 2.283 | 2.406 | 2.387 | |

No que se refere às tecnologias adotadas, observa-se uma predominância das emissões de força motriz, que respondem por 60,3% das emissões em 2005, o que está condizente com a importância que o subsetor de transportes tem para as emissões de NO_x. A Tabela 25 apresenta as emissões de NO_x, por tecnologia.

Tabela 25 - Emissões de NO_x (Gg/ano) por tecnologia

| Emissões por Tecnologia | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Força Motriz | 1.219 | 1.270 | 1.292 | 1.323 | 1.360 | 1.442 | 1.499 | 1.523 |
| Caldeira | 175 | 184 | 191 | 190 | 203 | 212 | 228 | 247 |
| Aquecedor | 0,14 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| Forno | 381 | 386 | 392 | 420 | 428 | 432 | 463 | 488 |
| Secadores | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 6 |
| Refrigeração | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Iluminação | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| TOTAL | 1.780 | 1.844 | 1.881 | 1.937 | 1.996 | 2.093 | 2.197 | 2.264 |

| Emissões por Tecnologia | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Força Motriz | 1.556 | 1.540 | 1.480 | 1.473 | 1.452 | 1.404 | 1.474 | 1.439 |
| Caldeira | 215 | 287 | 292 | 310 | 289 | 289 | 316 | 292 |
| Aquecedor | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Forno | 489 | 501 | 552 | 549 | 575 | 582 | 607 | 647 |
| Secadores | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| Refrigeração | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Iluminação | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| TOTAL | 2.267 | 2.337 | 2.333 | 2.341 | 2.326 | 2.283 | 2.406 | 2.387 |

5.5 Emissões de N₂O

As emissões de N₂O por combustível (Tabela 26) evidenciam a importância da gasolina para as emissões de combustíveis fósseis. As emissões de N₂O devidas ao consumo de gasolina representaram 12,4% das emissões totais em 2005, tendo crescido 117,9% entre 1990 e 2005. Em relação às emissões totais de N₂O, predominam as emissões derivadas do consumo de combustíveis da biomassa, que detém 67,8% de participação nas emissões totais em 2005, com destaque para a lenha e o bagaço.

Tabela 26 - Emissões de N₂O (Gg/ano) por combustível

| Emissões por Combustível Fossil | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Gasolina | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Querosene de Aviação | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Querosene Iluminante | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Óleo Diesel | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Óleo Combustível | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| GLP | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Coque de Petróleo | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Carvão Vapor | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Carvão Metalúrgico | - | - | - | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,04 |
| Alcatrão | 0,003 | 0,004 | 0,006 | 0,006 | 0,005 | 0,005 | 0,002 | 0,002 |
| Coque de Carvão Mineral | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Gás Natural | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| Gás de Refinaria | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Gás Canalizado | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0005 |
| Gás de Coqueria | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Outras Primárias Fósseis | 0,005 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,01 |
| Total Fossil | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 3,0 | 3,2 |
| Biomassa | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
| | (Gg) | | | | | | | |
| Lenha | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Carvão Vegetal | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Bagaço | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Resíduos Vegetais | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Lixívia | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Álcool Etílico | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Total Biomassa | 6,4 | 6,4 | 6,2 | 6,1 | 6,5 | 6,3 | 6,3 | 6,5 |
| TOTAL | 8,4 | 8,5 | 8,4 | 8,4 | 9,0 | 9,0 | 9,2 | 9,6 |

Tabela 26 - Emissões de N₂O (Gg/ano) por combustível (cont.)

| Emissões por Combustível Fossil | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Gasolina | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Querosene de Aviação | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Querosene Iluminante | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Óleo Diesel | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Óleo Combustível | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| GLP | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Coque de Petróleo | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Carvão Vapor | 0,04 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,05 |
| Carvão Metalúrgico | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| Alcatrão | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Coque de Carvão Mineral | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Gás Natural | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| Gás de Refinaria | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| Outros Energéticos de Petróleo | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Gás Canalizado | 0,0005 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 | - | - | - |
| Gás de Coqueria | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Outras Primárias Fósseis | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Total Fossil | 3,3 | 3,4 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,6 | 3,8 | 3,8 |
| Biomassa | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| | (Gg) | | | | | | | |
| Lenha | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Carvão Vegetal | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Bagaço | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| Resíduos Vegetais | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Lixívia | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,1 |
| Álcool Etílico | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Total Biomassa | 6,5 | 6,6 | 6,0 | 6,3 | 6,8 | 7,3 | 7,8 | 8,0 |
| TOTAL | 9,8 | 9,9 | 9,5 | 9,8 | 10,3 | 10,9 | 11,6 | 11,9 |

As emissões de N₂O por setor podem ser visualizadas na **Tabela 27**, que indica uma predominância das emissões do subsetor industrial (47% em 2005), com destaque para o segmento de Alimentos e Bebidas.

Tabela 27 - Emissões de N₂O (Gg/ano) por setor

| Emissões por Setor | | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| | | (Gg) | | | | | | | |
| Setor Energético Amplo | Centrais Elét. Serv. Público | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Centrais Elét. Autoprodutoras | 0,04 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,1 |
| | Carvoarias | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Consumo Setor Energético | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Indústria | Cimento | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Ferro-Gusa e Aço | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Ferro-Ligas | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Mineração e Pelotização | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| | Não ferrosos | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Química | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Alimentos e Bebidas | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Têxtil | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Papel e Celulose | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| | Cerâmica | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | Outras | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | Total | 4 | 4 |
| Transporte | Aéreo | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Rodoviário | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Ferrovário | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | Hidroviário | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Total | 2 | 2 |
| Outros Setores | Comercial | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Público | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,005 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | Residencial | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Agropecuário | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Total | 8,4 | 8,5 | 8,4 | 8,4 | 9,0 | 9,0 | 9,2 | 9,6 | |

Tabela 27 - Emissões de N₂O (Gg/ano) por setor (cont.)

| Emissões por Setor | | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | | (Gg) | | | | | | | |
| Setor Energético Amplo | Centrais Elét. Serv. Público | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Centrais Elét. Autoprodutoras | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Carvoarias | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Consumo Setor Energético | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Indústria | Cimento | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| | Ferro-Gusa e Aço | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Ferro-Ligas | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Mineração e Pelotização | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,1 | 0,1 |
| | Não ferrosos | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Química | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| | Alimentos e Bebidas | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | Têxtil | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Papel e Celulose | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | Cerâmica | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | Outras | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | Total | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Transporte | Aéreo | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| | Rodoviário | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | Ferroviário | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | Hidroviário | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| | Total | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Outros Setores | Comercial | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| | Público | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | Residencial | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Agropecuário | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Total | 9,8 | 9,9 | 9,5 | 9,8 | 10,3 | 10,9 | 11,6 | 11,9 | |

As emissões de N₂O, se analisadas por tecnologia, se dividem em caldeiras (41,8% das emissões em 2005), fornos (31,8%) e força motriz (25,9%). As emissões provenientes das caldeiras e da força motriz aumentam, respectivamente, 56,6% e 74,7% entre 1990 e 2005 (vide Tabela 28).

Tabela 28 - Emissões de N₂O (Gg/ano) por tecnologia

| Emissões por Tecnologia | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Força Motriz | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Caldeira | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Aquecedor | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Forno | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Secadores | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Iluminação | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,001 |
| TOTAL | 8,4 | 8,5 | 8,4 | 8,4 | 9,0 | 9,0 | 9,2 | 9,6 |

| Emissões por Tecnologia | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (Gg) | | | | | | | |
| Força Motriz | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Caldeira | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Aquecedor | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,002 |
| Forno | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Secadores | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 |
| Iluminação | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0003 |
| TOTAL | 9,8 | 9,9 | 9,5 | 9,8 | 10,3 | 10,9 | 11,6 | 11,9 |

6. Diferenças em relação ao Inventário Inicial

No que se refere à adaptação da metodologia *Bottom-up* do IPCC (1997) ao contexto brasileiro, em termos de adequação de combustíveis e setores não há grandes modificações em relação ao Primeiro Inventário. Contudo, buscou-se trabalhar os dados da forma mais desagregada possível, o que foi facilitado pela apresentação das informações mais desagregadas pelo BEN em suas edições mais recentes.

No que se refere ao segmento de ferro-gusa e aço, foi possível, devido a informações mais detalhadas obtidas junto às indústrias, alocar corretamente as emissões de CO₂ no setor de Processos Industriais. As emissões dos gases não-CO₂ permanecem sendo relatadas no setor de Energia, conforme recomendado no IPCC (1997).

Em relação aos fatores de emissão, foram introduzidas algumas modificações, sobretudo para os combustíveis da biomassa. A discussão detalhada sobre os fatores de emissão pode ser obtida no Anexo Metodológico.

7. Referências Bibliográficas

Anuário ABRACAVE, 2000.

“Descrição do Software já em utilização (modificado em 28/02/2007) para maior velocidade de calculo e realização de todas as simulações exigidas”, Produto 1 - Contrato № 2007/000519 - Projeto BRA/05/G31/1G/A/01, 2007.

Ahn, Hyung Woong et al. Effect of Fuel Composition of Coke Oven Gas on a Layered Bed H₂ PSA Process. Yonsei University, Seoul, 2002.

Almeida, E. M et al. Análise Termodinâmica associada ao Controle da Produção de Eletricidade em uma Usina Sucroalcooleira. UNESP, 2008.

Álvares, O. M. Jr. e Linke, R. R. A. Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases de efeito estufa de frotas de veículos no Brasil, CETESB, 2001.

Alvim, C.F et al. Balanço de Carbono nos Centros de Transformação de Energia, Economia e Energia (<http://ecen.com>), nº 50, 2005.

Anuário ABRACAVE, 2001.

Associação Mineira de Silvicultura. Anuário AMS, 2005 .

Aurélio, M. Uso de carvão vegetal em alto-forno. Fórum Nacional de Carvão Vegetal, 2007.

Axegard, P. Utilization of Black Liquor and Forestry Residues in a Pulp Mill Biorefinery. Forest Based Sector Sector Technology Platform Conference, Finland, 2006

Braga, L. B. Obtenção de lignina de bagaço de cana moído em bolas de aço inox. Faculdade de Engenharia Química de Lorena, 2006.

Brito, J. O. et al. Produção de carvão vegetal em cilindros metálicos verticais, 1983.

Canilha, L. et al. Caracterização do bagaço de cana de açúcar in natura extraído com etanol ou ciclohexano/etanol, IPT, 2007.

Carneiro, A. C. O. Qualidade da madeira e tecnologias de produção de carvão vegetal, Seminário Florestas Plantadas, Campo Grande, MS, 2007.

Côté, N. A. et al. Principles of Wood Science. Springer-Verlag, 1962.

Demirba, A. Pyrolysis and Steam Gasification of Black Liquor”, Energy Conversion and Management, 2002.

Domingues, C. E. et al. Manual de Auditoria em Segurança e Saúde no Setor Siderúrgico. MTE/SIT, 2002.

Economia e Energia Projeto: “Consolidação do Balanço de Carbono”, Relatório Final do Termo de Parceria entre o Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT e Economia e Energia - e&e - OSCIP No 13.0020.00/2005, Coordenador: Carlos Feu Alvim, 2007.

Economia e Energia. Avaliação de Emissões em Veículos Leves. (<http://ecen.com>), n. 25, 2001

Economia e Energia. Projeto “Consolidação do Balanço de Carbono”, Relatório Nº1 do Termo de Parceria entre o Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT e Economia e Energia - e&e - Oscip Nº 13.0020.00/2005, Coordenador: Carlos Feu Alvim, 2006.

Economia e Energia. Projeto BRA/05/G31/1G/A/01 “Relatório de Resultados Preliminares para Emissões “*Top-Down*” Estendido, incluindo a Comparação de Coeficientes de Emissão e Proposição de Conjunto Coerente de Coeficientes. Contrato e&e/PNUD Nº 2007/000506, junho, 2007.

Economia e Energia. Projeto BRA/05/G31/1G/A/01 “Relatório de Revisão das Emissões Avaliadas pelo Processo “*Bottom-Up*” para a Comunicação Nacional Inicial”. Contrato e&e/PNUD Nº 2007/000612, junho, 2007.

EMEP/CORINAIR. *Emission Inventory Guidebook*. Página de internet do EMEP/CORINAIR. Setembro, 2009.

Energia e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, <http://florestaspatrocinadas.com.br>, FBDS/FIESP, 2001.

Energia elétrica com gás de processo siderúrgico de carvão vegetal”, Workshop Madeira Energética, Belo Horizonte, 2007.

EPE/MME. Balanço Energético Nacional, 2007.

Esteves, O, A. Análise Exergética da Produção de Etanol da Cana-de-Açúcar. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, 1995.

Estimativa do PCS de carvão vegetal de Eucalyptus Grandis em função do teor de Carbono Fixo e de Materiais Voláteis”, Brasil Florestal, 2002.

Faria, L.M; Brito, J.O. Carvão vegetal pulverizado como opção energética. Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais, Piracicaba, 1981

Ferreira, O. C. Emissões de Gases de Efeito Estufa na Produção e Uso do Carvão Vegetal”, Revista e Economia (<http://ecen.com>), nº 20, 2000.

Ferreira, O.C. Teor de carbono em combustíveis da biomassa”, Revista Economia e Energia (<http://ecen.com>), nº 57, 2006.

Gifford, R. M. Carbon Content of Above-Ground Tissues of Forest and Woodland Trees. Australian Greenhouse Gas Office, 2000.

Goldemberg, J. Bioenergia em São Paulo, 2007.

Gomes, L. G et al. A Influência das Alterações nos Mercados Mundiais de Petroquímicos sobre a Integração Refino-Petroquímica no Brasil, 4º PDPETRO, Campinas, 2007.

Gonçalves, C. R. S et al. Caracterização do licor negro de eucalipto e sua influência na geração de vapor em caldeiras de recuperação. 35º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel, São Paulo, 2002.

Hiroshi NOGAMI, Jun-ichiro YAGI and Ronaldo Santos SAMPAIO. Exergy Analysis of Charcoal Charging Operation of Blast Furnace. ISIJ International, nº 10/Vol. 44, 2004.

Holgemberg, E. M. e Guilhoto J. J. M. Uso de combustíveis e emissões de CO₂ no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto, Nova Economia, vol. 6, n. 1, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE, Rio de Janeiro, página de internet do IBGE. Agosto, 2009.

Informativo Reservado DATAGRO , número 01 P, 2009.

Instituto Estadual de Florestas. Inventário Florestal de Minas Gerais, 2007.

IPCC Greenhouse gas Inventory Reporting Instructions- Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas inventories, Vol. 1, 2, 3, IPCC, IEA, OECD, 1996.

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006 .

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol, 4, 2006.

IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 1996: Reference Manual.

Kramer, R. Coking/Coal Gasification Using Indiana Coal for the Production of Metallurgical Coke, Liquid Transportation Fuel and Electric Power. Purdue University, 2006.

Lamonica, H. M. Geração de Eletricidade a partir da Biomassa da Cana-de-Açúcar. Centro de Tecnologia Canavieira, 2005.

Leal, M. R. L. V. Equipamentos, Custos e Potenciais. Centro de Tecnologia Copersucar, 2003.

Leal, M. R. L.V. Processos de co-geração - Equipamentos, custos e potenciais, 2003.

Lopes, P. L. et al. Forno a carvão vegetal para aquecimento direto de ar para secagem de produtos agrícolas. Universidade Federal de Viçosa, 2001.

Macedo, I. C et al. Assessment of greenhouse gas emission in the production and use of fuel ethanol in Brazil, 2004.

Macedo, I. C. Greenhouse Gas Emissions and Energy Balances in Bio-Ethanol Production and Utilization in Brazil. Biomass and Bioenergy, Vol. 14, Nº 1, p. 77/81, 1998.

Maestri, R. et al. Viabilidade de um Projeto Florestal de Eucalyptus Grandis Considerando o Seqüestro de Carbono. Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Paraná, 2004.

Marques, T. A e Serra, G. E. Estudo da reciclagem de células na produção biológica do etanol, UNOESTE/UNICAMP, 2004.

Miller, S. D. et al. Biometric and Micrometeorological Measurements of Tropical Forest Carbon Balance. University of Califórnia e Departamento de Ciências Atmosféricas, USP, 2000.

Ministério Ciência e Tecnologia e e&e. Balanço de Carbono nas atividades energéticas do Brasil. Termo de Parceria entre o Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT e Economia e Energia - e&e - OSCIP No 13.0020.00/2005, Coordenador: Carlos Feu Alvim, 2007.

Ministério da Ciência e Tecnologia. Combustíveis: Abordagem “*Bottom-Up*” - sob a Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima do Ministério da Ciência e Tecnologia e elaborado pelo Instituto Alberto Luis Coimbra de Pós -Graduação e Pesquisa em Engenharia - COPPE, Publicado pelo MCT em 2006.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. *Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatório de Referência, Anexo 1 - Adequação da Metodologia para o Inventário das Emissões de Gases do Efeito Estufa por Queima de Combustíveis*. Brasília, 1997.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia. *Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatórios de Referência - Emissões de Dióxido de Carbono por queima de Combustíveis: Abordagem ‘Top-Down’*. Coordenação Geral de Mudanças Globais de

Clima do Ministério da Ciência e Tecnologia e Instituto Alberto Luis Coimbra de Pós -Graduação e Pesquisa em Engenharia - COPPE. MCT. Brasília, 2006.

Ministério da Ciência e Tecnologia/MCT. Comunicação Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília, 2004.

Ministério das Minas e Energias. Balanço Energético Nacional EPE/MME, 2006 (ano base 2005)

_____Balanço Energético Nacional, 2007.

Oliveira, J. M. Resposta Técnica IBICT, Centro Nacional de Tecnologias Limpas, Senai, RS, 2006.

P. A. Sys. Geração com Resíduos da Cana 2000.

Patusco, J. A. M, Coordenadoria Geral de Estudos Integrados, MME. Biomassa e geração elétrica. Publicado em Economia e Energia (<http://ecen.com>), nº 5, 1997.

Pinto, M. M. Gases Combustíveis. DEPR/UFES, s/ data.

Platt, M. The Coke-Oven By-Product Plant. Thyssen-Krupp En Coke, s/data.

Prada, S. M. et al. Metodologia química para a determinação de sulfato em vinhoto. Química Nova, vol.21, nº 3, 1998.

Procknor, C. Maximização do Aproveitamento Energético no Projeto de Novas Usinas e Destilarias. 2º Encontro de Negócios de Energia, CIESP, São Paulo, 2006.

Produção e utilização de carvão vegetal, SPT/09-82, CETEC, 1982.

Produção e Utilização de Carvão Vegetal”, compilado por Penedo, W. R., Série Publicações Técnicas, nº 008, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1982.

Projeto de Geração de Energia Elétrica Renovável”, EcoSecurities Brasil Ltda, 2005.

Ramos, R. A. et al. Análise Energética e Exergética de uma Usina Sucroalcooleira com Sistema de Co-Geração em Expansão. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, 2007.

Reis, T. V. M. Emissões de gases de efeito estufa no Sistema Interligado Nacional, metodologia para a definição de linha de base e avaliação do potencial de redução, (<http://tede.unifacs.br>), 2009.

Revista Ciências Florestais - Gaseificação de materiais ligno-celulósicos para geração de energia elétrica. Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria/RS. v. 18, nº 4, 2008.

Revista Economia e Energia. Projeção do uso de energia no Setor Residencial e levantamento de emissões por energia equivalente, (<http://ecen.com>) n. 24, Rio de Janeiro, 2001.

Revista Economia e Energia. Versão para teste do Programa bal_eec. Rio de Janeiro, nº 62, 2007.

Ribeiro, J. E. Geração de Energia Elétrica Excedente em Usinas de Açúcar e de Alcool. INEE/BNDES, 2005.

Riegel, R and Kent, J. A. Handbook of Industrial Chemistry. S/data.

Secretaria do Meio Ambiente São Paulo. Balanço das emissões de gases do efeito estufa na produção e uso do etanol no Brasil. SP, 2004.

Silva, L.C.M e Pais, V. M. M. Esquema de refino - Situação atual e perspectivas, Seminário sobre Qualidade e Uso da Gasolina, IBP, 1992.

Silva, M. B e Moraes, A.. Avaliação energética do bagaço de cana para diversos níveis de umidade e grau de compactação. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.

Silva, V. L.M.M et al. Utilização do bagaço de cana como adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. Universidade Federal da Paraíba, 2007.

Simpson, R. Monitoring and Measuring Wood Carbon. Colorado SWCS Conference on Carbon as a Potential Commodity, Denver, 2002.

Soares, C. P. B. et al. Equação para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. Revista Árvore, Universidade Federal de Viçosa, 2005.

Souza, A. M. T. Estudo de Eficientização de Uso de Energia em uma Usina Siderúrgica Integrada. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFMG, 2009.

"State of the Art Report on Charcoal Production in Brasil" FLOrestal Acesita S.A - 1982.

Sturion, J. A. e Tomaselli, I. Influência do tempo de estocagem da lenha de bracinga na produção de energia. Embrapa/UFPR, 1990.

Tratamento da Cana de Açúcar no BEN, Nota Técnica COBEN 03/88, MME, 1988.

Trugilho, P. F et al. Influência da temperatura final nas características físicas e químicas do carvão vegetal de jatobá, UFL/UPR, 2001.

Trugilho, P. F. et al. Avaliação de clones de eucalipto para a produção de carvão vegetal, UFLA, 2001.

ÚNICA. Potencial de co-geração com resíduos da cana-de-açúcar, 2002.

Uso Alternativo de Coque em Alto-Forno a Carvão Vegetal, Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG, s/data.

Vale, A. T. et al. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis*. Brasília, UnB, 1997

Vale, P. W. P. A. Análise exergética da Produção de Biogás a partir do Vinhoto de Microdestilarias. Dissertação de Mestrado, CCTN/UFMG

Vieira, A. M. Análise Exergética da Produção de Carvão Vegetal, CCTN/UFMG, 2004

Vieira, A. M. Análise exergética da produção de carvão vegetal. Dissertação de Mestrado, Curso de Ciências e Técnicas Nucleares, UFMG, 2004

Weber, K. S. et al. Teores de carbono orgânico em seis espécies naturais do ecossistema de Floresta Ombrófila Mista. Universidade Federal do Paraná, 2007

Wolfgang W. BASF Petrochemicals and Energy Efficiency. S/data

ANEXO Metodológico

Adequação da Metodologia do IPCC para o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa por Queima de Combustíveis

Abordagem *Bottom-up*

Ministério da Ciência e Tecnologia

2010

Índice

Página

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO _____ | 4 |
| EMISSÕES DE CO ₂ - ABORDAGEM <i>BOTTOM-UP</i> - PARTE I _____ | 5 |
| Adequação dos dados disponíveis (BEN) _____ | 6 |
| <i>a) Adequação dos setores</i> _____ | 6 |
| <i>b) Adequação dos combustíveis</i> _____ | 8 |
| Determinação do consumo de combustíveis (Passo 1) _____ | 11 |
| Conversão para uma unidade comum de energia (Passo 2) _____ | 11 |
| Fatores de emissão de carbono (Passo 3) _____ | 16 |
| Determinação do carbono estocado (Passo 4) _____ | 21 |
| <i>Quantidades de combustíveis para uso não energético</i> _____ | 22 |
| <i>Fração de carbono estocada</i> _____ | 22 |
| <i>Planilha auxiliar para cálculo do carbono estocado</i> _____ | 23 |
| Correção dos valores para considerar a combustão incompleta (Passo 5) _____ | 23 |
| Conversão do carbono oxidado em emissões de CO ₂ (Passo 6) _____ | 24 |
| EMISSÕES DE GASES NÃO-CO ₂ - ABORDAGEM <i>BOTTOM-UP</i> - PARTE II _____ | 25 |
| Determinação do consumo _____ | 27 |
| <i>Coefficientes de destinação de uso final</i> _____ | 27 |
| <i>Coefficientes de destinação de tecnologia</i> _____ | 28 |
| <i>Fatores de emissão das tecnologias</i> _____ | 29 |
| Subsetor Energético _____ | 31 |
| Subsetores Comercial e Público _____ | 34 |
| Subsetor Agropecuário _____ | 40 |
| Geração termelétrica _____ | 43 |
| Produção de Carvão Vegetal _____ | 45 |
| Subsetor Industrial _____ | 46 |
| Subsetor de Transportes _____ | 53 |

Lista de Tabelas

Página

| | |
|---|----|
| Tabela A 1 - Equivalência entre os setores de atividade do IPCC e aqueles utilizados para os cálculos (MCT-Cálculo) _____ | 7 |
| Tabela A 2 - Equivalência entre os combustíveis do IPCC e do MCT - Cálculo _____ | 10 |
| Tabela A 3 - Fatores de Conversão de unidades naturais para tep _____ | 12 |
| Tabela A 4 - Fatores de Emissão (FE) de Carbono Empregados (tC/TJ) _____ | 17 |
| Tabela A 5 - Valores do Coeficiente de Emissão do Gás de Cidade por ano _____ | 21 |
| Tabela A 6 - Frações de carbono estocado - (φ_b) - Brasil _____ | 22 |
| Tabela A 7 - Frações de carbono oxidado empregadas _____ | 24 |
| Tabela A 8 - Fatores de emissão de gases não-CO ₂ no Subsetor Energético _____ | 34 |
| Tabela A 9 - Fatores de emissão de gases não-CO ₂ nos Subsetores Comercial e Público _____ | 38 |
| Tabela A 10 - Fatores de emissão de gases não-CO ₂ no Subsetor Residencial _____ | 40 |
| Tabela A 11 - Fatores de emissão de gases não-CO ₂ no Subsetor Agropecuário _____ | 43 |
| Tabela A 12 - Fatores de emissão de gases não-CO ₂ na geração termelétrica _____ | 45 |
| Tabela A 13 - Fatores de Emissão de Gases não-CO ₂ nas Carvoarias _____ | 46 |
| Tabela A 14 - Fatores de emissão de gases não-CO ₂ no Setor Industrial _____ | 53 |

Introdução

Neste documento estão descritos os métodos utilizados para a elaboração dos cálculos das emissões de gases de efeito estufa - CO₂ e não-CO₂ (CO, CH₄, N₂O, NO_x e NMVOC) - por queima de combustíveis. A metodologia de referência adotada é aquela do *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Guidelines 1996)*, adaptada às características particulares do setor energético brasileiro, com apoio no *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (Good Practice Guidance 2000)*. Segundo as orientações do IPCC, as emissões do setor de produção e consumo de energia devem ser relatadas segundo a estrutura abaixo:

- **Combustão**

Emissões de CO₂

Reference approach (Top-down) - Abordagem de Referência

By main source categories (Bottom-up) - Abordagem Setorial

Emissões de gases não-CO₂

By main source categories (Bottom-up) - Abordagem Setorial

- **Fugitivas**

Emissões de metano do processo de extração e manipulação do Carvão Mineral

Emissões de metano do processo de extração de Petróleo e Gás Natural

Ozônio precursor e SO₂ do refino de petróleo

Neste relatório estão contabilizadas apenas as emissões de CO₂ (Parte I) e dos gases não-CO₂ (Parte II), por queima de combustíveis, utilizando-se a abordagem *Bottom-up*. Nessa abordagem, as emissões são calculadas a partir da desagregação setorial do consumo final de energia.

Emissões de CO₂ - Abordagem *Bottom-Up* - Parte I

A inclusão das emissões de CO₂ (dióxido de carbono) na abordagem *Bottom-up* foi feita na versão revisada do IPCC (1997). Na versão inicial do IPCC (1995), as emissões de CO₂ eram contabilizadas apenas na abordagem *Top-down*.

A metodologia *Bottom-up* do IPCC abrange os seguintes passos:

- 1) Determinação do consumo de combustíveis, por setor, nas suas unidades de medida originais.
- 2) Conversão para uma unidade de energia comum (terajoules (TJ)).
- 3) Multiplicação pelo fator de emissão de carbono.
- 4) Cálculo da quantidade de carbono estocada.
- 5) Correção dos valores para que seja considerada a queima incompleta do combustível.
- 6) Conversão da quantidade de carbono oxidado para emissões de CO₂.

Matematicamente, a emissão anual de CO₂ decorrente do consumo de combustíveis do setor energético pode ser determinada através da seguinte equação:

$$\Omega^{CO_2} = \sum_i \omega_i^{CO_2} \quad \text{Eq. 1}$$

onde,

Ω^{CO_2} = emissões anuais totais de CO₂ (Gg CO₂) do setor energético;

$\omega_i^{CO_2}$ = emissões anuais de CO₂ do setor *i*.

As emissões anuais de CO₂ do setor *i*, $\omega_i^{CO_2}$, são calculadas como:

$$\omega_i^{CO_2} = \sum_b (C_{bi} * FC_b * \varepsilon_b^{CO_2} * 10^{-3} - CS_{bi}) * \Lambda_b * 44/12 \quad \text{Eq. 1}$$

onde,

C_{bi} = consumo anual do combustível do tipo *b* utilizado pelo setor *i* (1000 tep¹);

FC_b = fator de conversão da unidade original (1000 tep) para terajoules (TJ);

$\varepsilon_b^{CO_2}$ = fator de emissão de carbono para o combustível do tipo *b* (tC/TJ);

CS_{bi} = quantidade anual de carbono do combustível *b*, utilizado no setor *i*, estocada em produtos não energéticos (t C);

Λ_b = fração de carbono do combustível do tipo *b* realmente oxidada na combustão;

44/12 = constante utilizada para converter a quantidade de carbono elementar liberada em massa de dióxido de carbono.

¹ Tonelada equivalente de petróleo.

Adequação dos dados disponíveis (BEN)

A determinação do consumo final dos combustíveis por setor exigiu a adequação da base de dados disponível. Foi necessária a adequação tanto dos combustíveis quanto dos setores de atividade. A principal fonte de dados utilizada para a determinação do consumo de combustíveis foi o Balanço Energético Nacional - BEN (BEN, 2008), modificado por algumas hipóteses feitas no âmbito do próprio trabalho.

No caso do transporte aéreo, além dos dados do BEN foram também utilizados os dados da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e os dados da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

a) Adequação dos setores

No quadro a seguir, os setores de atividades estão listados em duas colunas. Os setores definidos pelo IPCC são apresentados na coluna “IPCC” e os setores desagregados para a elaboração dos cálculos das emissões, na outra coluna, “MCT - Cálculo”.

Tabela A 1 - Equivalência entre os setores de atividade do IPCC e aqueles utilizados para os cálculos (MCT-Cálculo)

| IPCC | MCT - Cálculo |
|--|---------------------------------------|
| <i>Energy Industries</i> | Centrais Elétricas do Serviço Público |
| | Centrais Elétricas Autoprodutoras |
| | Carvoarias |
| | Setor Energético |
| <i>Manufacturing Industries and Construction</i> | Não Energético |
| | Cimento |
| | Ferro-Gusa e Aço |
| | Ferro-Ligas |
| | Mineração e Pelotização |
| | Não Ferrosos e Outros da Metalurgia |
| | Química |
| | Alimento e Bebidas |
| | Têxtil |
| | Papel e Celulose |
| | Cerâmica |
| Outros | |
| <i>Transport</i> | Transportes |
| <i>Domestic Aviation</i> | Aéreo |
| <i>Road</i> | Rodoviário |
| <i>Rail</i> | Ferrovário |
| <i>National Navigation</i> | Hidroviário |
| <i>Pipeline Transport</i> | |
| <i>Commercial Institutional Sector</i> | Comercial |
| | Público |
| <i>Residential</i> | Residencial |
| <i>Agriculture Forestry Fishing</i> | Agropecuária |
| <i>Other</i> | Outros |

Os subsetores listados na coluna “MCT-Cálculo” constam no BEN. Com relação às adaptações que foram feitas para adequar os dados disponíveis ao formato solicitado, cabem as seguintes observações:

⇒ Agregadas no subsetor *Energy Industries* estão, além da categoria do consumo final subsetor Energético, as categorias do consumo intermediário (ou dos setores de transformação), que são as Centrais Elétricas de Serviço Público, as Centrais Elétricas Autoprodutoras e as Carvoarias. De acordo com a metodologia do IPCC, deve-se relatar o consumo das Centrais Elétricas Autoprodutoras no setor *Manufacturing Industries and Construction*, juntamente com o consumo da indústria onde essa energia é gerada como atividade secundária. Pelo fato de não haver disponível a desagregação do consumo energético das Centrais Elétricas Autoprodutoras por

categoria de indústria, optou-se por aloca-las no subsetor *Energy Industries* e não no subsetor *Manufacturing Industries and Construction*, como sugere o procedimento do IPCC.

⇒ Na categoria *Manufacturing Industries and Construction* foram agregados os consumos energético e não energético dos diferentes segmentos da indústria.

⇒ Para o subsetor de Transportes, no modal aéreo, a distinção entre transporte nacional e internacional foi feita de forma detalhada por um estudo da ANAC, que utilizou dados da ANP para as exportações. O BEN costumava agregar a informação de *bunkers* (combustível fornecido às empresas de transporte aéreo para o transporte internacional) dentro da conta de exportações (combustível exportado como mercadoria), mas passou a apresentar a informação de forma desagregada a partir do ano de 1998. Optou-se por adotar as informações fornecidas pela ANAC, por apresentar os dados de *bunker* separados da exportação desde 1990. Os dados não se distanciam muito das informações contidas no BEN, mas apresentam pequenas variações em alguns anos.

⇒ Para o subsetor hidroviário, a distinção entre transporte nacional e internacional é feita somente de forma parcial na linha referente à exportação. Na exportação, estão agregados tanto o combustível que é exportado como mercadoria quanto aquele destinado aos *bunkers* internacionais.

⇒ Para o *Commercial/Institutional Sector* foram agregados os subsetores Comercial e Público. O subsetor *Agriculture Forestry and Fishing* corresponde à Agropecuária.

b) Adequação dos combustíveis

No quadro a seguir, os combustíveis listados na coluna “IPCC” são os descritos no IPCC. Apenas os combustíveis presentes na coluna “MCT - Cálculo” foram considerados para a elaboração dos cálculos das emissões. As observações da última coluna correspondem a:

- A. Combustíveis que mantêm a mesma classificação do IPCC e que são obtidos diretamente do BEN: Querosene de Aviação, Querosene Iluminante, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Nafta, Lubrificantes, Asfalto, Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo, Coque de Petróleo, Gás de Refinaria, Carvão Metalúrgico, Coque de Carvão Mineral, Gás de Coqueria, Gás Natural Seco e Carvão Vegetal.
- B. Combustíveis que foram adicionados à lista do IPCC e que também são obtidos diretamente no BEN: Solventes, Alcatrão, Gás Canalizado, Outras Primárias Fósseis, Lenha para Queima Direta, Lenha para Carvoejamento e Álcool Etílico.

- C. Combustíveis da lista do IPCC que não foram considerados, já que não constam no BEN: *Crude Oil², Orimulsion, Natural Gas Liquids, Shale Oil, Ethane, Oil Shale, Peat, BKB³ & Patent Fuel, Gas Coke, Gas Work Gas, Blast Furnace e Gaseous Biomass.*
- D. Combustíveis informados em um nível mais desagregado que o solicitado no IPCC: Gasolina Automotiva, Gasolina de Aviação, Outros Produtos Energéticos de Petróleo, Bagaço, Resíduos Vegetais, Caldo de Cana, Melaço e Lixívia.
- E. Combustíveis apresentados de forma mais agregada do que a caracterização proposta pelo IPCC: Carvão Vapor.

² *Crude oil* corresponde ao petróleo. Apesar de constar no BEN, esse combustível não é diretamente contabilizado no *Bottom-up* para evitar dupla contagem, uma vez que se contabiliza o carbono contido nos seus derivados.

³ *Brown Coal/Peat Briquettes.*

Tabela A 2 - Equivalência entre os combustíveis do IPCC e do MCT - Cálculo

| IPCC | MCT - Cálculo | Observações |
|------------------------------|--|-------------|
| <i>Crude Oil</i> | | C |
| <i>Orimulsion</i> | | C |
| <i>Natural Gas Liquids</i> | | C |
| <i>Gasoline</i> | Gasolina Automotiva | D |
| | Gasolina de Aviação | D |
| <i>Jet Kerosene</i> | Querosene de Aviação | A |
| <i>Other Kerosene</i> | Querosene Iluminante | A |
| <i>Shale Oil</i> | | C |
| <i>Gas/Diesel Oil</i> | Óleo Diesel | A |
| <i>Residual Fuel Oil</i> | Óleo Combustível | A |
| <i>LPG</i> | GLP | A |
| <i>Ethane</i> | | C |
| <i>Naphta</i> | Nafta | A |
| <i>Lubricants</i> | Lubrificantes | A |
| | Solventes | B |
| <i>Bitumen</i> | Asfalto | A |
| <i>Refinery Feedstocks</i> | Outros Prod. Não Energéticos de Petróleo | A |
| <i>Petroleum Coke</i> | Coque de Petróleo | A |
| <i>Refinery Gas</i> | Gás de Refinaria | A |
| | Outros Energéticos de Petróleo | D |
| <i>Coking Coal</i> | Carvão Metalúrgico | A |
| <i>Anthracite</i> | Carvão Vapor | E |
| <i>Other Bituminous Coal</i> | | |
| <i>Sub-Bituminous Coal</i> | | |
| <i>Lignite</i> | | |
| <i>Oil Shale</i> | | C |
| <i>Peat</i> | | C |
| <i>BKB & Patent Fuel</i> | | C |
| | Alcatrão | B |
| <i>Coke Oven/Gas Coke</i> | Coque de Carvão Mineral | A |
| <i>Gas Work Gas</i> | | C |
| <i>Coke Oven Gas</i> | Gás de Coqueria | A |
| | Gás Canalizado | B |
| <i>Blast Furnace Gas</i> | | C |
| <i>Natural Gas (Dry)</i> | Gás Natural Seco | A |
| | Outras Primárias Fósseis | B |
| <i>Wood/Wood Waste</i> | Lenha para Queima Direta | B |
| | Lenha para Carvoejamento | B |
| <i>Charcoal</i> | Carvão Vegetal | A |
| <i>Solid Biomassa</i> | Bagaço | D |
| | Resíduos Vegetais | D |
| <i>Liquid Biomass</i> | Caldo de Cana | D |
| | Melaço | D |
| | Lixívia | D |
| | Álcool Etílico | B |
| <i>Gaseous Biomass</i> | | C |

Determinação do consumo de combustíveis (Passo 1)

A principal fonte de dados utilizada para a determinação do consumo de combustíveis é o BEN. Anteriormente as informações eram apresentadas no BEN de forma agregada, sendo complementadas pelo Sistema de Informação do Balanço Energético (SIBE) para a obtenção de informação mais detalhada. Atualmente, o BEN possui uma ampla abertura no que se refere à informação de consumo de combustíveis.

Conversão para uma unidade comum de energia (Passo 2)

Na Tabela A3 são listados os fatores de conversão adotados nos cálculos das emissões brasileiras para converter o consumo de combustíveis de unidades em medidas originais para tep. Os fatores utilizados foram obtidos através de publicações do BEN, para o período de 1970 a 1990, e diretamente com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), para os anos de 1990 a 2005.

Tabela A 3 - Fatores de Conversão de unidades naturais para tep

| | Petróleo | Gás Natural Úmido | Gás Natural Seco | Carvão Vapor 3100 | Carvão Vapor 3300 | Carvão Vapor 3700 | Carvão Vapor 4200 | Carvão Vapor 4500 | Carvão Vapor 4700 | Carvão Vapor 5200 | Carvão Vapor 5900 | Carvão Vapor 6000 |
|------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | m ³ | 10 ³ m ³ | 10 ³ m ³ | t | t | t | t | t | t | t | t | t |
| 1970 | 0,856 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1971 | 0,861 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1972 | 0,856 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1973 | 0,856 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1974 | 0,871 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1975 | 0,876 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1976 | 0,873 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1977 | 0,876 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1978 | 0,876 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1979 | 0,876 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1980 | 0,876 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1981 | 0,882 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1982 | 0,884 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1983 | 0,883 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1984 | 0,883 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1985 | 0,886 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1986 | 0,887 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1987 | 0,887 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1988 | 0,882 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1989 | 0,887 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1990 | 0,890 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1991 | 0,889 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1992 | 0,889 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1993 | 0,889 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1994 | 0,889 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1995 | 0,890 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1996 | 0,889 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1997 | 0,893 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1998 | 0,893 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 1999 | 0,886 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 2000 | 0,889 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 2001 | 0,890 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 2002 | 0,890 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 2003 | 0,891 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 2004 | 0,889 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |
| 2005 | 0,874 | 0,993 | 0,880 | 0,295 | 0,310 | 0,350 | 0,400 | 0,425 | 0,445 | 0,490 | 0,560 | 0,570 |

| | Carvão Vapor S. Espec. | Carvão Met. Nac. | Carvão Met. Imp. | Urânio (U3O8) | Outras Não Ren. | En. Hidráulica | Lenha | Caldo de Cana | Melaço | Bagaço de Cana | Lixívia |
|------|------------------------|------------------|------------------|---------------|-----------------|----------------|-------|---------------|--------|----------------|---------|
| | t | t | t | kg | tep | MWh | t | t | t | t | t |
| 1970 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1971 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1972 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1973 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1974 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1975 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1976 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1977 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1978 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1979 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1980 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1981 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1982 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1983 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1984 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1985 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1986 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1987 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1988 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1989 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1990 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1991 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1992 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1993 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1994 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1995 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1996 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1997 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1998 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 1999 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,060 | 0,181 | 0,213 | 0,286 |
| 2000 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,061 | 0,183 | 0,213 | 0,286 |
| 2001 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,062 | 0,184 | 0,213 | 0,286 |
| 2002 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,062 | 0,185 | 0,213 | 0,286 |
| 2003 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,062 | 0,185 | 0,213 | 0,286 |
| 2004 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,061 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |
| 2005 | 0,285 | 0,642 | 0,740 | 10,139 | 1,000 | 0,086 | 0,310 | 0,061 | 0,180 | 0,213 | 0,286 |

| | Outras Rec. Ren. | Óleo Diesel | Óleo Comb. | Gasolina Autom. | Gasolina Aviação | GLP | Nafta | Querosene luminante | Querosene Aviação | Gás de Coqueria | Gás Can. RJ | Gás Can. SP |
|------|------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | tep | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | 10 ³ m ³ | 10 ³ m ³ | 10 ³ m ³ |
| 1970 | 1,000 | 0,857 | 0,920 | 0,774 | 0,746 | 0,614 | 0,781 | 0,819 | 0,819 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1971 | 1,000 | 0,857 | 0,920 | 0,774 | 0,746 | 0,614 | 0,781 | 0,819 | 0,819 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1972 | 1,000 | 0,857 | 0,920 | 0,774 | 0,746 | 0,614 | 0,781 | 0,819 | 0,819 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1973 | 1,000 | 0,857 | 0,920 | 0,774 | 0,746 | 0,614 | 0,781 | 0,819 | 0,819 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1974 | 1,000 | 0,857 | 0,920 | 0,774 | 0,746 | 0,614 | 0,781 | 0,819 | 0,819 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1975 | 1,000 | 0,857 | 0,920 | 0,774 | 0,746 | 0,614 | 0,781 | 0,819 | 0,819 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1976 | 1,000 | 0,857 | 0,940 | 0,774 | 0,746 | 0,614 | 0,715 | 0,819 | 0,819 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1977 | 1,000 | 0,857 | 0,940 | 0,761 | 0,746 | 0,614 | 0,715 | 0,819 | 0,819 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1978 | 1,000 | 0,857 | 0,940 | 0,761 | 0,746 | 0,614 | 0,715 | 0,819 | 0,819 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1979 | 1,000 | 0,857 | 0,940 | 0,774 | 0,746 | 0,614 | 0,715 | 0,819 | 0,819 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1980 | 1,000 | 0,857 | 0,947 | 0,769 | 0,746 | 0,615 | 0,712 | 0,815 | 0,818 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1981 | 1,000 | 0,862 | 0,947 | 0,769 | 0,746 | 0,623 | 0,739 | 0,827 | 0,824 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1982 | 1,000 | 0,865 | 0,960 | 0,770 | 0,746 | 0,623 | 0,734 | 0,829 | 0,823 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1983 | 1,000 | 0,863 | 0,949 | 0,787 | 0,746 | 0,619 | 0,754 | 0,828 | 0,826 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1984 | 1,000 | 0,871 | 0,915 | 0,786 | 0,746 | 0,619 | 0,754 | 0,831 | 0,833 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1985 | 1,000 | 0,868 | 0,957 | 0,793 | 0,746 | 0,620 | 0,754 | 0,837 | 0,838 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1986 | 1,000 | 0,875 | 0,967 | 0,792 | 0,746 | 0,614 | 0,761 | 0,816 | 0,827 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1987 | 1,000 | 0,873 | 0,959 | 0,787 | 0,746 | 0,616 | 0,759 | 0,825 | 0,829 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1988 | 1,000 | 0,870 | 0,970 | 0,794 | 0,763 | 0,616 | 0,754 | 0,821 | 0,823 | 0,430 | 0,871 | 0,450 |
| 1989 | 1,000 | 0,875 | 0,957 | 0,789 | 0,746 | 0,618 | 0,763 | 0,825 | 0,829 | 0,430 | 0,873 | 0,450 |
| 1990 | 1,000 | 0,875 | 0,972 | 0,787 | 0,770 | 0,616 | 0,763 | 0,832 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 1991 | 1,000 | 0,871 | 0,972 | 0,787 | 0,770 | 0,616 | 0,763 | 0,832 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 1992 | 1,000 | 0,871 | 0,972 | 0,787 | 0,770 | 0,616 | 0,763 | 0,832 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 1993 | 1,000 | 0,871 | 0,972 | 0,787 | 0,770 | 0,616 | 0,763 | 0,832 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 1994 | 1,000 | 0,871 | 0,972 | 0,787 | 0,770 | 0,616 | 0,763 | 0,832 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 1995 | 1,000 | 0,871 | 0,972 | 0,787 | 0,770 | 0,616 | 0,763 | 0,832 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 1996 | 1,000 | 0,871 | 0,972 | 0,787 | 0,770 | 0,616 | 0,763 | 0,832 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 1997 | 1,000 | 0,871 | 0,972 | 0,787 | 0,770 | 0,616 | 0,769 | 0,832 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 1998 | 1,000 | 0,862 | 0,965 | 0,781 | 0,770 | 0,613 | 0,769 | 0,826 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 1999 | 1,000 | 0,857 | 0,959 | 0,777 | 0,770 | 0,613 | 0,765 | 0,822 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 2000 | 1,000 | 0,851 | 0,959 | 0,773 | 0,770 | 0,612 | 0,765 | 0,822 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 2001 | 1,000 | 0,848 | 0,959 | 0,770 | 0,770 | 0,611 | 0,765 | 0,822 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 2002 | 1,000 | 0,848 | 0,959 | 0,770 | 0,770 | 0,611 | 0,765 | 0,822 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 2003 | 1,000 | 0,848 | 0,959 | 0,770 | 0,770 | 0,611 | 0,765 | 0,822 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 2004 | 1,000 | 0,848 | 0,959 | 0,770 | 0,770 | 0,611 | 0,765 | 0,822 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |
| 2005 | 1,000 | 0,848 | 0,959 | 0,770 | 0,770 | 0,611 | 0,765 | 0,822 | 0,833 | 0,430 | 0,380 | 0,450 |

| | Coque Carvão Mineral | Urânio C.UO2 | Eletric. | Carvão Vegetal | Álcool Anidro | Álcool Hidrat | Gás de Refinaria | Coque Petróleo | Out. En. Petr. | Out. Sec. Alcatrão | Asfal-tos | Lubrificantes | Solventes | Out. Não En. Petr. |
|------|----------------------|--------------|----------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| | t | kg | MWh | t | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ | m ³ |
| 1970 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,856 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,856 |
| 1971 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,856 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,861 |
| 1972 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,856 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,856 |
| 1973 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,856 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,856 |
| 1974 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,871 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,871 |
| 1975 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,876 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,876 |
| 1976 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,873 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,873 |
| 1977 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,876 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,876 |
| 1978 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,876 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,876 |
| 1979 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,876 | 0,855 | 0,94525 | 0,898 | 0,765 | 0,882 |
| 1980 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,876 | 0,855 | 0,94525 | 0,898 | 0,765 | 0,882 |
| 1981 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,882 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,882 |
| 1982 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,884 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,884 |
| 1983 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,883 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,883 |
| 1984 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,883 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,883 |
| 1985 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,886 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,886 |
| 1986 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,887 | 0,855 | 0,824 | 0,898 | 0,765 | 0,887 |
| 1987 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,887 | 0,855 | 0,945 | 0,898 | 0,765 | 0,887 |
| 1988 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,871 | 0,882 | 0,855 | 0,950 | 0,895 | 0,797 | 0,882 |
| 1989 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,430 | 0,855 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,887 | 0,855 | 0,955 | 0,900 | 0,761 | 0,887 |
| 1990 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,890 | 0,855 | 0,979 | 0,890 | 0,793 | 0,890 |
| 1991 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,889 | 0,855 | 0,979 | 0,890 | 0,793 | 0,889 |
| 1992 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,889 | 0,855 | 0,979 | 0,890 | 0,793 | 0,889 |
| 1993 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,889 | 0,855 | 0,979 | 0,890 | 0,793 | 0,889 |
| 1994 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,889 | 0,855 | 0,979 | 0,890 | 0,793 | 0,889 |
| 1995 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,890 | 0,855 | 0,979 | 0,890 | 0,793 | 0,890 |
| 1996 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,889 | 0,855 | 0,979 | 0,890 | 0,793 | 0,889 |
| 1997 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,893 | 0,855 | 0,979 | 0,890 | 0,793 | 0,893 |
| 1998 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,893 | 0,855 | 0,989 | 0,894 | 0,784 | 0,893 |
| 1999 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,886 | 0,855 | 0,999 | 0,893 | 0,781 | 0,886 |
| 2000 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,889 | 0,855 | 1,009 | 0,892 | 0,781 | 0,889 |
| 2001 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,890 | 0,855 | 1,018 | 0,891 | 0,781 | 0,890 |
| 2002 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,890 | 0,855 | 1,018 | 0,891 | 0,781 | 0,890 |
| 2003 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,890 | 0,855 | 1,018 | 0,891 | 0,781 | 0,890 |
| 2004 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,890 | 0,855 | 1,018 | 0,891 | 0,781 | 0,890 |
| 2005 | 0,690 | 73,908 | 0,086 | 0,646 | 0,534 | 0,510 | 0,655 | 0,873 | 0,890 | 0,855 | 1,018 | 0,891 | 0,781 | 0,890 |

A conversão do consumo de cada combustível, medido em 1000 tep, para uma unidade comum de energia é efetuada multiplicando-se o consumo pelo poder calorífico inferior do combustível (PCI). A unidade comum de energia adotada pelo IPCC é o terajoule (TJ). O uso do PCI do

combustível, ao invés do seu poder calorífico superior (PCS), é necessário, pois os fatores de emissão de carbono recomendados pelo IPCC, em quantidade de carbono por unidade de energia, são definidos com base na energia efetivamente aproveitável do combustível.

O BEN expressa as quantidades dos combustíveis em toneladas equivalentes de petróleo - tep. Um tep representa a energia contida em uma tonelada do petróleo médio consumido, sendo internacionalmente fixado no valor de 10.000 Mcal.

$$1 \text{ tep standard} = 10.000 \text{ Mcal} = 41,868 \times 10^3 \text{ TJ}$$

As edições do BEN até o ano de 2001 consideravam o PCS. As edições mais recentes são apresentadas em PCI e corrigem toda a série histórica, evitando a necessidade de conversão do “tep antigo” (equivalente a 10.800 Mcal) para o “tep novo” (10.000 Mcal).

Fatores de emissão de carbono (Passo 3)

Os fatores de emissão de carbono representam a quantidade de carbono contida no combustível por unidade de energia. Os fatores de emissão de carbono utilizados neste trabalho estão listados na Tabela A4.

Tabela A 4 - Fatores de Emissão (FE) de Carbono Empregados (tC/TJ)

| MCT- Cálculo | FE |
|---|----------------|
| Gasolina Automotiva (a) | 18,9 |
| Gasolina de Aviação (a) | 19,5 |
| Querosene de Aviação (a) | 19,5 |
| Querosene Iluminante (a) | 19,6 |
| Óleo Diesel (a) | 20,2 |
| Óleo Combustível (a) | 21,1 |
| GLP (a) | 17,2 |
| Nafta (a) | 20,0 |
| Asfalto (a) | 22,0 |
| Lubrificantes (a) | 20,0 |
| Solventes (b) | 20,0 |
| Coque de Petróleo (a) | 27,5 |
| Gás de Refinaria (a) | 18,2 |
| Carvão Vapor (b) | 25,8 |
| Carvão Metalúrgico (a) | 25,8 |
| Alcatrão (b) | 25,8 |
| Coque de Carvão Mineral (a) | 29,5 |
| Gás de Coqueria (c) | 11,7 |
| Gás Canalizado (c) | Vide Tabela A5 |
| Gás Natural Seco (a) | 15,3 |
| Outros Produtos Energéticos de Petróleo (a) | 20,0 |
| Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo (b) | 20,0 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis (b) | 20,0 |
| Lenha para Queima Direta (c) | 28,9 |
| Lenha para Carvoejamento (c) | 13,45 |
| Carvão Vegetal (c) | 29,1 |
| Resíduos Vegetais (b) | 29,9 |
| Bagaço de Cana (c) | 26,5 |
| Caldo de Cana (b) | 20,0 |
| Melaço (b) | 20,0 |
| Álcool Etílico (c) | 18,8 |
| Lixívia (a) | 20,0 |

A maior parte dos fatores apresentados na Tabela A4 é extraída do IPCC (1997) e está classificada com a letra (a). As exceções foram classificadas com a letra (b) - fatores que foram adaptados do IPCC - e com a letra (c) - fatores que foram calculados no âmbito deste trabalho.

Fator de emissão do tipo (b):

Para os **Outros Produtos Não Energéticos do Petróleo e Solventes**⁴ foi adotado o fator de emissão do *Other Oil*, definido no IPCC.

Para o **Carvão Vapor** foi adotado o mesmo fator de emissão do carvão betuminoso (*Other Bituminous Coal*).

Para o **Alcatrão** obtido como subproduto da transformação do carvão metalúrgico em coque, uma vez que não há recomendação do IPCC, adotou-se o mesmo fator de emissão do Carvão Metalúrgico (*Coking Coal*).

É desconhecida a composição das fontes incluídas nas **Outras Fontes Primárias Fósseis**. Sendo assim, adotou-se o mesmo fator de emissão do petróleo (*Crude Oil*).

Para os **Resíduos Vegetais**, utilizam-se os fatores de emissão do *Other Solid Biomass*.

Para o **Caldo de Cana** e o **Melaço**, usa-se o fator de emissão do *Liquid Biomass*.

Fator de emissão do tipo (c):

Para o **Gás de Coqueria** foi utilizado um teor de carbono de 0,193 kg/m³ e PCI igual a 16,48 MJ/m³.

Para a **Lenha para Queima Direta** foi calculado o fator com base no teor de carbono na madeira (0,496) e no PCI (4.320 kcal/kg), usando dados da publicação SPT 008/1982 da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC.

Para a **Lenha para Carvoejamento**, consumida nas carvoarias durante o processo de carvoejamento (*Firewood to Charcoal Production*), utilizou-se o fator de emissão de 13,45 tC/TJ, cujo cálculo será descrito em seguida.

Nas carvoarias, há a transformação de lenha em carvão vegetal, com a conseqüente emissão de CO₂. A quantidade de carbono emitida é a diferença entre o carbono contido na Lenha para Carvoejamento e o carbono contido no Carvão Vegetal produzido.

$$\omega_{Carvoaria}^{CO_2} = V_{lenha} - V_{carvão\ vegetal}$$

Eq. 2

⁴ No Primeiro Inventário, adotou-se uma abordagem mais agregada de combustíveis, na qual a conta "Outros Produtos Secundários do Petróleo" incluía Solventes e Outros Produtos Energéticos de Petróleo (que corresponde a *Refinery Feedstocks*). Não houve, portanto, alteração no fator de emissão adotado; apenas uma maior desagregação dos combustíveis listados.

Onde

$\omega_{carvoaria}^{CO_2}$ = emissão de carbono da carvoaria (tC);

m_{lenha} = carbono total contido na lenha que vai para o carvoejamento (tC);

$m_{carvão\ vegetal}$ = carbono contido no Carvão Vegetal produzido (tC).

Considerando os valores de 0,5 e 0,87, respectivamente, para a fração mássica de carbono da Lenha e do Carvão Vegetal, em base seca (IPCC, 1995), definiu-se o carbono total contido na lenha como:

$$\begin{aligned} V_{lenha} &= 0,5 \cdot 0,75 \cdot m_{lenha} = \\ V_{lenha} &= 0,375 \cdot m_{lenha} \end{aligned} \quad \text{Eq. 3}$$

sendo 0,75 o fator que permite obter a massa da lenha em base seca, considerando-se 25% de umidade, e m_{lenha} , a massa da lenha.

Já o carbono contido no Carvão Vegetal, considerando 0,87 a sua fração mássica de carbono e sendo $m_{carvão\ vegetal}$ a massa do Carvão Vegetal, pode ser calculado como:

$$V_{carvão\ vegetal} = 0,87 \cdot m_{carvão\ vegetal} \quad \text{Eq. 4}$$

Substituindo-se as equações 5 e 6 na equação 4, tem-se:

$$\omega_{Carvoaria}^{CO_2} = 0,375 \cdot m_{lenha} - 0,87 \cdot m_{carvão\ vegetal} \quad \text{Eq. 5}$$

Para se obter as emissões da carvoaria, falta definir a relação entre a massa de lenha que entra na carvoaria e a massa de carvão vegetal resultante do processo de carvoejamento. Partiu-se da informação, contida no BEN, de que o conteúdo energético do carvão que sai da carvoaria corresponde a aproximadamente 0,4 o conteúdo energético da lenha que entra no sistema⁵. Foram adotados os valores de PCI do Carvão Vegetal⁶ e da Lenha de, respectivamente, 6.750 kcal/kg (com 0% de umidade) e 4.320 kcal/kg (com 25% de umidade).

Então,

$$\text{Energia contida na massa de carvão vegetal} = 0,36 \times \text{Energia contida na massa de lenha}$$

Ou

$$6.750 \frac{kcal}{kg} \cdot m_{carvão\ vegetal} = 0,36 \cdot 4.320 \frac{kcal}{kg} m_{lenha} \quad \text{Eq. 6}$$

⁵ Energia com base no PCI.

⁶ CETEC (Publicação SPT/008, 1982).

Donde

$$m_{\text{carvão vegetal}} = 0,230 \cdot m_{\text{lenha}} \quad \text{Eq. 7}$$

Aplicando o resultado da Equação 9 na Equação 7, tem-se:

$$\begin{aligned} \omega_{\text{Carvoaria}}^{\text{CO}_2} &= 0,375 \cdot m_{\text{lenha}} - 0,87 \cdot 0,230 \cdot m_{\text{lenha}} = \\ \omega_{\text{Carvoaria}}^{\text{CO}_2} &= 0,17455 \cdot m_{\text{lenha}} \end{aligned} \quad \text{Eq. 8}$$

Agora, o fator de emissão de CO₂ da lenha consumida na carvoaria ($\varepsilon_{\text{lenha/carv}}^{\text{CO}_2}$) pode ser definido como:

$$\varepsilon_{\text{lenha/carv}}^{\text{CO}_2} = \frac{\omega_{\text{Carvoaria}}^{\text{CO}_2}}{\text{Energia}_{\text{Carvoaria}}} \quad \text{Eq. 9}$$

Onde

$\omega_{\text{Carvoaria}}^{\text{CO}_2}$ = emissões devidas ao consumo da lenha na carvoaria (tC)

$\text{Energia}_{\text{Carvoaria}}$ = energia correspondente ao consumo de lenha na carvoaria (TJ).

Finalmente

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{lenha/carv}}^{\text{CO}_2} &= \left(\frac{0,17455 \cdot m_{\text{lenha}}}{m_{\text{lenha}} \cdot 0,310 \cdot 41,868 \cdot 10^{-3}} \right) = \\ \varepsilon_{\text{lenha/carv}}^{\text{CO}_2} &= 13,45 \text{ tC/TJ} \end{aligned} \quad \text{Eq. 10}$$

onde o valor de 0,310 é o fator de conversão de toneladas de Lenha para tep (BEN 2010, pág. 51) e o valor 41,868x10⁻³ é o fator de conversão de tep para TJ.

Para o **Álcool Etílico** o cálculo do fator de emissão considerou um teor de carbono de 0,522 kgC/kg álcool e um PCI de 6.636 kcal/kg álcool.

No caso do **Bagaço**, o cálculo do fator de emissão considerou um teor de carbono de 0,443 kgC/kg álcool e um PCI de 4.200 kcal/kg álcool.

No caso do **Gás Canalizado** o fator de emissão calculado variou anualmente, sendo os valores apresentados na Tabela A5 para o período de 1970 a 2002.

Tabela A 5 - Valores do Coeficiente de Emissão do Gás de Cidade por ano

| ANO | tC/TJ | ANO | tC/TJ |
|------|-------|------|-------|
| 1970 | 23,5 | 1987 | 17,7 |
| 1971 | 22,9 | 1988 | 18,0 |
| 1972 | 21,7 | 1989 | 17,6 |
| 1973 | 21,0 | 1990 | 17,6 |
| 1974 | 20,1 | 1991 | 17,7 |
| 1975 | 20,0 | 1992 | 17,2 |
| 1976 | 20,0 | 1993 | 17,5 |
| 1977 | 20,0 | 1994 | 17,0 |
| 1978 | 20,0 | 1995 | 16,9 |
| 1979 | 20,0 | 1996 | 17,0 |
| 1980 | 20,0 | 1997 | 17,1 |
| 1981 | 20,0 | 1998 | 15,3 |
| 1982 | 20,0 | 1999 | 15,3 |
| 1983 | 18,7 | 2000 | 15,3 |
| 1984 | 17,7 | 2001 | 15,3 |
| 1985 | 17,9 | 2002 | 15,2 |
| 1986 | 17,8 | | |

Para o **Carvão Vegetal**, foram utilizados os balanços de massa e carbono, com base em dados do CETEC (Publicação SPT/008, 1982). Foi adotado o teor de carbono de 0,821 e um valor de 6.750 kcal/kg para o PCI.

Determinação do carbono estocado (Passo 4)

Nem todo combustível consumido destina-se ao uso energético. Parte dele vai para o consumo não energético, ou seja, o combustível não é consumido na geração de energia, mas como matéria-prima, como lubrificante ou outros usos. É o caso da Nafta para a fabricação de plásticos, do Gás Natural para a indústria química, etc. Na metodologia do IPCC, esse carbono é denominado como “estocado” (*stored carbon*), e deve ser subtraído do carbono contido no consumo final dos combustíveis, em cada setor. Trata-se de determinar o CS_{bi} da Eq. 1.

Como, no BEN, os combustíveis consumidos para fins não energéticos estão todos reunidos na categoria de consumo não energético, é necessário identificar-se a quantidade de carbono do consumo não energético que não será emitido. Sendo assim, a determinação de CS_{bi} fica reduzida à determinação de CS_b . O carbono estocado CS_b é calculado segundo a equação abaixo:

$$CS_b = C_b^{\bar{n}E} * FC_b * \varepsilon_b^{CO_2} * 10^{-3} * \varphi_b \quad \text{Eq. 11}$$

Onde,

CS_b = carbono estocado no combustível b (Gg C);

C_b^{nE} = quantidade de combustível para uso não energético (tep);

FC_b = fator de conversão de tep para TJ (TJ/tep);

$\varepsilon_b^{\text{CO}_2}$ = fator de emissão de carbono (tC/TJ);

φ_b = fração de carbono estocada para o combustível b .

O cálculo do carbono estocado requer, portanto, a determinação das quantidades de combustíveis destinadas ao uso não energético e das frações destas quantidades que efetivamente se mantêm fixadas aos bens produzidos (*fraction of carbon stored*). É o que será visto a seguir.

Quantidades de combustíveis para uso não energético

Os combustíveis que apresentam Consumo Não Energético são: Gás Natural, Nafta, Querosene Iluminante, Álcool Etílico, Gás de Refinaria, Asfalto, Lubrificantes, Outros Produtos Não Energéticos do Petróleo e Alcatrão.

Fração de carbono estocada

Para os combustíveis com uso não energético no Brasil, que têm recomendação do IPCC quanto à fração de carbono estocada, foram utilizados os valores sugeridos.

Para os que não têm recomendação do IPCC, Querosene Iluminante, Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo, Solventes e Álcool Etílico, foi utilizado o valor unitário, o que significa dizer que foi estocada a totalidade desses combustíveis de uso não energético.

Os valores utilizados para a fração de combustível estocada são resumidos na tabela seguinte:

Tabela A 6 - Frações de carbono estocado - (φ_b) - Brasil

| Combustível de uso não energético | Fração C estocada |
|---|-------------------|
| Querosene Iluminante | 1,00 |
| Nafta | 0,75 |
| Lubrificantes | 0,50 |
| Gás de Refinaria | 1,00 |
| Alcatrão | 0,75 |
| Gás Natural | 0,33 |
| Asfalto | 1,00 |
| Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo | 1,00 |
| Solventes | 1,00 |
| Álcool Etílico | 1,00 |

Planilha auxiliar para cálculo do carbono estocado

A quantidade de carbono estocado por combustível (CS_b) é calculada na planilha auxiliar, conforme a Eq. 11, e relatada na planilha principal. Para o nível de agregação solicitado pelo IPCC na abordagem *Bottom-up*, o carbono estocado é contabilizado no subsetor Industrial. Para o nível de agregação compatível com o BEN, o carbono estocado é contabilizado no subsetor não energético.

Para o cálculo do carbono estocado na planilha auxiliar, são utilizadas as frações de carbono estocado conforme o item anterior. Essas frações referem-se somente ao Consumo Não Energético. Na planilha principal, há uma coluna para relatar uma fração de carbono estocado. Não se trata da mesma fração da planilha auxiliar. Nesta, a fração φ_b refere-se ao Consumo Não Energético e, na principal, a fração φ_b^* refere-se ao consumo total (energético⁷ mais não energético). A fração de carbono estocado da planilha auxiliar é a que foi referenciada no item anterior, enquanto que a fração de carbono estocado da planilha principal é deduzida como descrito a seguir:

$$\varphi_b^* = \frac{CS_b}{C_{\text{conteúdo}}} = \frac{C_b^{\text{nE}} * FC_b * \varepsilon_b^{\text{CO}_2} * 10^{-3} * \varphi_b}{C_b * FC_b * \varepsilon_b^{\text{CO}_2} * 10^{-3}} = \frac{C_b^{\text{nE}}}{C_b} * \varphi_b \quad \text{Eq. 12}$$

Assim, a fração de carbono estocada na planilha principal não é um valor fixo, mas depende do percentual do combustível b que tem uso não energético, variando de ano para ano, portanto.

Correção dos valores para considerar a combustão incompleta (Passo 5)

A diferença entre o carbono contido no combustível consumido e aquele estocado em produtos não energéticos representa o carbono disponível para ser emitido na combustão. Porém, nem todo esse carbono será oxidado, uma vez que, na prática, a combustão nunca ocorre de forma completa, deixando inoxidada uma pequena quantidade de carbono, que se incorpora às cinzas ou a outros subprodutos.

Na metodologia do IPCC, esse fato é levado em consideração no cálculo das emissões reais, multiplicando-se o carbono disponível para a emissão pela fração de carbono oxidada na combustão.

A Tabela 6 apresenta os valores adotados neste trabalho para a fração de carbono oxidada na combustão.

Foram utilizados os valores recomendados pelo IPCC: 0,98 para carvões, 0,99 para o petróleo e seus derivados e 0,995 para o gás natural.

⁷ Corresponde aos setores de Cimento, Ferro-gusa e Aço, Ferro-Ligas, Mineração e Pelotização, Não Ferrosos, Química, Alimentos e Bebidas, Têxtil, Papel e Celulose, Cerâmica e Outros.

Tabela A 7 - Frações de carbono oxidado empregadas

| Combustível | Fração Oxidação |
|--|-----------------|
| Gasolina Automotiva (a) | 0,99 |
| Gasolina de Aviação (a) | 0,99 |
| Querosene de Aviação (a) | 0,99 |
| Querosene Iluminante (a) | 0,99 |
| Óleo Diesel (a) | 0,99 |
| Óleo Combustível (a) | 0,99 |
| GLP (a) | 0,99 |
| Nafta (a) | 0,99 |
| Lubrificantes (a) | 0,99 |
| Solventes (b) | 0,99 |
| Coque de Petróleo (a) | 0,99 |
| Gás de Refinaria (b) | 0,99 |
| Carvão Vapor (a) | 0,98 |
| Carvão Metalúrgico (a) | 0,98 |
| Alcatrão (a) | 0,99 |
| Coque de Carvão Mineral (b) | 0,98 |
| Gás de Coqueria (b) | 0,99 |
| Gás Canalizado (b) | 0,99 |
| Gás Natural Úmido (a) | 0,995 |
| Gás Natural Seco (a) | 0,995 |
| Asfalto (b) | 0,99 |
| Outros Energéticos de Petróleo (a) | 0,99 |
| Outros Não Energéticos de Petróleo (a) | 0,99 |
| Outras Fontes Primárias Fósseis (b) | 0,98 |
| Carvão Vegetal (c) | 0,98 |
| Resíduos Vegetais (c) | 0,98 |
| Bagaço (c) | 0,98 |
| Lenha Queima Direta | 0,97 |
| Lenha Carvoejamento | 0,975 |
| Álcool Etílico (c) | 0,99 |
| Lixívia (c) | 0,99 |

Conversão do carbono oxidado em emissões de CO₂ (Passo 6)

Os cálculos até aqui descritos permitem calcular as emissões em termos da quantidade de carbono liberada na queima do combustível. A sua conversão para emissões de CO₂ é facilmente obtida, multiplicando-se as emissões em termos de carbono pela razão entre os pesos moleculares do CO₂ e do carbono, isto é 44/12.

EMISSÕES DE GASES NÃO-CO₂ - ABORDAGEM BOTTOM-UP - PARTE II

No IPCC, estão relacionados três métodos (*Tier 1*, *Tier 2* e *Tier 3*) para o cálculo das emissões de gases não-CO₂, a saber, CH₄ (metano), N₂O (óxido nitroso), NO_x, (óxidos de nitrogênio), CO (monóxido de carbono) e NMVOC (compostos orgânicos voláteis não metânicos).

As emissões dos gases não-CO₂ não dependem somente do tipo de combustível utilizado, mas também da tecnologia de combustão, das condições de operação, das condições de manutenção do equipamento, da sua idade, etc. Sendo assim, o cálculo mais preciso das emissões de gases não-CO₂ exige dados mais desagregados e metodologia detalhada (*Tier 2* e *Tier 3*). No entanto, como essas informações nem sempre existem, foi desenvolvido um método simplificado (*Tier 1*) para avaliar tais emissões, a partir somente de informações sobre consumo de energia por setor. O método detalhado *Tier 2*, que utiliza fatores de emissão para classes de equipamentos e combustíveis por setor, foi aplicado na maior parte dos usos finais de combustíveis. O *Tier 1* foi utilizado em alguns casos onde não existiam dados disponíveis, tecnologias ou combustíveis equivalentes. Para a Gasolina e o Álcool Etílico consumidos no modo de transporte rodoviário foram utilizados fatores de emissão específicos do país desenvolvidos no módulo de transportes de veículos leves e que pode ser classificado como um método *Tier 3*.

Não foi realizado o cálculo das emissões de gases não-CO₂ relativas ao consumo de combustíveis para fins não energéticos, uma vez que estas emissões são contempladas no setor de Processos Industriais.

As emissões totais de cada gás não-CO₂, pelas fontes estacionárias do setor energético, podem ser estimadas como:

$$\Omega^{n-CO_2} = \sum_i \omega_i^{n-CO_2} \quad \text{Eq. 13}$$

Onde

Ω^{n-CO_2} = emissões anuais totais de gases não-CO₂ do setor energético (kg);

$\omega_i^{n-CO_2}$ = emissões anuais de gases não-CO₂ do setor ou subsetor *i*.

As emissões de gases não-CO₂ de cada setor ou subsetor dependem, como foi afirmado, do tipo de combustível consumido, dos equipamentos de uso final, das condições de utilização, enfim, de uma série de fatores. Tecnologias diferentes, consumindo a mesma quantidade de um mesmo tipo de combustível para satisfazer o mesmo uso final, podem produzir diferentes emissões de gases não-CO₂. Desse modo, as emissões variam de acordo com as especificações dos equipamentos de consumo, que vão desde parâmetros técnicos, como, por exemplo, a taxa de admissão de ar na combustão de uma caldeira, o desenho da câmara de combustão, o tipo de queimador, até variáveis como a idade do equipamento, a sua manutenção e operação.

Com base nessas considerações, as emissões de cada gás não-CO₂ podem ser expressas como:

$$\omega_i^{n-CO_2} = \sum_b \sum_j \varepsilon_{bij}^{n-CO_2} * C_{bij} \quad \text{Eq. 14}$$

Onde

C_{bij} = consumo anual real do combustível do tipo b utilizado pelo setor ou atividade i , para a destinação ou uso final j (TJ);

$\varepsilon_{bij}^{n-CO_2}$ = fator de emissão do gás não-CO₂, por unidade de energia contida no combustível do tipo b , utilizado pelo setor ou atividade i , para a destinação ou uso final j (t/TJ).

Pode-se determinar o consumo de um dado combustível b , consumido pelo setor i , para atender a destinação ou no uso final j , como

$$C_{bij} = C_{bi} * f_{bij} \quad \text{Eq. 15}$$

Onde

C_{bi} = consumo do combustível b no setor i ;

f_{bij} = coeficiente de destinação de uso final do combustível do tipo b , utilizado no setor ou atividade i , para a destinação ou uso final j .

Assim, pode-se reescrever a Eq. 14 como

$$\omega_i^{n-CO_2} = \sum_b \sum_j \varepsilon_{bij}^{n-CO_2} * C_{bi} * f_{bij} \quad \text{Eq. 16}$$

Definindo-se

$$\omega_{bij}^{n-CO_2} = \varepsilon_{bij}^{n-CO_2} * C_{bi} * f_{bij} \quad \text{Eq. 17}$$

pode-se associar o termo $\omega_{bij}^{n-CO_2}$ às emissões de gases não-CO₂, derivadas do consumo do combustível b , para atender a destinação ou uso final j no setor ou atividade i .

A Eq. 16 pode ser reescrita de uma forma ainda mais detalhada, para que as tecnologias de consumo também sejam consideradas:

$$\omega_i^{n-CO_2} = \sum_b \sum_j \sum_k \varepsilon_{bijk}^{n-CO_2} * C_{bi} * f_{bij} * g_{ijk} \quad \text{Eq. 18}$$

Onde

$\varepsilon_{bijk}^{n-CO_2}$ = fator de emissão do gás não-CO₂, por unidade de energia contida no combustível do tipo b , utilizado pelo setor ou atividade i , para a destinação ou uso final j , através da tecnologia k (t/TJ);

g_{ijk} = coeficiente de destinação de tecnologia, que representa a fração, no setor i , para destinação ou uso final j , que é atendida pela tecnologia k .

Definindo-se

$$\omega_{bjk}^{n-CO_2} = \varepsilon_{bjk}^{n-CO_2} * C_{bi} * f_{bij} * g_{jk} \quad \text{Eq. 19}$$

pode-se associar o termo $\omega_{bjk}^{n-CO_2}$ às emissões de gases não- CO_2 , derivadas do consumo do combustível b , no setor ou atividade i , para a destinação ou uso final j , através da tecnologia k .

O emprego da metodologia *Bottom-up* do IPCC para o cálculo das emissões de gases não- CO_2 , portanto, abrange os seguintes passos:

1. Determinação do consumo real dos combustíveis, nas suas unidades de medida originais;
2. Determinação da destinação ou uso final dos combustíveis em cada setor (ou subsetor) analisado;
3. Determinação da tecnologia empregada no atendimento de cada destinação ou uso final de cada setor (ou subsetor);
4. Conversão do consumo real por destinação e por tecnologia para uma unidade de energia comum (TJ);
5. Multiplicação pelo fator de emissão específico para o gás não- CO_2 emitido pelo combustível, quando consumido na tecnologia empregada, no atendimento à destinação específica.

As emissões totais do país são dadas pelo somatório das emissões de cada subsetor (ou setor).

Determinação do consumo

Coeficientes de destinação de uso final

Para a determinação dos coeficientes de destinação de uso final dos energéticos em cada setor (ou subsetor), foram utilizadas as publicações do Balanço de Energia Útil (BEU) de 1985, 1995 e 2005, cujos coeficientes de destinação ali expressos se baseiam em dados de consumo dos anos de 1983, 1993 e 2003, respectivamente. Admite-se no BEU que as transformações estruturais são captadas no médio e longo prazo e por essa razão o BEU é atualizado a cada dez anos.

Uma vez que o Inventário se estende de 1990 a 2005, foi feita uma interpolação⁸ dos dados de coeficientes de destinação disponíveis para se obter dados anuais. Para os anos posteriores a

⁸ A interpolação foi feita mediante o uso de um *software* desenvolvido pela OSCIP e&e.

2003, os dados desse ano foram adotados e mantidos constantes.

As destinações listadas no BEU são: Força Motriz (FM), Calor de Processo (CP), Aquecimento Direto (AD), Iluminação (I), Eletroquímica (E), Refrigeração (R)⁹ e Outros (O).

As destinações foram obtidas diretamente do BEU, com o mesmo nível de agregação setorial deste relatório, ou seja, com o nível de agregação do BEN. No caso do setor de Mineração e Pelotização, para o qual o BEU apresenta fatores distintos para mineração e para a pelotização, foram adotadas as médias ponderadas, também fornecidas pelo BEU. O mesmo procedimento foi adotado para o setor de Não-Ferrosos e Outras da Metalurgia, em que o BEU distingue a indústria de metais não-ferrosos da indústria de alumínio, e para o setor de Alimentos e Bebidas, para o qual se apresentam coeficientes diferenciados para a indústria de açúcar.

Finalmente, os coeficientes de destinação da fonte “Outras Secundárias de Petróleo” foram utilizados para o Gás de Refinaria, Coque de Petróleo e Outros Produtos Energéticos de Petróleo. Do mesmo modo, os coeficientes das destinações da fonte “Outras Fontes Primárias” foram utilizados para a Lixívia, Resíduos Vegetais e Outras Fontes Primárias Fósseis; os do “Gás”, para o Gás de Coqueria e o Gás Canalizado; e os dos “Produtos da Cana”, para o Bagaço.

Ainda no que se refere à fonte “Outros Energéticos de Petróleo” foi assumido um coeficiente de destinação de 100% para a destinação de Força Motriz no subsetor Rodoviário para os anos de 1990 a 1995 em que se verificou o consumo de metanol e MTBE, embora não explicitado no BEN.

Coefficientes de destinação de tecnologia

A determinação das emissões de gases não-CO₂ das tecnologias de consumo, por setor inventariado, divide-se em duas partes:

- Identificação do tipo de tecnologia empregado na destinação do setor:
 - na destinação Calor de Processo, pode tratar-se de caldeiras ou aquecedores e
 - na destinação Aquecimento Direto, de fornos ou secadores.
- Identificação do equipamento a partir do qual se obtém o fator de emissão da tecnologia: por exemplo, caldeira de médio porte ou caldeira de grande porte; motor a diesel com potência acima de 600hp, etc.

Para a determinação das tecnologias empregadas em cada uso final e em cada setor, utilizou-se como referência básica o Balanço de Energia Útil nas suas três publicações disponíveis. O BEU,

⁹ Os dados de uso de combustíveis para Refrigeração só passaram a ser divulgados na publicação do BEU de 2004.

além de contemplar as destinações dos energéticos nos setores, contém os resultados de uma pesquisa de campo aplicada aos setores de consumo de energia, visando a determinação da tecnologia utilizada nesses setores.

Com relação aos equipamentos a partir dos quais foram obtidos os fatores de emissão, procurou-se adaptar as tecnologias de combustão discriminadas no IPCC ao setor energético brasileiro. A lista de equipamentos, por setores de consumo final e transformação de energia, inclui caldeiras a óleo combustível, a carvão, a lenha, a gás natural e a bagaço, alto-fornos a coque e a carvão vegetal, fornos a óleo, a carvão e a gás natural, etc. Como não existem informações para muitos desses equipamentos e tecnologias utilizados, algumas adaptações foram feitas.

Fatores de emissão das tecnologias

Os fatores de emissão adotados são fatores médios aproximados. Para o estabelecimento de fatores de emissão mais precisos para os gases não-CO₂, deveriam ser consideradas outras variáveis, como a diferenciação da tecnologia de consumo do combustível e as condições de operação e de manutenção dos equipamentos de uso final e de controle. Como dados nesse nível de detalhamento não são produzidos no país, só foi possível empregar valores médios.

Os fatores de emissão utilizados no cálculo das emissões de gases não-CO₂ referentes à abordagem detalhada (*Tier 2*) encontram-se nos relatórios *1995 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 1995) e *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 1997). O segundo relatório foi adotado, preferencialmente, como referência para os fatores de emissão, sendo o primeiro utilizado de forma complementar para os fatores de emissão inexistentes na versão revisada. Persistindo a inexistência de fatores de emissão na abordagem detalhada (*Tier 2*), utilizaram-se os fatores *default* da abordagem simplificada (*Tier 1*) do IPCC (1997). Algumas adaptações, no entanto, mostraram-se necessárias diante das particularidades dos setores e dos combustíveis. Para a Gasolina e o Álcool Etílico consumidos no modo de transporte rodoviário foram utilizados fatores de emissão específicos do Brasil.

Serão apresentados, a seguir, os fatores de emissão utilizados no cálculo das emissões para cada subsetor de atividade: subsetor Energético (sem termelétricas e carvoarias), subsetor Comercial e Público, subsetor Residencial, subsetor Agropecuário, geração termelétrica, carvoarias e subsetor Industrial.

Para cada subsetor, existe uma tabela com os fatores de emissão segundo a destinação (com a correspondente tecnologia predominante): Força Motriz, Calor de Processo, Aquecimento Direto e Iluminação.

As tabelas estruturam-se em sete colunas:

- Na coluna “Comb.”, encontram-se os combustíveis para os quais existe consumo na destinação específica do subsetor. Os combustíveis que aparecem agrupados são aqueles a que foram atribuídos os mesmos fatores de emissão.
- Na coluna “Gás”, estão listados os cinco gases não-CO₂ inventariados.
- Na coluna “FE kg/TJ”, estão os fatores de emissão em quilograma por terajoule.
- Na coluna “Pág.”, estão os números das páginas do relatório (*Guidelines 1995*, *Guidelines 1996* e CORINAIR) de onde foram extraídos os fatores de emissão.
- Na coluna “Aplicabilidade”, encontram-se as categorias para as quais o fator de emissão pode ser aplicado.
- Na coluna “Tier” encontram-se as abordagens para as quais foram desenvolvidos os fatores de emissão: (1) para a abordagem simplificada *Tier 1*; (2) para a abordagem detalhada *Tier 2*; e (3) para a abordagem detalhada *Tier 3*.
- Na coluna “Fonte” estão listadas as publicações de onde foram tirados os fatores de emissão: (a) para o *Guidelines 1996*; (b) para o *Guidelines 1995*; (c) para os FE calculados no módulo de cálculo das emissões veiculares; (d) para o CORINAIR¹⁰ e (e) para o *Guidelines 2006*.

Abaixo das tabelas, quando necessário, foram adicionados comentários para esclarecer alguns critérios de escolha de determinados fatores de emissão.

¹⁰ Programa de Inventário de Emissões estabelecido pela União Européia.

Subsetor Energético¹¹

- Força Motriz

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|---|------------------|----------|---------------------|---|------|-------|
| • Gás Natural | CO | 46 | 1.53 | <i>Utility Boiler Source Performance/Large Gas Fired Gas Turbines >3MW</i> | 2 | b |
| | CH ₄ | 6 | | | | |
| | NO _x | 190 | | | | |
| | N ₂ O | 2 | 29 e 30 / Cap. B111 | | d | |
| | NMVOG | 5 | | | | |
| • Óleo Diesel | CO | 350 | 1.53 | <i>Utility Boiler Source Performance/Large Diesel Fuel Engines > 600hp</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 4,0 | | | | |
| | NO _x | 1.300 | | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | <i>Energy Industries / Oil</i> | 1 | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |
| • GLP • Gás de Refinaria | CO | 350 | 1.53 | <i>Utility Boiler Source Performance/Large Diesel Fuel Engines > 600hp</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 4,0 | | | | |
| | NO _x | 1.300 | | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Energy Industries / Natural Gas</i> | 1 | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |
| • Coque de Petróleo • Outros Energéticos de Petróleo | CO | 15 | 1.40 | <i>Energy Industries / Oil</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 3 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 200 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |

Para os motores a combustível líquido ou gasoso, foram utilizados, quando possível, os fatores de emissão do *Large Diesel Fuel Engines > 600hp*. Para os gases para os quais os fatores de emissão não estão definidos, usou-se a abordagem simplificada (*Tier 1*). Nesta, os combustíveis são classificados segundo o seu estado físico. Os combustíveis líquidos utilizam os fatores de emissão do *Oil* e os gasosos do *Natural Gas*. Para o GLP, foram utilizados os fatores de emissão do *Natural Gas*, porque, apesar de líquido, é queimado já no estado gasoso.

Para o período de 1994 a 2003, o BEN registra um pequeno consumo final energético de Nafta. No entanto, não se dispõe de qualquer informação que permita determinar a destinação no setor e, por este motivo, optou-se por considerar esse consumo como não energético.

¹¹ O subsetor Energético é o mesmo do BEN, ou seja, não inclui a geração termelétrica nem as carvoarias, que serão tratadas em itens específicos.

- Calor de Processo (100% de caldeiras):

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|--|------------------|----------|------|--|------|-------|
| <ul style="list-style-type: none"> •Gás Natural •Gás de Coqueria •Gás de Refinaria •Gás Canalizado •GLP | CO | 18 | 1.53 | <i>Utility Boiler Source Performance / Natural Gas - Boiler</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 0,1 | | | | |
| | NO _x | 250 | | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Energy Industries / Natural Gas</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> •Óleo Diesel •Querosene Ilum. | CO | 16 | 1.53 | <i>Utility Boiler Source Performance / Distillate Fuel Oil - Normal Firing</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 0,9 | | | | |
| | NO _x | 220 | | | | |
| | N ₂ O | 0,4 | 1.42 | <i>Energy Industries / Oil</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> •Óleo Combustível | CO | 15 | 1.53 | <i>Utility Boiler Source Performance / Residual Fuel Oil - Normal Firing</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 0,9 | | | | |
| | NO _x | 200 | | | | |
| | N ₂ O | 0,3 | 1.42 | <i>Energy Industries / Oil</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> •Coque de Petróleo •Outros Energéticos de Petróleo | CO | 15 | 1.40 | | | |
| | CH ₄ | 3 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 200 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | | | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> •Bagaço | CO | 1706 | 1.39 | <i>Industrial Boiler Performance / Bagasse / Ag. Waste Boilers</i> | 2 | b |
| | CH ₄ | 30 | 1.35 | <i>Energy Industries / Other Biomass</i> | 1 | a |
| | NO _x | 68 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Performance / Bagasse / Ag. Waste Boilers</i> | 2 | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | <i>Energy Industries / Other Biomass</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 50 | 1.42 | | | |

Para o Gás de Coqueria, o Gás de Refinaria, o Gás Canalizado e o GLP, foram utilizados os mesmos fatores de emissão do Gás Natural, pelo estado físico gasoso na hora da queima.

Os processos considerados são a geração de vapor e o aquecimento de fluidos térmicos. Por falta de dados sobre o uso de aquecedor, apenas as caldeiras terão fatores de emissão assinalados. As caldeiras são de grande porte, com temperatura limite superior de 600° C, e a tabela 1-15 (*Utility Boiler Performance*) do IPCC (1997) fornece os fatores de emissão.

- Aquecimento Direto (100% fornos)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|---|------------------|----------|------|--|------|-------|
| •Gás Natural •GLP •Gás Canalizado •Gás de Coqueria •Gás de Refinaria | CO | 83 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens and Dryers Source Perf / Kilns - Natural Gas</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 1,1 | | | | |
| | NO _x | 1111 | | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Energy Industries / Natural Gas</i> | 1 | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |
| •Óleo Diesel •Óleo Combustível •Querosene Ilum. •Outros Energéticos de Petróleo •Coque de Petróleo | CO | 79 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens and Dryers Source Perf / Kilns - Oil</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1,0 | | | | |
| | NO _x | 527 | | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | <i>Energy Industries / Oil</i> | 1 | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |
| •Bagaço | CO | 1000 | 1.40 | <i>Energy Industries / Other Biomass</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 30 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 50 | 1.42 | | | |

Na falta de outras informações, foram utilizados os mesmos fatores de emissão do subsetor industrial, para o equipamento “forno”, considerando-se que os portes dos equipamentos nos dois subsetores, energético e industrial, são equivalentes.

Os fatores de emissão são os da tabela 1-17 do IPCC (1997). Também neste caso os fatores específicos não cobrem o N₂O e NMVOG, sendo representados por fatores *default* cuja comparação com fatores específicos da CORINAIR (capítulos 324 a 333, *Manufacturing Industry*) mostrou diferenças menores do que no caso das caldeiras.

- Iluminação

O subsetor energético apresenta um pequeno consumo de Gás de Refinaria na destinação Iluminação. Como não existe fator de emissão mais apropriado, foram utilizados os fatores de emissão da abordagem simplificada.

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|--|------------------|----------|------|--|------|-------|
| •Gás de Refinaria | CO | 20 | 1.40 | <i>Energy Industries / Natural Gas</i> | 1 | a |
| | CH ₄ | 1 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 150 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |
| •Outros Energéticos de Petróleo •Coque de Petróleo | CO | 15 | 1.40 | <i>Energy Industries / Oil</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 3 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 200 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |

A seguir, a tabela síntese dos fatores de emissão do Subsetor Energético.

Tabela A 8 - Fatores de emissão de gases não-CO₂ no Subsetor Energético

| MOTORES (FORÇA MOTRIZ) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------|
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOC |
| Gás Natural | 46 | 6 | 190 | 2 | 5 |
| Óleo Diesel | 350 | 4,0 | 1300 | 0,6 | 5 |
| GLP e Gás de Refinaria | 350 | 4,0 | 1300 | 0,1 | 5 |
| Coque de Petróleo e Outros Energéticos de Petróleo | 15 | 3 | 200 | 0,6 | 5 |
| CALDEIRAS (CALOR DE PROCESSO) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOC |
| Gás Natural, Gás de Coqueria, Gás Refinaria, Gás Canalização e GLP | 18 | 0,1 | 250 | 0,1 | 5 |
| Óleo Diesel e Querosene Iluminante | 16 | 0,9 | 220 | 0,4 | 5 |
| Óleo Combustível | 15 | 0,9 | 200 | 0,3 | 5 |
| Coque de Petróleo e Outros Energéticos de Petróleo | 15 | 3 | 200 | 0,6 | 5 |
| Bagaço | 1706 | 30 | 68 | 4 | 50 |
| FORNOS (AQUECIMENTO DIRETO) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOC |
| Gás Natural, Gás de Coqueria, Gás Refinaria, Gás Canalizado e GLP | 83 | 1,1 | 1111 | 0,1 | 5 |
| Óleo Diesel, Querosene Iluminante, Óleo Combustível, Outros Energéticos de Petróleo e Coque de Petróleo | 79 | 1,0 | 527 | 0,6 | 5 |
| Bagaço | 1000 | 30 | 100 | 4 | 50 |
| ILUMINAÇÃO | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOC |
| Gás de Refinaria | 20 | 1 | 150 | 0,1 | 5 |
| Outros Energéticos de Petróleo, Coque de Petróleo | 15 | 3 | 200 | 0,6 | 5 |

Subsetores Comercial e Público

O subsetor Público abrange as entidades do poder público e os serviços de utilidade pública. O poder público é composto pelas Forças Armadas, por escolas e hospitais da rede oficial e por órgãos da administração direta e autárquica federal, estadual e municipal. Os serviços de utilidade pública têm como destaque: o tratamento e a distribuição de água, o tratamento de esgotos, o saneamento e a limpeza urbana e a iluminação pública.

O subsetor Comercial, por sua vez, tem um alto grau de heterogeneidade em relação às suas atividades, sendo constituído pelas atividades de comércio - varejista, atacadista, administração de imóveis, etc. - pelos serviços de comunicações e telecomunicações, de transportes (embarque), de alojamento e alimentação, de reparo, manutenção e conservação, pelos serviços pessoais (clínico-hospitalares, ensino, higiene, etc.), serviços comerciais, serviços de diversões, escritórios centrais e regionais de gerência e administração, entidades financeiras, cooperativas, associações / entidades / fundações sem fins lucrativos e por outras atividades não específicas ou não classificadas. No subsetor Comercial, verifica-se grande diversidade quanto à escala dos empreendimentos e quanto ao nível de sofisticação das atividades.

Tanto a primeira versão do relatório do IPCC (1995), quanto a versão revisada (IPCC, 1997), não fornecem fatores de emissão para os equipamentos utilizados no Serviço Público. No entanto, como uma parcela significativa das atividades deste subsetor se assemelha às atividades do subsetor Comercial, foram considerados para ambos os fatores de emissão deste último. Ainda assim, algumas adaptações se mostraram necessárias para a aplicação dos fatores de emissão sugeridos no IPCC (1997):

- Força Motriz

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|--------------|------------------|----------|------|---|------|-------|
| •Óleo Diesel | CO | 0,4 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Performance / Small Stationary Internal Comb. Boiler Diesel < 600hp</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 10 | 1.35 | <i>Commercial/Institutional-Oil</i> | 1 | |
| | NO _x | 1,9 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Performance / Small Stationary Internal Comb. Boiler Diesel < 600hp</i> | 2 | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | <i>Commercial/Institutional-Oil</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |

Na falta de informações sobre motores para o subsetor Comercial, foram utilizados os fatores de emissão para motores de pequeno porte do subsetor Industrial.

O BEU não faz distinção entre querosene iluminante e querosene de aviação. As publicações de 1995 e 2005 atribuíram todo o consumo de querosene no subsetor Público à iluminação. Contudo, a publicação de 1985 atrelou uma parcela significativa do consumo de querosene desse setor à destinação de força motriz. Devido à interpolação feita dos coeficientes de destinação para o período compreendido entre 1983 e 1993, uma pequena parcela do querosene deveria ser alocada para o uso de força motriz. No entanto, não foi possível atribuir um fator de emissão nesse caso e assumiu-se que 100% do consumo de querosene no setor público se devem à iluminação.

O IPCC (1997) apresenta, na Tabela 1-19, fatores de emissão específicos para o subsetor Comercial e recomenda a complementação desses fatores, em geral não disponíveis para N₂O e NMVOC, com fatores *default* das tabelas 1-7 a 1-11.

- Calor de Processo (100% caldeiras)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|---|------------------|----------|------|---|------|-------|
| •Gás Natural •Gás Canalizado | CO | 9,4 | 1.57 | <i>Commercial Source Performance / Natural Gas-Boilers</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1,2 | | | | |
| | NO _x | 45 | | | | |
| | N ₂ O | 2,3 | | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | <i>Commercial/Institutional - Natural Gas</i> | 1 | |
| •GLP | CO | 12 | 1.57 | <i>Commercial Source Performance / Oil-LPG Boilers-Butane</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 5 | 1.35 | <i>Commercial/Institutional-Natural Gas</i> | 1 | |
| | NO _x | 70 | 1.57 | <i>Commercial Source Performance / Oil-LPG Boilers-Butane</i> | 2 | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Commercial/Institutional-Natural Gas</i> | 1 | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |
| •Óleo Diesel | CO | 16 | 1.57 | <i>Commercial Source Performance-Distilate Fuel Oil</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 0,7 | | | | |
| | NO _x | 65 | | | | |
| | N ₂ O | 0,4 | | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | <i>Commercial/Institutional-Oil</i> | 1 | |
| •Óleo Combustível | CO | 15 | 1.57 | <i>Commercial Source Performance / Residual Fuel Oil</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1,4 | | | | |
| | NO _x | 170 | | | | |
| | N ₂ O | 0,3 | | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | <i>Commercial/Institutional-Oil</i> | 1 | |
| •Coque de Petróleo •Outros Energéticos de Petróleo | CO | 20 | 1.40 | | | |
| | CH ₄ | 10 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |
| •Lenha | CO | 199 | 1.41 | <i>Commercial Source Performance / Wood Boilers</i> | 2 | b |
| | CH ₄ | 15 | | | | |
| | NO _x | 33 | | | | |
| | N ₂ O | 4,3 | | | | |
| | NMVOG | 600 | 1.42 | <i>Commercial/Institutional - Wood Waste</i> | 1 | a |

Os fatores de emissão de CO, CH₄ e NO_x para caldeiras encontram-se na Tabela 1-19 do IPCC (1997). Não há fatores indicados para aquecimento de fluidos de trabalho. Os fatores específicos faltantes foram preenchidos com fatores *default*.

O equipamento típico considerado para esta destinação foi a caldeira de médio porte.

O fator de emissão adotado para o Gás Canalizado é o mesmo do Gás Natural.

Assume-se que grande parte do GLP seja butano.

Para a Lenha, foram utilizados os fatores de emissão dos *Wood Boilers* já que a versão revisada só traz fatores de emissão de Lenha para *Incineration*, que não se adequa às características das caldeiras a lenha do subsetor Comercial.

- Aquecimento Direto (100% secadores)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|--|------------------|----------|------|--|------|-------|
| •Gás Natural | CO | 11 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens and Dryers source Perf / Dryer - Natural Gas</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 1,1 | | | | |
| | NO _x | 64 | | | | |
| | N ₂ O | 2,3 | 1.36 | <i>Commercial/Institutional-Natural Gas</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |
| •GLP | CO | 10 | 1.56 | <i>Residential Source Performance Propane/Butane Furnaces</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1,1 | | | | |
| | NO _x | 47 | | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Commercial/Institutional-Natural Gas</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |
| •Gás Canalizado | CO | 18 | 1.56 | <i>Residential Source Performance Natural Gas - Furnaces</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 5 | 1.35 | <i>Commercial/Institutional-Natural Gas</i> | 1 | |
| | NO _x | 43 | 1.56 | <i>Residential Source Performance Natural Gas - Furnaces</i> | 2 | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Commercial/Institutional-Natural Gas</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |
| •Óleo Diesel •Óleo Combustível •Outros Energéticos de Petróleo •Coque de Petróleo | CO | 16 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens and Dryers Source Perf/ Dryer - Oil</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1,0 | | | | |
| | NO _x | 168 | | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | <i>Commercial/Institutional-Oil</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |
| •Carvão Vegetal | CO | 7000 | 1.40 | <i>Commercial/Institutional-Charcoal</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 200 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 1 | 1.36 | | | |
| | NMVOOC | 100 | 1.42 | | | |
| •Lenha | CO | 5000 | 1.40 | <i>Commercial/Institutional - Wood/Wood Waste</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 300 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.57 | | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | | | |
| | NMVOOC | 600 | 1.42 | | | |

A secagem de produtos alimentícios requer temperatura na faixa de 60 a 120° C, característica de processos do subsetor Comercial. Fatores de emissão do subsetor Comercial, por outro lado, se aproximam razoavelmente dos fatores para secadores (*dryers*). Utilizando a conceituação da secagem como processo predominante, foram retirados da Tabela 1-17 os fatores para secadores a óleo (diesel e combustível). Para secadores a lenha e a carvão vegetal foram usados os fatores para fornos do subsetor Comercial.

Foram considerados os fatores de emissão do subsetor Residencial para as fontes GLP e Gás Canalizado, dado o uso desses combustíveis em fogões, à semelhança do que ocorre nesse subsetor.

- Iluminação

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|-----------------------|------------------|----------|------|-------------------------------------|------|-------|
| •Querosene Iluminante | CO | 20 | 1.40 | <i>Commercial/Institutional-Oil</i> | 1 | a |
| | CH ₄ | 10 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |

A tabela a seguir sintetiza os fatores de emissão do Subsetor Comercial/Público.

Tabela A 9 - Fatores de emissão de gases não-CO₂ nos Subsetores Comercial e Público

| MOTORES (FORÇA MOTRIZ) | | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
|---|--|----------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------|
| Combustível | | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG |
| Óleo Diesel | | 0,4 | 10 | 1,9 | 0,6 | 5 |
| CALDEIRAS E AQUECEDORES (CALOR DE PROCESSO) | | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG |
| Gás Natural e Gás Canalizado | | 9,4 | 1,2 | 45 | 2,3 | 5 |
| GLP | | 12 | 5 | 70 | 0,1 | 5 |
| Óleo Diesel | | 16 | 0,7 | 65 | 0,4 | 5 |
| Óleo Combustível | | 15 | 1,4 | 170 | 0,3 | 5 |
| Coque de Petróleo e Outros Energéticos de Petróleo | | 20 | 10 | 100 | 0,6 | 5 |
| Lenha | | 199 | 15 | 33 | 4,3 | 600 |
| SECADORES (AQUECIMENTO DIRETO) | | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG |
| Gás Natural | | 11 | 1,1 | 64 | 2,3 | 5 |
| GLP | | 10 | 1,1 | 47 | 0,1 | 5 |
| Gás Canalizado | | 18 | 5 | 43 | 0,1 | 5 |
| Óleo Diesel, Óleo Combustível, Outros Energéticos de Petróleo e Coque de Petróleo | | 16 | 1,0 | 168 | 0,6 | 5 |
| Lenha | | 5000 | 300 | 100 | 4 | 600 |
| Carvão Vegetal | | 7000 | 200 | 100 | 1 | 100 |
| ILUMINAÇÃO | | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG |
| Querosene Iluminante | | 20 | 10 | 100 | 0,6 | 5 |

Subsetor Residencial

O consumo de combustíveis fósseis no Subsetor Residencial destina-se essencialmente a três usos finais: a cocção de alimentos (Aquecimento Direto), o aquecimento de água (Calor de Processo) e a Iluminação.

- Calor de Processo (aquecedores d'água) (100% aquecimento)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|---|------------------|----------|------|---|------|-------|
| <ul style="list-style-type: none"> •Gás Natural •GLP •Gás Canalizado | CO | 10 | 1.56 | <i>Residential Source Performance / Gas Natural - Gas Heaters</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 1 | | | | |
| | NO _x | 47 | | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Residential - Natural Gas</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |

Os fatores de emissão do *Natural Gas - Gas Heaters* (IPCC, 1997, pág. 1.56) são aplicados ao GLP, ao Gás Natural e ao Gás Canalizado.

- Aquecimento Direto (cocção de alimentos) (100% fornos)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|--|------------------|----------|------|--|------|-------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Gás Natural • Gás Canalizado • GLP | CO | 18 | 1.56 | <i>Residential Source Performance Natural Gas - Furnaces</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 1 | 1.35 | <i>Residential Natural Gas</i> | 1 | |
| | NO _x | 43 | 1.56 | <i>Residential Source Performance Natural Gas - Furnaces</i> | 2 | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Residential Natural Gas</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |
| •Lenha | CO | 10000 | 1.56 | <i>Residential Source Performance Wood - Stoves Conventional</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 210 | | | | |
| | NO _x | 120 | | | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | <i>Residential Wood/Wood waste</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 600 | 1.42 | | | |
| •Carvão Vegetal | CO | 7000 | 1.40 | <i>Residential Charcoal</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 200 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 1 | 1.36 | | | |
| | NMVOOC | 100 | 1.42 | | | |

- - -lo aos demais combustíveis gasosos com os fatores próprios do gás natural.

- Iluminação

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|------------------|------------------|----------|------|------------------------|------|-------|
| •Querosene Ilum. | CO | 20 | 1.40 | <i>Residential Oil</i> | 1 | a |
| | CH ₄ | 10 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | | | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |

A seguir, a tabela com a síntese dos fatores de emissão do Subsetor Residencial.

Tabela A 10 - Fatores de emissão de gases não-CO₂ no Subsetor Residencial

| AQUECEDORES (CALOR DE PROCESSO) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------|
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG |
| Gás Natural, GLP e Gás Canalizado | 10 | 1 | 47 | 0,1 | 5 |
| FORNOS E FOGÕES (AQUECIMENTO DIRETO) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG |
| Gás Natural, Gás Canalizado e GLP | 18 | 1 | 43 | 0,1 | 5 |
| Lenha | 10000 | 210 | 120 | 4 | 600 |
| Carvão Vegetal | 7000 | 200 | 100 | 1 | 100 |
| ILUMINAÇÃO | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG |
| Querosene Iluminante | 20 | 10 | 100 | 0,6 | 5 |

Subsetor Agropecuário

O consumo de combustíveis fósseis no subsetor Agropecuário destina-se essencialmente a três usos finais: a secagem de alimentos (Aquecimento Direto), o aquecimento de água (Calor de Processo) e a Força Motriz.

Como no relatório do IPCC, em sua primeira versão (IPCC, 1995) e na versão revisada (IPCC, 1997), não há fatores de emissão para o subsetor Agropecuário, buscou-se uma adaptação dos fatores de emissão apresentados para outros setores, considerando as similaridades entre os equipamentos utilizados em cada um.

O porte dos equipamentos do subsetor situa-se entre o do subsetor Comercial e o do subsetor Industrial, mas não há correlação que permita calcular uma média ponderada dos fatores conhecidos. O emprego de fatores *default* tem gerado resultados questionáveis, especialmente no que tange a conversão em força motriz. Para contornar essas dificuldades, foram utilizados dados da EPA coletados pelo *Argonne National Laboratories (Overview of GREET Model Development at Argonne)* para confronto com os fatores *default* do IPCC.

- Força Motriz

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|------------------|------------------|----------|------|--|------|-------|
| •Óleo Diesel | CO | 0,4 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. Oil - Small Stationary Int. Comb. Engine - Diesel <600hp</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 10 | 1.35 | <i>Agriculture - Stationary Oil</i> | 1 | |
| | NO _x | 1,9 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. Oil - Small Stationary Int. Comb. Engine - Diesel <600hp</i> | 2 | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | <i>Agriculture - Stationary Oil</i> | 1 | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |
| •Querosene Ilum. | CO | 20 | 1.40 | <i>Agriculture - Stationary Oil</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 10 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |

Consideraram-se para o Óleo Diesel os fatores de emissão do subsetor *Industrial Oil - Small Stationary Internal Combustion Engines - Diesel <600hp* (IPCC, 1997, pág. 1.54).

Para o Querosene Iluminante, preferiu-se utilizar os fatores de emissão da abordagem simplificada (*Tier 1*).

- Calor de Processo (100% de caldeiras de pequeno e médio portes)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte | |
|---------------------------------|------------------|----------|------|--|------|-------|---|
| Óleo Diesel Óleo Combustível | CO | 16 | 1.57 | <i>Commercial Source Performance Oil - Distillate Fuel Oil</i> | 2 | a | |
| | CH ₄ | 0,2 | | | | | |
| | NO _x | 65 | | | | | |
| | N ₂ O | 0,4 | | | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | <i>Agriculture - Stationary Oil</i> | 1 | | |
| Lenha | CO | 199 | 1.41 | <i>Commercial Source Performance Wood Boilers</i> | 2 | b | |
| | CH ₄ | 15 | | | | | |
| | NO _x | 33 | | | | | |
| | N ₂ O | 4,3 | | | | | |
| | NMVOG | 600 | 1.42 | <i>Agriculture - Stationary Wood/Wood Waste</i> | 1 | | |
| Carvão Vegetal | CO | 7000 | 1.40 | <i>Agriculture - Stationary Charcoal</i> | | 1 | a |
| | CH ₄ | 200 | 1.35 | | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | | |
| | N ₂ O | 1 | 1.36 | | | | |
| | NMVOG | 100 | 1.42 | | | | |

Para o Óleo Diesel, foram utilizados os fatores de emissão do subsetor Comercial, *Oil - Distillate Fuel Oil*.

Para o Óleo Combustível foram utilizados os fatores de emissão do subsetor Comercial *Oil - Residual Fuel Oil*.

A Lenha segue os mesmos fatores de emissão dos equipamentos do tipo *Wood Boilers*, utilizados para o subsetor Comercial e já mencionados.

Para o Carvão Vegetal, foram utilizados os fatores de emissão da versão simplificada.

O Carvão Vegetal utiliza os fatores de emissão de carvão mineral do subsetor Comercial *Coal-Boilers*.

- Aquecimento Direto (100% secadores)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|---------------------------------|------------------|----------|------|---|------|-------|
| Óleo Diesel Óleo Combustível | CO | 16 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf. Dryers - Oil</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 1,0 | | | | |
| | NO _x | 168 | | | | |
| | N ₂ O | 0,4 | 1.36 | <i>Agriculture-Stationary Oil</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |
| GLP | CO | 10 | 1.56 | <i>Residential Source Performance Propane/Butane Furnaces</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1,1 | | | | |
| | NO _x | 47 | | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Agriculture-Stationary Natural Gas</i> | 1 | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | |
| Lenha | CO | 5000 | 1.40 | <i>Commercial/Institutional Wood / Wood Waste</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 300 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | <i>Agriculture-Stationary Wood/Wood Waste</i> | | |
| | NMVOOC | 600 | 1.42 | | | |
| Carvão Vegetal | CO | 7000 | 1.40 | <i>Agriculture-Stationary Charcoal</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 200 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 1 | 1.36 | | | |
| | NMVOOC | 100 | 1.42 | | | |

O Aquecimento Direto é usado, principalmente, para promover a secagem de produtos alimentícios, aumentando a sua capacidade de armazenamento (BEU, 1995). Os principais equipamentos empregados são: *sprays dryers*, tambor rotativo e forno do tipo túnel.

Não há fatores específicos para o subsetor Agropecuário nas três fontes de informação consultadas (*Guidelines 1996*, *Guidebook* da CORINAIR e fatores selecionados pelo *Argonne* entre os da EPA). De forma consistente com as premissas assumidas no subsetor Comercial/Público, considerou-se o uso predominante de secadores, para os quais a Tabela 1-17 do IPCC (1997) apresenta fatores específicos para secadores a óleo. Para a lenha e o carvão vegetal foram adotados os fatores do subsetor Comercial, cujos equipamentos são de porte próximo ao do subsetor Agropecuário.

Para o GLP, utilizou-se o mesmo fator de emissão do subsetor Residencial para o forno a GLP, *Propane/Butane Furnaces*.

Para a Lenha, utilizou-se o mesmo fator de emissão do subsetor Residencial para o forno a lenha, *Conventional Wood Stoves*.

Para o Carvão Vegetal, foram utilizados os fatores de emissão da versão simplificada.

A seguir, encontra-se a tabela com a síntese dos fatores de emissão do subsetor Agropecuário.

Tabela A 11 - Fatores de emissão de gases não-CO₂ no Subsetor Agropecuário

| MOTORES (FORÇA MOTRIZ) | | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
|---|------|----------------------------|-----------------|------------------|-------|--|
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG | |
| Óleo Diesel | 0,4 | 10 | 1,9 | 0,6 | 5 | |
| Querosene Iluminante | 20 | 10 | 100 | 0,6 | 5 | |
| CALDEIRAS (CALOR DE PROCESSO) | | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG | |
| Óleo Diesel e Óleo Combustível | 16 | 0,2 | 65 | 0,4 | 5 | |
| Lenha | 199 | 15 | 33 | 4,3 | 600 | |
| Carvão Vegetal | 7000 | 200 | 100 | 1 | 100 | |
| FORNOS E SECADORES (AQUECIMENTO DIRETO) | | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG | |
| Óleo Diesel e Óleo Combustível | 16 | 1,0 | 168 | 0,4 | 5 | |
| GLP | 10 | 1,1 | 47 | 0,1 | 5 | |
| Lenha | 5000 | 300 | 100 | 4 | 600 | |
| Carvão Vegetal | 7000 | 200 | 100 | 1 | 100 | |

Geração termelétrica

Para os centros de transformação, foram calculadas as emissões das centrais termelétricas, decorrentes do consumo de combustível fóssil ou de biomassa, para geração de vapor ou calor, via combustão. Para a transformação de energia primária ou secundária em eletricidade, via geração termelétrica, considerou-se a mesma divisão em Centrais Elétricas de Serviço Público e Centrais Elétricas Autoprodutoras, adotadas no BEN.

Esse cálculo segue a metodologia detalhada para fontes fixas. A Tabela 11 apresenta os fatores de emissão adotados no inventário.

Admitiram-se os usos finais Calor de Processo e Força Motriz.

- Força Motriz

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|---------------|------------------|----------|------|---|------|-------|
| • Óleo Diesel | CO | 350 | 1.53 | <i>Utility Boiler Source Perf. Large Diesel Fuel Engines > 600hp</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 4,0 | | | | |
| | NO _x | 1300 | | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | 1 | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |

Para o cálculo das emissões do Óleo Diesel na destinação Força Motriz foram utilizados os mesmos fatores de emissão do subsetor Energético.

- Calor de Processo (100% de caldeiras)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte | |
|---|------------------|----------|------|--|------|-------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Gás Natural • Gás de Refinaria • Gás de Coqueria | CO | 46 | 1.53 | <i>Utility Boiler Source Perf. Natural Gas - Large Gas-Fired Turbines > 3MW</i> | 2 | a | |
| | CH ₄ | 6 | | | | | |
| | NO _x | 190 | | | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Energy Industries Natural Gas</i> | 1 | | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Óleo Combustível • Out. Energéticos Petr. • Out. Prim. Fósseis • Alcatrão • Lixívia | CO | 15 | 1.53 | <i>Utility Boiler Source Performance Residual Fuel Oil - Normal Firing</i> | 2 | | |
| | CH ₄ | 0,9 | | | | | |
| | NO _x | 200 | | | | | |
| | N ₂ O | 0,3 | 1.42 | <i>Energy Industries Oil</i> | 1 | | |
| | NMVOOC | 5 | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Carvão Vapor | CO | 14 | 1.39 | <i>Utility Boiler Source Performance Coal - Pulverised Coal</i> | 2 | b | |
| | CH ₄ | 0,6 | | | | | |
| | NO _x | 857 | | | | | |
| | N ₂ O | 0,8 | | | | | |
| | NMVOOC | 5 | 1.42 | <i>Energy Industries Coal</i> | 1 | | a |
| <ul style="list-style-type: none"> • Lenha | CO | 1473 | 1.39 | <i>Utility Boiler Source Performance Wood-Fired Boilers</i> | 2 | b | |
| | CH ₄ | 18 | | | | | |
| | NO _x | 112 | | | | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.39 | <i>Energy Industries Wood/Wood Waste</i> | 1 | | a |
| | NMVOOC | 50 | 1.42 | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Resíduos Vegetais • Bagaço | CO | 1706 | | <i>Industrial Boiler Perf. Wood - Bagasse/Ag. Waste Boilers</i> | 2 | b | |
| | CH ₄ | 30 | 1.35 | <i>Energy Industries Other Biomass</i> | 1 | a | |
| | NO _x | 68 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. Wood - Bagasse/Ag. Waste Boilers</i> | 2 | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | <i>Energy Industries Other Biomass</i> | 1 | | |
| | NMVOOC | 50 | 1.42 | | | | |

Para a destinação Calor de Processo admitiram-se as seguintes hipóteses:

Ao Gás de Refinaria e ao Gás de Coqueria, foram atribuídos os mesmos fatores de emissão do Gás Natural.

Os fatores de emissão da caldeira à base de outros energéticos de petróleo, Outras Primárias Fósseis, Alcatrão e Lixívia seguem os mesmos valores de uma caldeira a Óleo Combustível (*Residual Oil Boiler*), do subsetor Energético.

O Carvão Vapor consumido no subsetor é predominantemente pulverizado (*Pulverised Coal*). Utilizam-se no relatório de suas emissões os fatores listados na primeira versão do relatório do IPCC (1995). Neste caso, assume-se que a queima direta seja preponderante em relação às caldeiras de leito fluidizado. Será necessária uma pesquisa mais aprofundada para se verificar a

possibilidade de utilização dos fatores de emissão de 1996, que estão em um nível mais detalhado.

Os Resíduos Vegetais seguiram os mesmos fatores de uma caldeira movida a Bagaço (*Bagasse Boilers*), no subsetor Industrial.

Tabela A 12 - Fatores de emissão de gases não-CO₂ na geração termelétrica

| MOTORES (FORÇA MOTRIZ) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
|---|----------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------|
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG |
| Diesel | 350 | 4,0 | 1300 | 0,6 | 5 |
| CALDEIRAS (CALOR DE PROCESSO) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG |
| Gás Natural, Gás de Coqueria, Gás de Refinaria | 46 | 6 | 190 | 0,1 | 5 |
| Óleo Combustível, Outros Energéticos de Petróleo, Outras Primárias Fósseis, Alcatrão, Lixívia | 15 | 0,9 | 200 | 0,3 | 5 |
| Carvão Vapor | 14 | 0,6 | 857 | 0,8 | 5 |
| Lenha | 1473 | 18 | 112 | 4 | 50 |
| Bagaço, Resíduos Vegetais | 1706 | 30 | 68 | 4 | 50 |

Produção de Carvão Vegetal

Para as carvoarias, foram calculadas as emissões decorrentes do processo de transformação da Lenha em Carvão Vegetal, conhecido como carvoejamento, descrito no item 1.6 deste Anexo.

O fator de emissão para o CO₂ da lenha consumida no processo de carvoejamento é calculado e utilizado neste trabalho. Para os gases não-CO₂, no entanto, foram utilizados os fatores de emissão do IPCC, por falta de fatores de emissão próprios.

O IPCC sugere duas alternativas para se calcular as emissões de gases não-CO₂ da produção de Carvão Vegetal. A primeira, a partir da lenha que vai para o carvoejamento e, a segunda, a partir do carvão produzido. Optou-se por utilizar os fatores de emissão para a lenha, já que se trabalha com uma estrutura de dados que privilegia os dados de entrada nos centros de transformação (Lenha para Carvoejamento) e não os de saída (carvão produzido).

- Aquecimento Direto (100% fornos)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|--------------------------|------------------|----------|------|---|------|-------|
| Lenha para Carvoejamento | CO | 2000 | 1.46 | <i>Default Non-CO₂ Emission Factor for Charcoal Production</i> | 1 | a |
| | CH ₄ | 300 | | | | |
| | NO _x | 5 | | | | |
| | N ₂ O | N/A | | | | |
| | NMVOG | 600 | | | | |

A seguir, encontra-se a tabela síntese dos fatores de emissão utilizados para o cálculo das emissões não-CO₂ da lenha que é consumida no processo de produção do carvão.

Tabela A 13 - Fatores de Emissão de Gases não-CO₂ nas Carvoarias

| Combustível | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------|
| | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NMVOG |
| Lenha para Carvoejamento | 2000 | 300 | 5 | N/A | 600 |

Subsetor Industrial

O subsetor Industrial comporta os segmentos de Cimento, Cerâmica, Alimentos e Bebidas, Ferro-Gusa e Aço, Ferro-Ligas, Papel e Celulose, Química, Têxtil, Mineração e Pelotização, Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia e Outras Indústrias, conforme a divisão proposta no Balanço Energético Nacional (BEN, 2009).

Para que fossem utilizados os fatores de emissão do IPCC (1997) foram necessárias algumas adaptações, apresentadas a seguir:

- Força Motriz (motores)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|------------------|------------------|----------|------|---|------|-------|
| •Óleo Diesel | CO | 0,3 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. - Oil - Large Stationary Diesel Engines > 600hp</i> | | a |
| | CH ₄ | 4 | | | | e |
| | NO _x | 1,3 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. - Oil - Large Stationary Diesel Engines > 600hp</i> | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.42 | <i>Manufacturing Industries - Oil</i> | 1 | a |
| | NMVOG | 5 | | | | |
| •GLP | CO | 0,3 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. - Oil - Large Stationary Diesel Engines > 600hp</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 0,9 | | | | e |
| | NO _x | 1,3 | | | | a |
| | N ₂ O | 4 | | | 1 | e |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | <i>Manufacturing Industries - Oil</i> | | a |
| •Querosene Ilum. | CO | 0,4 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. - Oil - Small Stationary Internal Combustion Engines - Diesel < 600hp</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 2 | 1.35 | <i>Manufacturing Industries - Oil</i> | 1 | |
| | NO _x | 1,9 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. - Oil - Small Stationary Internal Combustion Engines - Diesel < 600hp</i> | 2 | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | <i>Manufacturing Industries - Oil</i> | 1 | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |

Na destinação Força Motriz, foram utilizados, para o Óleo Diesel e o GLP, os fatores de emissão para motores a óleo diesel com potência acima de 600 hp (447 kW), presentes na versão revisada do relatório do IPCC.

Para o Querosene Iluminante, foram adotados os fatores de emissão de um motor menor, o “small stationary”, a diesel e com menos de 600hp, já que o consumo é muito pequeno e localizado na indústria de ferro gusa e aço.

- Calor de Processo (caldeiras)

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte | |
|--|------------------|----------|------|---|------|-------|--|
| •Óleo Diesel •Querosene Ilum. | CO | 16 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf.-Oil - Distillate Fuel Oil Boilers</i> | 2 | a | |
| | CH ₄ | 0,2 | | | | | |
| | NO _x | 65 | | | | | |
| | N ₂ O | 0,4 | | | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | <i>Manufacturing Ind - Oil</i> | 1 | | |
| •Óleo Combustível •Lixívia | CO | 15 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf.-Oil -Residual Fuel Oil Boilers</i> | 2 | | |
| | CH ₄ | 3,0 | | | | | |
| | NO _x | 170 | | | | | |
| | N ₂ O | 0,3 | | | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | <i>Manufacturing Ind - Oil</i> | 1 | | |
| •Gás Natural | CO | 18 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. - Natural Gas-Large Boilers>100 MBtu/h (293 MW)</i> | 2 | b | |
| | CH ₄ | 1,4 | | | | | |
| | NO _x | 250 | | | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Manufacturing Ind - Natural Gas</i> | 1 | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | | |
| •Gás Canalizado •Gás de Coqueria •Gás de Refinaria | CO | 17 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. - Natural Gas-Large Boilers>100 MBtu/h (293 MW)</i> | 2 | b | |
| | CH ₄ | 1,4 | | | | | |
| | NO _x | 67 | | | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Manufacturing Ind - Natural Gas</i> | 1 | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | | |
| •GLP | CO | 16 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. - Oil - LPG Boilers-Butane</i> | 2 | a | |
| | CH ₄ | 5 | 1.35 | <i>Manuf Ind. - Natural Gas</i> | 1 | | |
| | NO _x | 97 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. - Oil - LPG Boilers-Butane</i> | 2 | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Manufacturing Ind - Natural Gas</i> | 1 | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | | |
| •Carvão Vapor | CO | 79 | 1.39 | <i>Industrial Boiler Perf. - Coal-Fired Boilers</i> | 2 | b | |
| | CH ₄ | 2,4 | | | | | |
| | NO _x | 329 | | | | | |
| | N ₂ O | 1,6 | 1.54 | <i>Industrial Boiler Perf. Bit./Sub-Bit. Boilers</i> | | | |
| | NMVOG | 20 | 1.42 | <i>Manufacturing Ind - Coal</i> | | | |
| •Carvão Vegetal | CO | 4000 | 1.40 | <i>Manufacturing Industries- Charcoal</i> | 1 | a | |
| | CH ₄ | 200 | 1.35 | | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | | | | |
| | NMVOG | 100 | 1.42 | | | | |
| •Lenha | CO | 199 | | <i>Tabelas 23 a 28, Cap. B111</i> | 2 | d | |
| | CH ₄ | 11 | | | | e | |
| | NO _x | 200 | | <i>Tabelas 23 a 28, Cap. B111</i> | | d | |
| | N ₂ O | 7 | | | 1 | e | |
| | NMVOG | 40 | | <i>Tabelas 23 a 28, Cap. B111</i> | | a | |
| •Bagaço •Resíduos Vegetais | CO | 1706 | 1.39 | <i>Industrial Boiler Perf. - Bagasse/Ag. Waste-Fired Boilers</i> | 2 | b | |
| | CH ₄ | 30 | 1.35 | <i>Manuf Ind - Other Biomass</i> | 1 | | |
| | NO _x | 68 | 1.54 | <i>Ind Boiler Perf. - Bagasse/Ag. Waste-Fired Boilers</i> | 2 | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | <i>Manufacturing Industries - Other Biomass</i> | 1 | | |
| | NMVOG | 50 | 1.42 | | | | |
| •Outros Energéticos de Petróleo •Coque de Petróleo | CO | 10 | 1.40 | <i>Manufacturing Industries- Oil</i> | 1 | a | |
| | CH ₄ | 2 | 1.35 | | | | |
| | NO _x | 200 | 1.38 | | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | | |

Para o Óleo Diesel e o Óleo Combustível, existem fatores de emissão bastante apropriados.

Foram utilizados os fatores de emissão das caldeiras a diesel para o Querosene Iluminante.

Optou-se por utilizar os fatores de emissão do Óleo Combustível para a Lixívia, já que não existe fator de emissão para a biomassa líquida.

Para o Gás Canalizado, o Gás de Coqueria e o Gás de Refinaria, foram utilizados os fatores de emissão da Tabela 1-16 do IPCC (1997).

No caso do GLP, os fatores de emissão de uma caldeira a GLP, com a predominância do butano, foram adotados.

Para o Carvão Vapor, foram utilizados os fatores de emissão do relatório do IPCC de 1995, que é mais abrangente e faz referência a “*coal-fired boilers*” já que não se tem informações detalhadas sobre a tecnologia do subsetor que possibilitaria uma opção por um dos fatores do relatório de 1996. Para as emissões de N₂O, foram utilizados os fatores de emissão da versão revisada do IPCC (1997), considerando-se que o carvão brasileiro, basicamente de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, é sub-betuminoso ou betuminoso e que, independente da tecnologia, o fator de emissão tem o mesmo valor.

Para a lenha foram adotados os fatores das Tabelas 23 a 28, Cap. B111, da CORINAIR e fatores do *Guidelines 2006*.

Para o Bagaço e Resíduos Vegetais, os fatores de emissão adotados foram os das caldeiras a Bagaço (*bagasse/agricultural waste-fired boiler*). O fator de emissão do CO, especificamente, foi encontrado somente na versão de 1995.

- **Aquecimento Direto**

Aquecimento Direto, segundo o BEU (1995), é uma das aplicações mais frequentes e diversificadas da energia, encontrando-se, em cada setor e subsetor, relacionada a equipamentos muito diferenciados e que usam o mesmo insumo energético. Como o IPCC distingue, nessa destinação, os secadores dos fornos, é necessário fazer essa mesma distinção nos setores industriais analisados.

- Para o segmento de Cimento, vale notar que o equipamento típico é o forno de clínquerização - forno tipo tambor rotativo através do qual fluem os gases de combustão. Nesse segmento, a destinação Aquecimento Direto está basicamente relacionada ao equipamento “forno”.

- segmento Ferro-Gusa e Aço, cabe destacar a presença dos alto-fornos usados para redução dos minérios como o principal equipamento da destinação Aquecimento Direto.
- O equipamento típico do segmento Ferro-Ligas, na destinação Aquecimento Direto, é o forno de eletrodo submerso.
- Para a mineração, o uso mais freqüente dos combustíveis na destinação Aquecimento Direto é o da secagem e calcinação dos minérios, sendo, portanto, o secador o equipamento mais utilizado nesse subsetor. Na pelotização, por sua vez, o equipamento mais utilizado nessa destinação é o forno. De acordo com BEU (1995), que utiliza os dados de consumo de 1993, 47,7% do Aquecimento Direto do subsetor “Mineração e Pelotização” se devem à mineração, sendo o restante atribuído à pelotização. Esse percentual se reproduz, por hipótese, nos usos dos combustíveis, sendo a parcela de secadores vinculada à mineração e a de fornos vinculada à pelotização.
- Para o segmento de Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia, setor que apresenta uso intensivo de Aquecimento Direto, o principal equipamento é o forno, seja do tipo cadinho, para o Óleo Combustível, seja do tipo a arco direto e a indução, com o consumo de energia elétrica.
- No caso do segmento Têxtil, os combustíveis têm grande uso nos processos de secagem, sendo o “secador” o principal equipamento da destinação Aquecimento Direto.
- Na indústria de Papel e Celulose, verifica-se o uso intensivo de processos de secagem, sendo, portanto, o secador o principal equipamento dessa destinação.
- Na Cerâmica, os fornos se notabilizam como os principais equipamentos de consumo energético nos processos produtivos, podendo ser os fornos tipo câmara, tipo túnel ou descontínuos.
- Para os Outros Setores Industriais, a Indústria Química e a Indústria de Alimentos e Bebidas, verifica-se grande utilização tanto de fornos (caso da produção de fertilizantes e de óxidos metálicos, da indústria de biscoitos e bolachas, da indústria de panificação, da produção de vidro, etc.), quanto de secadores (caso da secagem de massas e farinhas, da secagem de matérias-primas para a indústria de alimentos, etc.). Não há, desse modo, uma indicação segura quanto às parcelas de fornos e de secadores existentes nesses subsetores. Na falta de outras informações utilizaram-se os resultados da pesquisa de campo apresentada no BEU (1995), envolvendo 56 empresas do segmento de Alimentos e Bebidas, 28 empresas do segmento Químico e 47 empresas das Outras Indústrias (BEU, 1995). No segmento de Alimentos e Bebidas, em torno de 87% do consumo em equipamentos de Aquecimento Direto se deve aos fornos, sendo o restante devido aos

secadores; no segmento Químico, 89% do consumo em Aquecimento Direto se devem aos fornos, sendo o restante devido aos secadores; nas Outras Indústrias, por sua vez, a proporção obtida é de 91% para fornos e 9% para secadores.

É, portanto, necessário que sejam adaptados os fatores de emissão do IPCC para a gama de equipamentos existente no subsetor industrial.

- Fornos

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|--|------------------|----------|------|--|------|-------|
| •Gás Natural •Gás de Refinaria •Gás Canalizado •Gás de Coqueria •GLP | CO | 83 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf. - Kilns - Natural Gas</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 1,1 | | | | |
| | NO _x | 1111 | | | | |
| | N ₂ O | 0,1 | 1.36 | <i>Manufacturing Industries - Natural Gas</i> | 1 | |
| | NM VOC | 5 | 1.42 | | | |
| •Carvão Vapor •Carvão Metalúrgico | CO | 79 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf. - Kilns - Coal</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1,0 | | | | |
| | NO _x | 527 | | | | |
| | N ₂ O | 1,4 | 1.36 | <i>Manufacturing Industries-Coal</i> | 1 | |
| | NM VOC | 20 | 1.42 | | | |
| •Óleo Diesel •Out. Prim. Fósseis •Óleo Combustível •Querosene Ilum. •Outros Energéticos de Petróleo •Alcatrão •Coque de Petróleo | CO | 79 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf. - Kilns - Oil</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1,0 | | | | |
| | NO _x | 527 | | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | <i>Manufacturing Industries - Oil</i> | 1 | |
| | NM VOC | 5 | 1.42 | | | |
| | | | | | | |
| •Coque de Carvão Mineral | CO | 211 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf - Coke Oven</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1 | | | | |
| | NO _x | 35 | | | | |
| | N ₂ O | 1,4 | 1.36 | <i>Manufacturing Industries - Coal</i> | 1 | |
| | NM VOC | 16 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Perf. - Coke Oven</i> | 2 | |
| •Lenha | CO | 2000 | 1.40 | <i>Manufacturing Industries - Wood/Wood Waste</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 30 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | | | |
| | NM VOC | 50 | 1.42 | | | |
| •Bagaço •Resíduos Vegetais | CO | 4000 | 1.40 | <i>Manufacturing Industries - Other Biomass</i> | | |
| | CH ₄ | 30 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | | | |
| | NM VOC | 50 | 1.42 | | | |
| •Carvão Vegetal | CO | 4000 | 1.40 | <i>Manufacturing Industries - Charcoal</i> | | |
| | CH ₄ | 200 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | | | |
| | NM VOC | 100 | 1.42 | | | |

Os fatores de emissão do Gás de Refinaria, do Gás Canalizado, do Gás de Coqueria e do GLP são os mesmos do Gás Natural (*Kilns - Natural Gas*).

Os fatores de emissão do Carvão Vapor e do Carvão Metalúrgico estão bem definidos no IPCC (*Kilns - Coal*).

Os fatores de emissão do Coque de Carvão Mineral são os do *Coke Oven* na versão revisada do relatório do IPCC (1997).

Para o Óleo Diesel, Óleo Combustível, Querosene Iluminante, Coque de Petróleo, Outros Energéticos de Petróleo e também para o Alcatrão e Outras Primárias Fósseis foram utilizados os fatores de emissão do *Kilns-Oil*.

Não há fatores de emissão disponíveis para as fontes de biomassa na destinação Aquecimento Direto. Desse modo, foram utilizados, para a Lenha, o Bagaço, o Carvão Vegetal e os Resíduos Vegetais, os fatores de emissão da abordagem simplificada.

- Secadores

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|---|------------------|----------|------|---|------|-------|
| <ul style="list-style-type: none"> •Gás Natural •Gás de Refinaria •Gás Canalizado •GLP | CO | 11 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Perf.</i> | 2 | a |
| | CH ₄ | 1,1 | | | | |
| | NO _x | 64 | 1.36 | <i>Dryer - Natural Gas</i> | 1 | |
| | N ₂ O | 0,1 | | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> •Carvão Vapor | CO | 179 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Perf.</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1,0 | | | | |
| | NO _x | 226 | 1.36 | <i>Dryer - Coal</i> | 1 | |
| | N ₂ O | 1,4 | | | | |
| | NMVOG | 20 | 1.42 | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> •Óleo Diesel •Óleo combustível •Querosene Illum. •Out. Energéticos de Petróleo •Lixívia •Coque de Petróleo | CO | 16 | 1.55 | <i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Perf.</i> | 2 | |
| | CH ₄ | 1,0 | | | | |
| | NO _x | 168 | 1.36 | <i>Dryer - Oil</i> | 1 | |
| | N ₂ O | 0,6 | | | | |
| | NMVOG | 5 | 1.42 | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> •Lenha •Bagaço •Resíduos Vegetais | CO | 5000 | 1.40 | <i>Agriculture/Forestry/Fishing Wood/Wood Waste</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 300 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 4 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 600 | 1.42 | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> •Carvão Vegetal | CO | 7000 | 1.40 | <i>Agriculture/Forestry/Fishing Charcoal</i> | 1 | |
| | CH ₄ | 200 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 100 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 1 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 100 | 1.42 | | | |

Seguiu-se a mesma lógica que orientou a atribuição dos fatores de emissão para os fornos.

Os fatores de emissão do Gás de Refinaria, do Gás Canalizado e do GLP são os mesmos do Gás Natural (*Dryer - Natural Gas*).

Os fatores de emissão do Carvão Vapor estão bem definidos no IPCC (*Dryer - Coal*).

Para o Óleo Diesel, Óleo Combustível, Querosene Iluminante, Coque de Petróleo, Outros Energéticos de Petróleo e também para a Lixívia foram utilizados os fatores de emissão do *Dryer-Oil*.

Não há fatores de emissão disponíveis para as fontes de biomassa na destinação Aquecimento Direto. Desse modo, para os secadores foram utilizados, para a Lenha, o Bagaço, o Carvão Vegetal e os Resíduos Vegetais, os fatores default das Tabelas 1-7 a 1-11 de Agriculture/Forestry/Fishing onde a secagem é o uso predominante em aquecimento direto.

Na indústria de metais não-ferrosos, no ano de 2004, registra-se no BEN um consumo muito pequeno de querosene iluminante que, de acordo com o BEU, deveria se distribuir entre calor de processo, aquecimento direto e iluminação (em menor grau). Como não se dispõe de fator de emissão para o querosene iluminante no subsetor industrial específico para a iluminação, optou-se por alocar essa pequena parcela do consumo na destinação de aquecimento direto, por ser mais representativa para essa indústria.

Os fatores de emissão para cada tecnologia e combustível utilizados no subsetor Industrial são apresentados na Tabela A - 14.

Tabela A 14 – Fatores de emissão de gases não-CO₂ no Setor Industrial

| MOTORES (FORÇA MOTRIZ) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
|--|----------------------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NM VOC |
| Óleo Diesel | 0,3 | 4 | 1,3 | 0,6 | 5 |
| GLP | 0,3 | 0,9 | 1,3 | 4 | 5 |
| Querosene Iluminante | 0,4 | 2 | 1,9 | 0,6 | 5 |
| CALDEIRAS INDUSTRIAIS (CALOR DE PROCESSO) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NM VOC |
| Óleo Diesel e Querosene Iluminante | 16 | 0,2 | 65 | 0,4 | 5 |
| Óleo Combustível e Lixívia | 15 | 3,0 | 170 | 0,3 | 5 |
| Gás Natural | 18 | 1,4 | 250 | 0,1 | 5 |
| Gás Canalizado, Gás de Coqueria e Gás de Refinaria | 17 | 1,4 | 67 | 0,1 | 5 |
| GLP | 16 | 5 | 97 | 0,1 | 5 |
| Carvão Vapor | 79 | 2,4 | 329 | 1,6 | 20 |
| Outros Energéticos de Petróleo e Coque de Petróleo | 10 | 2 | 200 | 0,6 | 5 |
| Carvão Vegetal | 4000 | 200 | 100 | 4 | 100 |
| Lenha | 199 | 11 | 200 | 7 | 40 |
| Bagaço e Resíduos Vegetais | 1706 | 30 | 68 | 4 | 50 |
| FORNOS INDUSTRIAIS (AQUECIMENTO DIRETO) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NM VOC |
| Gás Natural, Gás Canalizado, Gás de Refinaria, Gás de Coqueria e GLP | 83 | 1,1 | 1.111 | 0,1 | 5 |
| Carvão Vapor e Carvão Metalúrgico | 79 | 1,0 | 527 | 1,4 | 20 |
| Carvão Vegetal | 4000 | 200 | 100 | 4 | 100 |
| Óleo Diesel, Outras Primárias Fósseis, Óleo Combustível, Querosene Iluminante, Outros Energéticos de Petróleo, Alcatrão, Coque de Petróleo | 79 | 1,0 | 527 | 0,6 | 5 |
| Coque de Carvão Mineral | 211 | 1 | 35 | 1,4 | 16 |
| Lenha | 2000 | 30 | 100 | 4 | 50 |
| Bagaço e Resíduos Vegetais | 4000 | 30 | 100 | 4 | 50 |
| SECADORES INDUSTRIAIS (AQUECIMENTO DIRETO) | Fatores de Emissão (kg/TJ) | | | | |
| Combustível | CO | CH ₄ | NO _x | N ₂ O | NM VOC |
| Gás Natural, Gás Canalizado, Gás de Refinaria e GLP | 11 | 1,1 | 64 | 0,1 | 5 |
| Carvão Vapor | 179 | 1,0 | 226 | 1,4 | 20 |
| Carvão Vegetal | 7000 | 200 | 100 | 1 | 100 |
| Óleo Diesel, Óleo Combustível, Querosene Iluminante, Outros Energéticos de Petróleo, Lixívia e Coque de Petróleo | 16 | 1,0 | 168 | 0,6 | 5 |
| Lenha, Bagaço e Resíduos Vegetais | 5000 | 300 | 100 | 4 | 600 |

Subsetor de Transportes

Para o cálculo das emissões de gases não-CO₂ do subsetor de transportes, diversas metodologias foram utilizadas.

O subsetor Transporte Aéreo é tratado especificamente no Relatório de Referência de “Emissões de Gases de Efeito Estufa do Transporte Aéreo”, enquanto que o de Transporte Rodoviário, no de “Emissões de Gases de Efeito Estufa do Transporte Rodoviário”.

Para o transporte Ferroviário e Hidroviário foi aplicada a abordagem simplificada (*Tier 1*) que não se baseia na desagregação da tecnologia de consumo, mas sim na quantidade de combustível

consumida em cada modo de transporte e nos fatores de emissão médios dos combustíveis, conforme apresentado na abordagem simplificada do IPCC.

Assim sendo, a Eq. 18 ficará reduzida a:

$$\omega_i^{n-CO_2} = \sum_b \varepsilon_{bi}^{n-CO_2} * C_{bi} \quad \text{Eq. 20}$$

Aos Outros Energéticos de Petróleo, que inclui o metanol e o MTBE, optou-se por não atribuir nenhum fator de emissão para os gases não CO₂, por ausência de fator de emissão ou de analogias aceitáveis.

Para a lenha, com um reduzido consumo no transporte ferroviário, foram adotados os fatores de emissão do IPCC para uma caldeira industrial movida a lenha já que não existe fator de emissão sequer na versão simplificada.

O quadro a seguir resume os fatores de emissão utilizados.

- Transporte Ferroviário

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|---------------|------------------|----------|------|--|------|-------|
| •Carvão Vapor | CO | 150 | 1.40 | <i>Transport - Railways Coal</i> | 1 | a |
| | CH ₄ | 10 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 300 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 1,4 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 20 | 1.42 | | | |
| •Óleo Diesel | CO | 1000 | 1.40 | <i>Transport - Railways Oil</i> | 1 | a |
| | CH ₄ | 5 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 1200 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 200 | 1.42 | | | |
| •Lenha | CO | 1504 | 1.39 | <i>Industrial Boiler Performance - Food- Fired Boilers</i> | 2 | b |
| | CH ₄ | 15 | | | | |
| | NO _x | 115 | | | | |
| | N ₂ O | N/A | | | | |
| | NMVOG | N/A | | | | |

- Transporte Hidroviário

| Comb. | Gás | FE kg/TJ | Pág. | Aplicabilidade | Tier | Fonte |
|-----------------------------------|------------------|----------|------|---------------------------------------|------|-------|
| •Óleo Diesel •Óleo Combustível | CO | 1000 | 1.40 | <i>Transport - Navigation Oil</i> | 1 | a |
| | CH ₄ | 5 | 1.35 | | | |
| | NO _x | 1500 | 1.38 | | | |
| | N ₂ O | 0,6 | 1.36 | | | |
| | NMVOG | 200 | 1.42 | | | |