

**TERCEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES E REMOÇÕES
ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

SETOR ENERGIA

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

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 e Inovação
2015**

TERCEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

RELATÓRIO DE REFERÊNCIA

SETOR DE ENERGIA

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

ANEXO METODOLÓGICO

Elaborado por:

Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudança Climática, Programa de Planejamento Energético, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - Centro Clima/PPE/COPPE/UFRJ

Autores:

Emilio Lèbre La Rovere, D.Sc. (Coordenação Geral)

Carolina Burle Schmidt Dubeux, D.Sc. (Coordenação Técnica)

Amaro Olímpio Pereira Jr., D.Sc., **Larissa Albino da Silva Santos**, M.Sc e **Thauan Santos**, M.Sc. (Setor Energético)

Raymundo Aragão, M.Sc. (Setor Industrial)

Michele Karina Cotta Walter, D.Sc. (Setor Agropecuário)

Patricia Turano de Carvalho, M.Sc., **Mariana Weiss de Abreu**, M.Sc. e **Gustavo Malaguti**, M.Sc., (Setores Residencial, Público e Comercial)

Alberto Arruda Villela, D.Sc. (Setor de Transporte Ferroviário e Hidroviário)

Daniel Oberling, D.Sc. (Análise de Incertezas)

Marcelo Buzzatti, M.Sc (Informática)

Isabella da Fonseca Zicarelli (Estagiária)

Apoio:

Carmen Brandão Reis

Elza Maria da Silveira Ramos

Índice

	Página
1. INTRODUÇÃO	7
2. EMISSÕES DE CO₂ - ABORDAGEM BOTTOM-UP - PARTE I	8
2.1. Adequação dos dados disponíveis	9
2.1.1. Adequação dos setores	9
2.1.2. Adequação dos combustíveis	11
2.2. Determinação do consumo de combustíveis (Passo 1)	16
2.3. Conversão para uma unidade comum de energia (Passo 2)	16
2.4. Fatores de emissão de dióxido de carbono - CO ₂ (Passo 3)	19
3. EMISSÕES DE GASES NÃO-CO₂ - ABORDAGEM BOTTOM-UP - PARTE II	24
3.1. Determinação do consumo	26
3.1.1. Coeficientes de destinação de uso final	26
3.1.2. Tecnologias	27
3.2. Fatores de emissão das tecnologias	28
3.3. Subsetor Energético	29
3.3.1. Força Motriz (Motores)	29
3.3.2. Calor de Processo (Caldeiras)	30
3.3.3. Aquecimento Direto (Fornos)	32
3.3.4. Iluminação	34
3.4. Subsetores Comercial e Público	35
3.4.1. Força Motriz	36
3.4.2. Calor de Processo (caldeiras e aquecedores de água)	37
3.4.3. Aquecimento Direto (secadores e fornos)	38
3.4.4. Iluminação	41
3.5. Subsetor Residencial	42
3.5.1. Calor de Processo (aquecedores d'água)	42
3.5.2. Aquecimento Direto (cocção de alimentos)	43
3.5.3. Iluminação	45
3.6. Subsetor Agropecuário	46
3.6.1. Força Motriz	46
3.6.2. Calor de Processo	47
3.6.3. Aquecimento Direto (100% secadores)	49
3.7. Geração termelétrica	51
3.7.1. Força Motriz (Motores)	51
3.7.2. Calor de Processo (Caldeiras)	52

3.8.	Produção de Carvão Vegetal	55
3.8.1.	Aquecimento Direto (Fornos)	55
3.9.	Subsetor Industrial	56
3.9.1.	Força Motriz	56
3.9.2.	Aquecimento Direto	64
3.10.	Subsetor de Transportes	72
3.10.1.	Transporte Ferroviário	73
3.10.2.	Transporte Hidroviário	75

Lista de Tabelas

Página

Tabela A1.	Equivalência entre os Setores de Atividade do IPCC e Aqueles Utilizados para os Cálculos (MCTI) _____	10
Tabela A2.	Compatibilização de Fontes Energéticas do IPCC com o Balanço Energético Nacional (BEN) _____	11
Tabela A3.	Valores Descontados dos Cálculos de Energia Referentes a Redutores e Contabilizados em Processos Industriais _____	15
Tabela A4.	Fatores de Conversão de Unidades Naturais para tep _____	17
Tabela A5.	FEs para Dióxido de Carbono dos Combustíveis (kg CO ₂ /TJ) _____	19
Tabela A6.	FEs para Dióxido de Carbono do Gás Canalizado (kgCO ₂ /TJ) _____	23
Tabela A7.	FEs para Força Motriz no Setor Energético _____	29
Tabela A8.	FEs para Calor de Processo no Subsetor Energético _____	31
Tabela A9.	FEs para Aquecimento Direto no Subsetor Energético _____	34
Tabela A10.	FEs para Iluminação no Subsetor Energético _____	35
Tabela A11.	Fatores de Emissão de gases não-CO ₂ no Subsetor Energético - consolidação _____	35
Tabela A12.	FEs para Força Motriz nos Subsetores Comercial e Público _____	36
Tabela A13.	FEs para Calor de Processo nos Subsetores Comercial e Público _____	37
Tabela A14.	FEs para Aquecimento Direto nos Subsetores Comercial e Público _____	39
Tabela A15.	FEs para Iluminação nos Subsetores Comercial e Público _____	41
Tabela A16.	Fatores de Emissão de Gases não-CO ₂ nos Subsetores Comercial e Público - consolidação _____	42
Tabela A17.	FEs para Calor de Processo no Subsetor Residencial _____	43
Tabela A18.	FEs para Aquecimento Direto no Subsetor Residencial _____	44
Tabela A19.	FEs para Iluminação no subsetor Residencial _____	45
Tabela A20.	Fatores de Emissão de Gases não-CO ₂ no Subsetor Residencial - consolidação _____	45
Tabela A21.	FEs para Força Motriz no Subsetor Agropecuário _____	47
Tabela A22.	FEs para Calor de Processo no Subsetor Agropecuário _____	48
Tabela A23.	FEs para Aquecimento Direto no Subsetor Agropecuário _____	50
Tabela A24.	Fatores de Emissão de Gases não-CO ₂ no Subsetor Agropecuário - consolidação _____	51
Tabela A25.	FEs para Força Motriz na Geração Termelétrica _____	52
Tabela A26.	FEs para Calor de Processo na Geração Termelétrica _____	53
Tabela A27.	Fatores de Emissão de Gases não-CO ₂ na Geração Termelétrica - consolidação _____	55
Tabela A28.	FEs para Aquecimento Direto na Produção de Carvão Vegetal _____	55
Tabela A29.	Fatores de Emissão de Gases não-CO ₂ nas Carvoarias - consolidação _____	56
Tabela A30.	FEs para Força Motriz no Subsetor Industrial _____	57
Tabela A31.	FEs para Calor de Processo no Subsetor Industrial _____	59
Tabela A32.	FEs para Aquecimento Direto no Subsetor Industrial _____	65
Tabela A33.	Fatores de Emissão de Gases não-CO ₂ no Setor Industrial - consolidação _____	70
Tabela A34.	FEs para Força Motriz no Subsetor de Transporte Ferroviário _____	73

Tabela A35.	FEs para Calor de Processo no Subsetor de Transporte Ferroviário _____	74
Tabela A36.	FEs para Força Motriz no Subsetor de Transporte Hidroviário _____	76
Tabela A37.	Fatores de Emissão de Gases não-CO ₂ no Subsetor de Transportes - consolidação_	76

1. Introdução

Neste documento estão descritos os métodos utilizados para cálculo das emissões de gases de efeito estufa - CO₂ e não-CO₂ (CO, CH₄, N₂O, NO_x e NMVOC) - por queima de combustíveis. A metodologia para o cálculo das emissões é aquela do *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 1997) com aprimoramentos introduzidos pelo *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2006), adaptada às características particulares do setor energético brasileiro. Adicionalmente, foram utilizados fatores de emissão apresentados no *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013* (EMEP/EEA, 2013).

Segundo o IPCC 2006, 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 anexo estão relatadas as metodologias de cálculo apenas das 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.

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

A metodologia *Bottom-up* do IPCC 1997 considera 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.

Neste inventário algumas alterações foram feitas visando aprimorar as estimativas com base em IPCC 2006. É utilizada a estrutura da metodologia do IPCC (1997) e as fórmulas e parâmetros da metodologia de 2006, na busca da realização de inventários cada vez mais aperfeiçoados¹. Assim, as estimativas das emissões de CO₂ obedeceram aos 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 dióxido de carbono (CO₂).

Ressalta-se que os combustíveis destinados à redução na indústria de Ferro Gusa e Aço, Ferroligas e Não Ferrosos e Outros da Metalurgia (indústria de alumínio), os combustíveis utilizados como matéria prima da indústria química e os produtos de uso não energético têm suas emissões contabilizadas no setor de Processos Industriais.

Matematicamente, a emissão anual de CO₂ decorrente do consumo de combustíveis do setor energético² pode ser determinada através da seguinte equação:

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

onde,

¹ A diferença entre a metodologia de 1996 e a de 2006 é que no primeiro caso considerava-se a queima incompleta do combustível, fração excluída do cálculo das emissões. Em IPCC 2006, esta fração é considerada a unidade.

² Por “setor energético” entende-se toda atividade energética (consumo de combustíveis), como indicado pelo IPCC, e não propriamente o setor como apresentado no Balanço Energético Nacional.

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:

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

onde,

C_{bi} = consumo anual do combustível do tipo *b* utilizado pelo setor *i* (1000 tep³);

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

$\varepsilon_b^{CO_2}$ = fator de emissão de dióxido de carbono para o combustível do tipo *b* (tCO₂/TJ).

2.1. Adequação dos dados disponíveis

A principal fonte de dados utilizada para a determinação do consumo de combustíveis foi o Balanço Energético Nacional - BEN. Sendo desejável a maior desagregação destes dados, utilizou-se planilha eletrônica disponível no sítio do Ministério de Minas Energia em 07/03/2014, que apresenta 53 fontes energéticas.

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

2.1.1. Adequação dos setores

No quadro a seguir, os setores de atividades estão listados em duas colunas. Os setores definidos pelo IPCC (1996) são apresentados na coluna “IPCC” e os setores desagregados para a elaboração dos cálculos das emissões na coluna “MCTI - Cálculo”.

³ Tonelada equivalente de petróleo.

Tabela A1. Equivalência entre os Setores de Atividade do IPCC e Aqueles Utilizados para os Cálculos (MCTI)

IPCC (1996)	MCTI
<i>Energy Industries</i>	Centrais Elétricas do Serviço Público
	Centrais Elétricas Autoprodutoras
	Carvoarias
	Setor Energético
<i>Manufacturing Industries and Construction</i>	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
	Outras Indústrias
<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>	Agropecuário
<i>Other</i>	

Os subsetores listados na coluna “MCTI-Cálculo” são apresentados no BEN. Com relação às adaptações que foram feitas para adequar os dados disponíveis ao formato do IPCC, 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 (1996) 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. A desagregação encontra-se em subitem próprio do relatório.

⇒ Na categoria *Manufacturing Industries and Construction* foi agregado o consumo 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 (Relatório de Referência de “Emissões de Gases de Efeito Estufa do Transporte Aéreo”), que fez uso de modelagem *tier 3* para tal fim, parametrizada pelos valores de venda de combustíveis da ANP. Os dados não se distanciam muito das informações contidas no BEN, mas apresentam pequenas variações em alguns anos.

⇒ Para o subsetor hidroviário, a parcela considerada para transporte internacional é obtida de indicação de exportações na forma de *bunker*, apresentada na planilha eletrônica do BEN utilizada como base de dado. O consumo associado ao transporte nacional é o indicado no subsetor hidroviário, no setor Transportes.

⇒ Para o *Commercial/Institutional Sector* foram agregados os subsetores Comercial e Público.

⇒ O subsetor *Agriculture Forestry and Fishing* corresponde ao Agropecuário.

2.1.2. Adequação dos combustíveis

No quadro a seguir, os combustíveis listados na coluna “IPCC” são os descritos no IPCC (2006) e os da coluna BEN são aqueles constantes da planilha eletrônica disponível no sítio do Ministério de Minas Energia em 07/03/2014.

Tabela A2. Compatibilização de Fontes Energéticas do IPCC com o Balanço Energético Nacional (BEN)

IPCC (2006)	BEN	Observações
Fontes Fósseis		
Orimulsion	N.I.	b
Natural Gas Liquids	Líquidos de Gás Natural	d
Motor Gasoline	Gasolina automotiva	a
Aviation Gasoline	Gasolina de aviação	a
Jet Gasoline	N.I.	b
Jet Kerosene	Querosene de aviação	a
Other Kerosene	Querosene iluminante	a
Shale Oil	N.I.	b
Gas / Diesel Oil	Óleo diesel	a
Residual Fuel Oil	Óleo combustível	a
LPG	GLP	a
Ethane	N.I.	b
Naphtha	Nafta	a
Bitumen	Asfalto	a
Lubricants	Lubrificantes	a
Petroleum Coke	Coque de petróleo	a
Refinery Feedstocks	N.I.	b

IPCC (2006)	BEN	Observações
Refinery Gas	Gás de refinaria	a
White Spirit	Solventes	a
Other oil products	Outros energéticos do petróleo	c
	Outros não energéticos do petróleo	c
Anthracite	N.I.	b
Coking Coal	Carvão metalúrgico (import. e doméstico) e carvão vapor 6.000 kcal/kg	a
Other Bit. Coal	Carvão vapor 5900 kcal/kg	a
Sub-bit. Coal	Carvão vapor (de 4200 a 5200 kcal/kg)	a
Lignito	Carvão vapor (sem especificação e de 3100 a 3700 kcal/kg)	a
Oil Shale	N.I.	b
BKB & Patent Fuel	N.I.	b
Coke Oven Coke and Lignito Coke	Coque de carvão mineral	a
Gas Coke	N.I.	b
Coal Tar	Alcatrão	a
Gas Works Gas	Gás canalizado (gás de cidade)	a
Coke Oven Gas	Gás de coqueria	a
Blast Furnace Gas	N.I.	
Oxygen Steel Furnace Gas	N.I.	b
Natural Gas	Gás natural úmido	c
	Gás natural seco	c
Municipal Wastes (non-bio- fraction)	N.I.	b
Industrial Wastes	N.I.	b
	Gás industrial	d
Waste Oils	N.I.	b
Peat (Turfa)	N.I.	b
	Outras primárias não renováveis	d
Biomassa		
Wood/Wood Waste	Lenha (queima direta)	c
	Lenha (carvoejamento)	c
Black Liquor	Lixívia	a
Other Primary Solid Biomass	Bagaço de cana	c
	Outras primárias de biomassa (resíduos vegetais)	c
Charcoal	Carvão vegetal	a
Biogasoline	Álcool hidratado	c
	Álcool anidro	c
Biodiesel	Biodiesel	a
Other liquid biofuels	Óleos Vegetais	c
	Caldo de Cana e Melaço	c
Biogas	Biogás	a

N.I. = não indicado no BEN.

Fonte: IPCC (2006) e Balanço Energético Nacional (2013)

As fontes de origem fóssil constantes da tabela acima podem ser agrupadas em três classes:

- a) Fontes que mantêm a mesma classificação do IPCC e cujos valores são obtidos diretamente da planilha ampliada do BEN: querosene de aviação, gasolina automotiva, gasolina de aviação, querosene iluminante, óleo diesel, óleo combustível, GLP, nafta, asfalto, carvão vegetal, gás de refinaria, gás canalizado, lubrificantes, coque de petróleo, coque de carvão mineral, gás de coqueria, carvão metalúrgico e carvão vapor (*other bituminous coal, sub-bituminous coal, lignite*), alcatrão, solventes, lixívia, biogás e biodiesel.
- b) Fontes presentes no IPCC mas que não possuem correspondentes no BEN: *orimulsion, shale oil, ethane, jet gasoline, refinery feedstocks, anthracite, gas coke, oxygen steel furnace gas, oil shale, BKB e patent fuel, industrial wastes, municipal wastes (non-bio-fraction), waste oils e peat*.
- c) Fontes obtidas diretamente do BEN, mas que apresentam maior desagregação do que aquela utilizada pelo IPCC:
 - *Other oil products* (IPCC): outros energéticos do petróleo, e outros não energéticos do petróleo.
 - *Wood* (IPCC): lenha para queima direta e lenha para carvoejamento
 - *Other Primary Solid Biomass* (IPCC): bagaço de cana e biomassa (resíduos vegetais)
 - *Natural Gas*(IPCC): gás natural seco e gás natural úmido
 - *Biogasoline* (IPCC): álcool anidro e álcool hidratado
 - *Biodiesel* (IPCC): biodiesel
 - *Other liquid biofuels* (IPCC): caldo de cana, melão e óleos vegetais.
- d) Foram consideradas as desagregações apresentadas na matriz ampliada do BEN, especialmente para os grupos “outras não renováveis” e “outras renováveis”, com as seguintes observações:
 - Outras primárias não renováveis (BEN): Foi expurgada dos cálculos a fonte “gás industrial”, por referir-se a uma dupla contagem de transformações nos setores siderúrgico e químico e a fonte líquidos de gás natural por seu uso estar associado a derivados de petróleo.
 - Outras primárias renováveis (BEN): foram consideradas as parcelas desta fonte (biogás, biomassa e óleos vegetais) de modo separado, como consta da tabela acima.

Das demais fontes listadas no BEN, não foram consideradas as seguintes:

- Fontes que não resultam em emissões de gases de efeito estufa: urânio (U_3O_8 e UO_2), energia hidráulica, energia eólica e eletricidade.
- Os combustíveis utilizados como reductores na indústria de ferro gusa e aço, ferroligas e não ferrosos, contabilizados em Processos Industriais, capítulo 4, *Metal Industry Emissions*, de IPCC (2006). Ressalte-se que foram considerados reductores os valores de coque de petróleo, outros carvões betuminosos e carvões coqueificáveis cujo uso final, de acordo com o Balanço de Energia Útil (BEU, 2005) se deu em Aquecimento Direto (ver valores na Tabela A3).
- Combustíveis utilizados como produtos finais de uso não energético também contabilizados em Processos Industriais, capítulo 5, *Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use*, de IPCC (2006). É o caso de asfalto, lubrificantes, solventes e outros produtos não energéticos de petróleo.
- Combustíveis utilizados como matérias primas na indústria química também contabilizados em Processos Industriais, capítulo 3, *Chemical Industry Emissions*, de IPCC (2006). Os combustíveis em questão são todos aqueles contabilizados como “consumo final não energético” no BEN, à exceção daqueles incluídos no capítulo 5, acima mencionados.

Tabela A3. Valores Descontados dos Cálculos de Energia Referentes a Redutores e Contabilizados em Processos Industriais

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TJ																					
Coque de petróleo																					
Ferro gusa e aço	0,0	0,0	0,0	0,0	73,1	584,8	219,3	3.728,2	6.871,5	8.516,3	10.124,6	13.852,7	12.792,8	19.042,9	15.205,1	17.791,5	17.434,7	20.724,3	20.468,4	20.398,1	1.644,8
Ferroligas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.263,3	3.253,0	3.728,2	3.764,7	3.655,1	5.117,1	4.532,3	5.101,9	5.153,7	6.030,9	5.994,3	5.973,7	7.024,7
Não ferrosos	14.656,9	16.338,2	15.753,4	17.325,1	19.225,7	19.993,3	21.784,3	17.983,0	16.338,2	16.886,5	17.763,7	15.972,7	18.065,7	21.126,3	20.797,4	21.463,3	22.953,9	24.427,7	24.708,3	24.623,4	25.615,9
Outros carvões betuminosos																					
Ferro gusa e aço	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ferroligas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Não ferrosos	0,0	0,0	0,0	0,0	124,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Carvões coqueificáveis																					
Ferro gusa e aço	0,0	0,0	0,0	7.280,8	10.967,7	11.246,6	20.572,3	35.195,9	48.146,5	62.894,1	68.997,6	66.333,1	79.500,6	91.212,0	102.644,4	99.387,1	98.483,6	105.185,0	111.146,0	85.660,8	74.076,4
Ferroligas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	588,7	619,6	185,9	0,0	1.425,2	1.518,1	1.518,1	1.821,8	681,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Não ferrosos	0,0	0,0	0,0	0,0	2.577,4	588,7	4.058,7	4.058,7	3.377,1	4.678,3	6.630,2	5.143,1	6.713,9	4.709,3	4.771,3	4.864,2	4.718,6	4.988,2	1.580,1	1.461,6	25.789,3
Coque de carvão mineral																					
Ferro gusa e aço	206.758,0	249.080,3	252.258,0	262.831,4	270.544,7	276.640,3	275.687,0	275.253,6	268.118,1	238.795,8	268.609,2	260.578,1	275.687,0	270.891,4	275.224,7	253.993,8	241.280,3	264.593,6	263.322,5	208.024,8	299.490,4
Ferroligas	1.068,9	1.097,8	1.820,0	1.762,2	1.646,7	1.473,3	1.646,7	1.415,6	288,9	173,3	231,1	780,0	300,4	3.293,3	4.448,9	3.858,6	3.900,0	4.362,2	4.968,9	3.838,1	4.497,9
Não ferrosos	3.004,4	2.831,1	2.628,9	7.337,8	3.668,9	7.048,9	6.933,3	3.380,0	3.148,9	3.148,9	3.640,0	3.640,0	3.516,2	4.535,6	5.720,0	5.815,2	6.124,5	6.326,7	6.240,0	5.772,0	6.368,3
Carvão vegetal																					
Ferro gusa e aço	182.835,9	154.166,3	143.726,3	157.547,2	162.604,9	149.216,8	129.445,6	135.558,2	124.333,8	141.968,3	153.300,9	144.023,8	149.162,7	169.853,5	205.230,6	201.121,3	194.082,1	199.904,5	195.907,6	114.037,1	141.177,9
Ferroligas	15.146,2	20.420,3	17.309,9	20.961,2	18.310,6	15.957,6	24.206,8	16.228,0	13.604,5	15.119,1	18.013,1	11.035,1	14.014,5	22.259,5	23.368,4	23.873,1	24.088,0	25.774,1	26.288,3	20.305,7	23.796,3
Não ferrosos	10.656,4	8.546,8	8.600,9	4.733,2	5.138,9	6.112,6	1.298,2	1.081,9	919,6	108,2	243,4	243,4	324,6	324,6	324,6	330,9	354,1	371,8	381,7	353,0	389,5

2.2. Determinação do consumo de combustíveis (Passo 1)

Como indicado, a principal fonte de dados utilizada para a determinação do consumo de combustíveis é o BEN que atualmente possui uma ampla abertura no que se refere à informação de consumo de combustíveis.

2.3. Conversão para uma unidade comum de energia (Passo 2)

Na Tabela A3 são listados os fatores adotados na conversão das unidades primárias de representação no BEN para tep. Os fatores utilizados foram obtidos da planilha disponibilizada pelo MME, como indicado.

Tabela A4. Fatores de Conversão de Unidades Naturais para tep

	PETRÓ_ LEO	GÁS NAT. ÚMIDO	GÁS NAT. SECO	C.VAPOR 3.100	C.VAPOR 3.300	C.VAPOR 3.700	C.VAPOR 4.200	C.VAPOR 4.500	C.VAPOR 4.700	C.VAPOR 5.200	C.VAPOR 5.900	C.VAPOR 6.000	C.VAPOR S.ESPEC.
	mil m3	milh m3	milh m3	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t
1990 a 2002	0,8874	0,993	0,88	0,295	0,31	0,349517	0,4	0,424923	0,445	0,490139	0,56	0,57	0,285
2003	0,8874	0,993	0,88	0,295	0,31	0,349517	0,4	0,424923	0,445	0,490139	0,56	0,57	0,285
2004	0,889	0,993	0,88	0,295	0,31	0,349517	0,4	0,424923	0,445	0,490139	0,56	0,57	0,285
2005	0,8874	0,993	0,88	0,295	0,31	0,349517	0,4	0,424923	0,445	0,490139	0,56	0,57	0,285
2006	0,89	0,993	0,88	0,295	0,31	0,349517	0,4	0,424923	0,445	0,490139	0,56	0,57	0,285
2007	0,892	0,993	0,88	0,295	0,31	0,349517	0,4	0,424923	0,445	0,490139	0,56	0,57	0,285
2008	0,89	0,991	0,88	0,295	0,31	0,349517	0,4	0,424923	0,445	0,490139	0,56	0,57	0,285
2009	0,889	0,9927	0,88	0,295	0,31	0,349517	0,4	0,424923	0,445	0,490139	0,56	0,57	0,285
2010	0,891	0,9927	0,88	0,295	0,31	0,349517	0,4	0,424923	0,445	0,490139	0,56	0,57	0,285
	CARVÃO MET.NAC.	CARVÃO MET.IMP.	URÂNIO (U3O8)	OUTRAS NÃO REN.	HIDRÁU_ LICA	LENHA	CALDO DE CANA	MELAÇO	BAGAÇO DE CANA	LIXÍVIA	OUTRAS RENOV.	ÓLEO DIESEL	ÓLEO COMBUST.
	mil t	mil t	t	tep	GWh	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil tep	mil m3	mil m3
1990 a 2002	0,64197	0,74	10,13905	1	0,086	0,31	0,062319	0,184959	0,212971	0,286339	1	0,848	0,959
2003	0,64197	0,74	10,13905	1	0,086	0,31	0,062319	0,184959	0,212971	0,286339	1	0,848	0,959
2004	0,64197	0,74	10,13905	1	0,086	0,31	0,0607	0,18	0,212971	0,286339	1	0,848	0,959
2005	0,64197	0,74	10,13905	1	0,086	0,31	0,062319	0,184959	0,212971	0,286339	1	0,848	0,959
2006	0,64197	0,74	10,13905	0	0,086	0,31	0,062319	0,184959	0,212971	0,286339	1	0,848	0,959
2007	0,64197	0,74	10,13905	1	0,086	0,31	0,062319	0,184959	0,212971	0,286339	2	0,848	0,959
2008	0,64197	0,74	10,139	1	0,086	0,31	0,062319	0,184959	0,212971	0,286339	1	0,848	0,959
2009	0,64197	0,74	10,13905	1	0,086	0,31	0,062	0,1813	0,212971	0,286339	1	0,848	0,959
2010	0,64197	0,74	10,139	1	0,086	0,31	0,062	0,185	0,212971	0,286339	2	0,848	0,959

	GASOLINA AUTOMOT.	GASOLINA AVIAÇÃO	GLP	NAFTA	QUEROS. ILLUMIN.	QUEROS. AVIAÇÃO	GÁS DE COQUERIA	GÁS CAN. RJ	GÁS CAN. SP	COQUE C. MINERAL	URÂNIO C. UO2	ELETRI_CIDADE
	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	milh m3	milh m3	milh m3	mil t	t	GWh
1990 a 2002	0,77	0,763	0,611	0,765	0,822	0,822	0,43	0,38	0,45	0,69	73,90807	0,086
2003	0,77	0,763	0,611	0,765	0,822	0,822	0,43	0,38	0,45	0,69	73,90807	0,086
2004	0,77	0,763	0,611	0,765	0,822	0,822	0,43	0,38	0,45	0,69	73,90807	0,086
2005	0,77	0,763	0,611	0,765	0,822	0,822	0,43	0,38	0,45	0,69	73,90807	0,086
2006	0,77	0,763	0,611	0,765	0,822	0,822	0,43	0,38	0,45	0,69	73,90807	0,086
2007	0,77	0,763	0,611	0,765	0,822	0,822	0,43	0,38	0,45	0,69	73,90807	0,086
2008	0,77	0,763	0,611	0,765	0,822	0,822	0,43	0,38	0,45	0,69	73,90807	0,086
2009	0,77	0,763	0,611	0,765	0,822	0,822	0,43	0,38	0,45	0,69	73,90807	0,086
2010	0,77	0,763	0,611	0,765	0,822	0,822	0,43	0,38	0,45	0,69	73,90807	0,086
	CARVÃO VEGETAL	ÁLCOOL ANIDRO	ÁLCOOL HIDRAT.	GÁS DE REFINARIA	COQUE PETRÓLEO	OUT.EN. PETRÓLEO	ALCA_TRÃO	ASFALTO	LUBRIFI_CANTES	SOLVEN_TES	OUT.NÃO EN.PET.	
	mil t	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	
1990 a 2002	0,646	0,534	0,51	0,655	0,873	0,889587	0,855	1,018	0,891	0,781	0,89	
2003	0,646	0,534	0,51	0,655	0,873	0,889587	0,855	1,018	0,891	0,781	0,89	
2004	0,646	0,534	0,51	0,655	0,873	0,889587	0,855	1,018	0,891	0,781	0,89	
2005	0,646	0,534	0,51	0,655	0,873	0,889587	0,855	1,018	0,891	0,781	0,89	
2006	0,646	0,534	0,51	0,655	0,873	0,889587	0,855	1,018	0,891	0,781	0,89	
2007	0,646	0,534	0,51	0,655	0,873	0,889587	0,855	1,018	0,891	0,781	0,89	
2008	0,646	0,534	0,51	0,655	0,873	0,889587	0,855	1,018	0,891	0,781	0,89	
2009	0,646	0,534	0,51	0,652	0,87	0,889587	0,855	1,014	0,87	0,781	0,81	
2010	0,646	0,534	0,51	0,655	0,873	0,889587	0,855	1,018	0,891	0,781	0,87	

Fonte: BEN (2013).

Como os fatores de emissão do IPCC (2006) são expressos em kg CO₂/TJ, os valores em tep devem ser convertidos a TJ:

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

2.4. Fatores de emissão de dióxido de carbono - CO₂ (Passo 3)

Os fatores de emissão de dióxido de carbono (CO₂) utilizados neste trabalho estão listados na Tabela A5.

Tabela A5. FEs para Dióxido de Carbono dos Combustíveis (kg CO₂/TJ)

BEN	Kg CO ₂ /TJ	Origem
Fontes Fósseis		
Gasolina automotiva	69300	a
Gasolina de aviação	70000	a
Querosene de aviação	71500	a
Querosene iluminante	71900	a
Óleo diesel	74100	a
Óleo combustível	77400	a
GLP	63100	a
Nafta	73300	a
Coque de petróleo	97500	a
Gás de refinaria	57600	a
Outros energéticos do petróleo	73300	a
Carvão metalúrgico (import. e doméstico) e carvão vapor 6.000 kcal/kg	94600	a
Carvão vapor 5900 kcal/kg	94600	a
Carvão vapor (de 4200 a 5200 kcal/kg)	96100	a
Carvão vapor (sem especificação e de 3100 a 3700 kcal/kg)	101000	a
Coque de carvão mineral	107000	a
Alcatrão	80700	a
Gás canalizado (gás de cidade)	Ver tabela A6	c
Gás de coqueria	44400	a
Gás natural úmido	56100	a
Gás natural seco	56100	a
Outras primárias não renováveis	73300	b
Biomassa		
Lenha (queima direta)	95280	c

BEN	Kg CO ₂ /TJ	Origem
Lenha (carvoejamento)	46140	c
Lixívia	95300	a
Bagaço de cana	100000	a
Outras primárias de biomassa (resíduos vegetais)	100000	a
Carvão vegetal	106519	c
Álcool hidratado	70800	a
Álcool anidro	70800	a
Biodiesel	74100	b
Biogás	54600	a

A maior parte dos fatores apresentados na Tabela A4 é extraída diretamente do IPCC (2006) e está classificada com a letra (a). As exceções foram classificadas com a letra (b) - fatores que foram adaptados do IPCC, conforme a seguir - e com a letra (c) - fatores que foram calculados no âmbito deste trabalho.

Fator de emissão do tipo (b):

Para os distintos **Carvões Vapor** foram adotados os fatores de emissão conforme abaixo:

MCTI	IPCC (2006)
Carvão vapor 5900 kcal/kg	Other Bit. Coal
Carvão vapor (de 4200 a 5200 kcal/kg)	Sub-bit. Coal
Carvão vapor (sem especificação e de 3100 a 3700 kcal/kg)	Lignito

No caso do **Gás natural úmido** utilizou-se o fator de emissão de **Gás natural seco**

Para **Bagaço de cana e outros resíduos vegetais** o fator de emissão adotado é o de *Other Primary Solid Biomass*. **Biodiesel** utiliza valor igual ao de diesel⁴

Fator de emissão do tipo (c):

Para a **Lenha para Queima Direta** foi calculado o fator com base no teor de carbono na madeira (0,470) de acordo com dado fornecido pelo MCTI utilizado no Terceiro Inventário referente ao setor de Mudança de Uso do Solo, e no PCI (4.320 kcal/kg), resultando em 95280 kgCO₂/TJ.

⁴ O IPCC (2006) apresenta valores para biodiesel. Entretanto não se aplica ao biodiesel brasileiro por se tratar de *Ethanol theoretical number*.

Para a **Lenha para Carvoejamento**, consumida nas carvoarias durante o processo de carvoejamento (*Firewood to Charcoal Production*), utilizou-se o fator de emissão de 46140 kgCO₂/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.

$$\omega_{Carvoaria}^{CO_2} = V_{lenha} - V_{carvãovegetal} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde

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

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

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

Considerando os valores de 0,470 e 0,821, 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:

$$\begin{aligned} V_{lenha} &= 0,470 \cdot 0,75 \cdot m_{lenha} = \\ V_{lenha} &= 0,3525 \cdot m_{lenha} \end{aligned} \quad \text{Eq. 3}$$

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 0,821 a sua fração mássica de carbono e sendo $m_{carvão vegetal}$ a massa do Carvão Vegetal, pode ser calculado como:

$$V_{carvãovegetal} = 0,821 \cdot m_{carvãovegetal} \quad \text{Eq. 4}$$

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

$$\omega_{Carvoaria}^{CO_2} = 0,3525 \cdot m_{lenha} - 0,821 \cdot m_{carvãovegetal} \quad \text{Eq. 5}$$

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 0,36 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

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

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:

$$\begin{aligned} \omega_{\text{Carvoaria}}^{\text{CO}_2} &= 0,3525 \cdot m_{\text{lenha}} - 0,821 \cdot 0,230 \cdot m_{\text{lenha}} = \\ \omega_{\text{Carvoaria}}^{\text{CO}_2} &= 0,1633 \cdot m_{\text{lenha}} \end{aligned} \quad \text{Eq. 8}$$

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

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{lenha/carv}}^{\text{CO}_2} &= \left(\frac{0,1633 \cdot m_{\text{lenha}}}{m_{\text{lenha}} \cdot 0,310 \cdot 41,868 \cdot 10^{-3}} \right) = \\ \varepsilon_{\text{lenha/carv}}^{\text{CO}_2} &= 12,58 \text{ tC} / \text{TJ} = 46140 \text{ kgCO}_2 / \text{TJ} \end{aligned} \quad \text{Eq. 10}$$

⁵ Energia com base no PCI.

⁶ CETEC (Publicação SPT/008, 1982).

onde o valor de 0,310 é o fator de conversão de toneladas de Lenha para tep (BEN, 2013) e o valor $41,868 \times 10^{-3}$ é o fator de conversão de tep para TJ.

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, resultando em 106.519 kgCO₂/TJ.

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. Os resultados estão na Tabela A6.

Tabela A6. FEs para Dióxido de Carbono do Gás Canalizado (kgCO₂/TJ)

Ano	tC/TJ	kgCO ₂ /TJ	Ano	tC/TJ	kgCO ₂ /TJ
1970	23,5	86.167	1989 e 1990	17,6	64.533
1971	22,9	83.967	1991	17,7	64.900
1972	21,7	79.567	1992	17,2	63.067
1973	21	77.000	1993	17,5	64.167
1974	20,1	73.700	1994	17	62.333
1975 a 1982	20	73.333	1995	16,9	61.967
1983	18,7	68.567	1996	17	62.333
1984	17,7	64.900	1997	17,1	62.700
1985	17,9	65.633	1998	15,3	56.100
1986	17,8	65.267	1999 a 2001	15,3	56.100
1987	17,7	64.900	2002	15,2	55.733
1988	18	66.000			

3. 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 empregada e das condições de operação. Sendo assim, o cálculo mais preciso das emissões de gases não-CO₂ exigiria 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 rodoviários (Relatório de Referência de “Emissões de Gases de Efeito Estufa do Transporte Rodoviário”) e que pode ser classificado como um método *Tier 3*.

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

$$\Omega^{n-CO_2} = \sum_i \omega_i^{n-CO_2} \quad \text{Eq. 11}$$

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 e das condições de seu uso. Tecnologias diferentes, consumindo a mesma quantidade de um mesmo tipo de combustível para satisfazer o mesmo uso final, podem resultar em diferentes emissões destes gases. 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:

$$\omega_i^{n-CO_2} = \sum_b \sum_j \varepsilon_{bij}^{n-CO_2} * C_{bij} \quad \text{Eq. 12}$$

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- CO_2 , 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:

$$C_{bij} = C_{bi} * f_{bij} \quad \text{Eq. 13}$$

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. 12 como:

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

Definindo-se

$$\omega_{bij}^{n-CO_2} = \varepsilon_{bij}^{n-CO_2} * C_{bi} * f_{bij} \quad \text{Eq. 15}$$

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

A Eq. 14 pode ser reescrita de uma forma ainda mais detalhada, para que as tecnologias de consumo também sejam consideradas:

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

Onde

$\varepsilon_{bjk}^{n-CO_2}$ = fator de emissão do gás não- CO_2 , 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

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

pode-se associar o termo $\omega_{bijk}^{n-CO_2}$ 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).

3.1. Determinação do consumo

3.1.1. Coeficientes de destinação de uso final

Para a determinação dos coeficientes de destinação de uso final dos energéticos em cada setor (ou subsetor), foi utilizada a versão de 2005 do Balanço de Energia Útil (BEU), publicada pelo Ministério de Minas e Energia, cujos coeficientes de destinação ali expressos são apresentados para 1984, 1994 e 2004. Uma vez que o Inventário se estende de 1990 a 2010, foi utilizada a interpolação⁷ dos coeficientes de destinação aplicada no Segundo Inventário para a obtenção dados anuais até 2004, e mantidos constantes a partir deste ano. As destinações listadas no BEU são: Força Motriz (FM), Calor de Processo (CP), Aquecimento Direto (AD), Iluminação (I), Eletroquímica (E), Refrigeração

⁷ A interpolação no Segundo Inventário foi feita mediante o uso de um *software* desenvolvido pela OSCIP e&e.

(R)⁸ 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 destaca a produção de alumínio do restante da indústria de metais não-ferrosos, e para o setor de Alimentos e Bebidas, para o qual se apresentam coeficientes em separado 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.

3.1.2. Tecnologias

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 de água 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, também se utilizou como referência básica o Balanço de Energia Útil em sua última edição, pois o estudo contém os resultados de pesquisas de campo aplicada aos setores de consumo de energia, visando a determinação da tecnologia utilizada nesses setores.

⁸ Os dados de uso de combustíveis para Refrigeração só passaram a ser divulgados na publicação do BEU de 2005.

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, altos-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.

3.2. 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 encontram-se nos relatórios *1995 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 1995), *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 1997), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2006) e *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013* (EMEP/EEA, 2013) usando-se, sempre que possível, valores disponíveis do banco de dados mais atual e evitando-se passar de Tier 2 para Tier 1, com relação ao Segundo Inventário.

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, há 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 da “Fonte” 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: (*IPCC 1995, IPCC 1997, IPCC 2006 e EMEP/EEA 2013*).

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

3.3. Subsetor Energético⁹

3.3.1. Força Motriz (Motores)

Para os motores a combustível líquido ou gasoso, são utilizados, quando possível, os fatores de emissão do *Large Diesel Fuel Engines > 600hp*. Para os gases cujos 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.

Os FEs para Força Motriz no Subsetor Energético estão apresentados a seguir, na Tabela A7.

Tabela A7. FEs para Força Motriz no Setor Energético

Combustível	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
• Óleo Diesel	CO	350	1.53	<i>Utility Boiler Source Performance / Large</i>	2	IPCC 1997

⁹ O subsetor Energético é o mesmo do BEN, ou seja, não inclui a geração termelétrica nem as carvoarias, que serão tratadas em itens específicos.

Combustível	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
• Óleo Combustível				<i>Diesel Fuel Engines > 600hp (447 kW)</i>	1	IPCC 2006
	CH ₄	4	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Large Stationary Diesel Oil Engines >600hp (447 kW)</i>		
	NO _x	1300	1.53	<i>Utility Boiler Source Performance / Large Diesel Fuel Engines > 600hp (447 kW)</i>		
	N ₂ O	0,6	2.16	<i>Energy Industries</i>		
	NM VOC	5	1.42	<i>Energy Industries / Oil</i>		
• GLP	CO	350	1.53	<i>Utility Boiler Source Performance / Large Diesel Fuel Engines > 600hp (447 kW)</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	4				
	NO _x	1300				
	N ₂ O	0,1	2.16	<i>Energy Industries</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	5	1.42	<i>Energy Industries / Natural Gas</i>		IPCC 1997
• Outros Energéticos de Petróleo	CO	15	1.40	<i>Energy Industries / Oil</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	3	2.16	<i>Energy Industries</i>		IPCC 2006
	NO _x	200	1.38	<i>Energy Industries / Oil</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	0,6	2.16	<i>Energy Industries</i>		IPCC 2006
	NM VOC	5	1.42	<i>Energy Industries / Oil</i>		IPCC 1997

3.3.2. Calor de Processo (Caldeiras)

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 têm 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.

Para Alcatrão, consideraram-se os mesmos valores de uma caldeira utilizados para o Óleo Combustível. Esta decisão foi tomada em virtude da falta de dados referentes aos fatores de emissão daquele energético para calor de processo.

Os FEs para Calor de Processo no Subsetor Energético estão apresentados a seguir, na Tabela A8.

Tabela A8. FEs para Calor de Processo no Subsetor Energético

Combustível	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 - Boilers</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1	2.25	<i>Utility Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers</i>		IPCC 2006
	NO _x	250	1.53	<i>Utility Boiler Source Performance / Natural Gas - Boilers</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	1	2.25	<i>Utility Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers</i>		IPCC 2006
	NM VOC	5	1.42	<i>Energy Industries - Natural Gas</i>	1	IPCC 1997
<ul style="list-style-type: none"> • Óleo Diesel • Querosene Iluminante 	CO	16	1.53	<i>Utility Boiler Source Performance / Oil - Distillate Fuel Oil, Normal Firing</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	0,9	2.25	<i>Utility Source Emission Factors / Liquid Fuels - Gas/Diesel Oil Boilers, Normal Firing</i>		IPCC 2006
	NO _x	220	1.53	<i>Utility Boiler Source Performance / Oil - Distillate Fuel Oil, Normal Firing</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	0,4	2.25	<i>Utility Source Emission Factors / Liquid Fuels - Gas/Diesel Oil Boilers, Normal Firing</i>		IPCC 2006
	NM VOC	5	1.42	<i>Energy Industries / Oil</i>	1	IPCC 1997
<ul style="list-style-type: none"> • Óleo Combustível • Alcatrão 	CO	15	1.53	<i>Utility Boiler Source Performance / Oil - Residual Fuel Oil, Normal Firing</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	0,8	2.25	<i>Utility Boiler Emission Factors / Liquid Fuels - Residual Fuel Oil, Normal Firing</i>		IPCC 2006
	NO _x	200	1.53	<i>Utility Boiler Source Performance / Oil - Residual Fuel Oil, Normal Firing</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	0,3	2.25	<i>Utility Boiler Emission Factors / Liquid Fuels - Residual Fuel Oil, Normal Firing</i>		IPCC 2006
	NM VOC	5	1.42	<i>Energy Industries / Oil</i>	1	IPCC 1997

Combustível	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
• Outros Energéticos de Petróleo	CO	15	1.40	<i>Energy Industries / Oil</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	3	2.16	<i>Energy Industries</i>		IPCC 2006
	NO _x	200	1.38	<i>Energy Industries / Oil</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	0,6	2.16	<i>Energy Industries</i>		IPCC 2006
	NMVOC	5	1.42	<i>Energy Industries / Oil</i>		IPCC 1997
• Lenha	CO	1000	1.40	<i>Energy Industries / Wood/Wood Waste</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	11	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Biomass - Wood/Wood Waste</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	100	1.36	<i>Energy Industries / Wood/Wood Waste</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	7	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Biomass - Wood/Wood Waste</i>	2	IPCC 2006
	NMVOC	50	1.42	<i>Energy Industries / Wood/Wood Waste</i>	1	IPCC 1997
• Bagaço	CO	1000	1.40	<i>Energy Industries / Other Biomass</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	30	2.17	<i>Energy Industries / Solid Biofuels - Other Primary Solid Biomass</i>		IPCC 2006
	NO _x	100	1.38	<i>Energy Industries / Other Biomass</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	4	2.17	<i>Energy Industries / Solid Biofuels - Other Primary Solid Biomass</i>		IPCC 2006
	NMVOC	50	1.42	<i>Energy Industries / Other Biomass</i>		IPCC 1997
• Carvão Sub-Betuminoso	CO	20	1.40	<i>Energy Industries / Coal</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	1	2.16	<i>Energy Industries / Sub-Bituminous Coal</i>		IPCC 2006
	NO _x	300	1.38	<i>Energy Industries / Coal</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	1,5	2.16	<i>Energy Industries / Sub-Bituminous Coal</i>		IPCC 2006
	NMVOC	5	1.42	<i>Energy Industries / Coal</i>		IPCC 1997

3.3.3. Aquecimento Direto (Fornos)

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 NMVOC, sendo representados por fatores Tier 1.

Para Alcatrão, consideraram-se os mesmos valores de uma caldeira utilizados para o Óleo Combustível. Esta decisão foi tomada em virtude da falta de dados referentes aos fatores de emissão daquele energético para calor de processo.

Os FEs para Aquecimento Direto no Subsetor Energético estão apresentados a seguir, na Tabela A9.

Tabela A9. FEs para Aquecimento Direto no Subsetor Energético

Combustível	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
<ul style="list-style-type: none"> • Gás Natural • Gás de Coqueira • Gás de Refinaria • Gás Canalizado •GLP 	CO	83	1.55	<i>Kilns, Ovens and Dryers Source Performance / Kilns - Natural Gas</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1,1	2.27	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Emission Factors / Kilns - Natural Gas</i>		IPCC 2006
	NO _x	1111	1.55	<i>Kilns, Ovens and Dryers Source Performance / Kilns - Natural Gas</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	0,1	2.16	<i>Energy Industries</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	5	1.42	<i>Energy Industries / Natural Gas</i>		IPCC 1997
<ul style="list-style-type: none"> • Óleo Diesel • Querosene Iluminante • Óleo Combustível • Outros Energéticos de Petróleo • Alcatrão • Coque de Petróleo 	CO	79	1.55	<i>Kilns, Ovens and Dryers Source Performance / Kilns - Oil</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1	2.27	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Emission Factors / Kilns - Oil</i>		IPCC 2006
	NO _x	527	1.55	<i>Kilns, Ovens and Dryers Source Performance / Kilns - Oil</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	0,6	2.16	<i>Energy Industries</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	5	1.42	<i>Energy Industries / Oil</i>		IPCC 1997
<ul style="list-style-type: none"> • Bagaço 	CO	1000	1.40	<i>Energy Industries / Other Biomass and Wastes</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	30	2.17	<i>Energy Industries</i>		IPCC 2006
	NO _x	100	1.38	<i>Energy Industries / Other Biomass and Wastes</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	4	2.17	<i>Energy Industries</i>		IPCC 2006
	NM VOC	50	1.42	<i>Energy Industries / Other Biomass and Wastes</i>		IPCC 1997

3.3.4. Iluminação

O subsetor energético apresenta um pequeno consumo de Outros Energéticos de Petróleo na destinação Iluminação. Como não se identificaram fatores de emissão específicos, optou-se por um fator genérico.

Os FEs para Iluminação no Subsetor Energético estão apresentados a seguir, na Tabela A10.

Tabela A10. FEs para Iluminação no Subsetor Energético

Combustível	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
• Outros Energéticos de Petróleo	CO	15	1.40	<i>Energy Industries / Oil</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	3	2.16	<i>Energy Industries</i>		IPCC 2006
	NO _x	200	1.38	<i>Energy Industries / Oil</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	0,6	2.16	<i>Energy Industries</i>		IPCC 2006
	NMVOG	5	1.42	<i>Energy Industries / Oil</i>		IPCC 1997

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

Tabela A11. Fatores de Emissão de gases não-CO₂ no Subsetor Energético - consolidação

Motores (Força Motriz)		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG	
Óleo Diesel e Óleo combustível	350	4,0	1300	0,6	5	
GLP	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	NMVOG	
Gás Natural, Gás de Coqueria, Gás Refinaria, Gás Canalização e GLP	18	1	250	0,1	5	
Óleo Diesel e Querosene Iluminante	16	0,9	220	0,4	5	
Óleo Combustível e Alcatrão	15	0,8	200	0,3	5	
Coque de Petróleo e Outros Energéticos de Petróleo	15	3	200	0,6	5	
Bagaço	1000	30	100	4	50	
Lenha	1000	11	100	7	50	
Carvão Sub-Betuminoso	20	1	300	1,5	5	
Fornos (Aquecimento Direto)		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG	
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, Alcatrão 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	NMVOG	
Outros Energéticos de Petróleo e Gás de Refinaria	15	3	200	0,6	5	

3.4. 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.

3.4.1. Força Motriz

Para a emissão dos gases CH₄ e N₂O no uso de força motriz, adotaram-se fatores do subsetor Residencial na ausência de fatores específicos para o subsetor Comercial no Guia do IPCC. De acordo com o Balanço de Energia Útil (BEU), as eficiências energéticas em ambos os setores são iguais para este tipo de uso, indicando semelhança no tipo de equipamento usado em relação à queima ocorrida.

Ratificando a premissa adotada no segundo inventário, assumiu-se que 100% do consumo de querosene no setor público se referem à iluminação.

Os FEs para Força Motriz nos Subsetores Comercial e Público estão apresentados a seguir, na Tabela A12.

Tabela A12. FEs para Força Motriz nos Subsetores Comercial e Público

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Óleo Diesel	CO	130	1.A.4 59	<i>Comm./Instit.- Stationary Engines, Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	0,7	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Gas/Diesel Oil Combustors</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	942	1.A.4 59	<i>Comm./Instit.- Stationary Engines, Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.20	<i>Commercial/Institutional</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	50	1.A.4 59	<i>Comm./Instit.- Stationary Engines, Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013

3.4.2. Calor de Processo (caldeiras e aquecedores de água)

Os fatores de emissão referentes ao consumo de gás canalizado são os mesmos adotados para o Gás Natural. Para o GLP, Óleo Diesel e Óleo Combustível, foram adotados fatores tier 2 dos Guias IPCC 1997 e 2006 para os gases CH₄, N₂O, CO e NO_x, na ausência de fatores tier 2 no guia do EMEP/EEA para estes combustíveis em usos de calor de processo. Para NMVOC, adotou-se o fator do EMEP/EEA tier 1.

Os FEs para Calor de Processo nos Subsetores Comercial e Público estão apresentados a seguir, na Tabela A13.

Tabela A13. FEs para Calor de Processo nos Subsetores Comercial e Público

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Gás Natural Seco •Gás Canalizado	CO	24	1.A.4 54	<i>Commercial/Institutional: stationary / Medium size (>50kWth to <= 1MWth) boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	73	1.A.4 54	<i>Commercial/Institutional: stationary / Medium size (>50kWth to <= 1MWth) boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NMVOC	0,36	1.A.4 54	<i>Commercial/Institutional: stationary / Medium size (>50kWth to <= 1MWth) boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
•GLP	CO	10,2	1.57	<i>Commercial Source Performance / Oil - LPG Boilers*</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	0,9	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Liquid Fuels - Liquefied Petroleum Gases Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	70,5	1.57	<i>Commercial Source Performance / Oil - LPG Boilers*</i>	2	IPCC 1997
	N ₂ O	4	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Liquid Fuels - Liquefied Petroleum Gases Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NMVOC	23	1.A.4 29	<i>Commercial/institutional: stationary / Gaseous Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Óleo Diesel	CO	16	1.57	<i>Commercial Source Performance / Distillate Fuel Oil</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	0,7	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Gas/ Diesel Oil Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	65	1.57	<i>Commercial Source Performance / Distillate Fuel Oil</i>	2	IPCC 1997
	N ₂ O	0,4	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Gas/ Diesel Oil Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NM VOC	25	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
•Óleo Combustível	CO	15	1.57	<i>Commercial Source Performance / Residual Fuel Oil</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1,4	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Residual Fuel Oil Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	170	1.57	<i>Commercial Source Performance / Residual Fuel Oil</i>	2	IPCC 1997
	N ₂ O	0,3	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Residual Fuel Oil Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NM VOC	25	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
•Outros Energéticos de Petróleo	CO	66	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	10	2.20	<i>Commercial/Institutional</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.20	<i>Commercial/Institutional</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	25	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
•Lenha	CO	570	1.A.4 52	<i>Commercial/Institutional: stationary / Wood Combustion <1MW Manual Boilers</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	11	2.29	<i>Commercial/Institutional Source / Biomass - Wood/Wood Waste Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	91	1.A.4 52	<i>Commercial/Institutional: stationary / Wood Combustion <1MW Manual Boilers</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	7	2.29	<i>Commercial/Institutional Source - Biomass - Wood/Wood Waste Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NM VOC	300	1.A.4 52	<i>Commercial/Institutional: stationary / Wood Combustion <1MW Manual Boilers</i>	2	EMEP/EEA 2013

3.4.3. Aquecimento Direto (secadores e fornos)

Assumiui-se que o uso da energia para aquecimento direto nos subsetores Comercial e Público pode acontecer tanto através de tecnologias com eficiências semelhantes às usadas no subsetor Residencial como através de tecnologias com eficiências semelhantes às usadas em alguns setores industriais, de acordo com o Balanço de Energia Útil (BEU). Dessa forma, os fatores adotados referem-se a fornos, fornalhas ou secadores, de acordo com o combustível analisado. No caso do uso de coque de petróleo e outros energéticos de petróleo foram utilizados fatores *Tier 1* na ausência de fatores específicos do uso destes combustíveis em fornos e secadores em todos os guias.

Os FEs para Aquecimento Direto nos Subsetores Comercial e Público estão apresentados a seguir, na Tabela A14.

Tabela A14. FEs para Aquecimento Direto nos Subsetores Comercial e Público

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Gás Natural Seco	CO	11	1.55	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Performance / Dryer - Natural Gas</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1,1	2.27	<i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Emission Factors / Dryers - Natural Gas</i>	2	IPCC 2006
	NOx	64	1.55	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Performance / Dryer - Natural Gas</i>	2	IPCC 1997
	N ₂ O	0,1	2.21	<i>Commercial/Institutional</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	23	1.A.4 29	<i>Commercial/institutional: stationary / Gaseous Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
•Gás Canalizado	CO	18	1.56	<i>Residential Source Performance / Natural Gas - Furnaces</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers and Furnaces</i>	2	IPCC 2006
	NOx	43	1.56	<i>Residential Source Performance / Natural Gas - Furnaces</i>	2	IPCC 1997
	N ₂ O	1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers and Furnaces</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	23	1.A.4 29	<i>Commercial/institutional: stationary / Gaseous Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
•GLP	CO	10	1.56	<i>Residential Source Performance / Oil - Propane/Butane Furnaces</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1,1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Liquid Fuels - Liquefied Petroleum Gas Furnaces</i>	2	IPCC 2006
	NOx	47	1.56	<i>Residential Source Performance / Oil - Propane/Butane Furnaces</i>	2	IPCC 1997

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
	N ₂ O	1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers and Furnaces</i>	2	IPCC 2006
	NM VOC	23	1.A.4 29	<i>Commercial/institutional: stationary / Gaseous Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> •Óleo Diesel •Óleo Combustível 	CO	16	1.55	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Performance / Dryer - Oil</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1,0	2.27	<i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Emission Factors / Dryer - Oil</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	168	1.55	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Performance / Dryer - Oil</i>	2	IPCC 1997
	N ₂ O	0,6	2.20	<i>Commercial/Institutional / Gas/Diesel Oil, Residual Fuel Oil</i>	2	IPCC 2006
	NM VOC	25	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> •Coque de Petróleo •Outros Energéticos de Petróleo 	CO	66	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	10	2.20	<i>Commercial/Institutional / Petroleum Coke, Other Petroleum Products</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.20	<i>Commercial/Institutional / Petroleum Coke, Other Petroleum Products</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	25	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> •Lenha 	CO	570	1.A.4 31	<i>Commercial/institutional: stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	932	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Biomass - Wood Stoves, Conventional</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	91	1.A.4 31	<i>Commercial/institutional: stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	4	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Biomass - Wood Stoves, Conventional</i>	2	IPCC 2006
	NM VOC	300	1.A.4 31	<i>Commercial/institutional: stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> •Carvão Vegetal 	CO	570	1.A.4 31	<i>Commercial/institutional: stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	275	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Biomass - Charcoal Stoves</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	91	1.A.4 31	<i>Commercial/institutional: stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1,6	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Biomass - Charcoal Stoves</i>	2	IPCC 2006

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
	NMVOG	300	1.A.4 31	<i>Commercial/institutional: stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013

3.4.4. Iluminação

Foram utilizados fatores *Tier 1 (default)* por não haver nos guias fatores específicos para consumo de querosene em iluminação.

Os FEs para Iluminação nos Subsetores Comercial e Público estão apresentados a seguir, na Tabela A15.

Tabela A15. FEs para Iluminação nos Subsetores Comercial e Público

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Querosene Iluminante	CO	66	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	10	2.20	<i>Commercial/Institutional</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.20	<i>Commercial/Institutional</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	25	1.A.4 30	<i>Commercial/institutional: stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013

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

Tabela A16. Fatores de Emissão de Gases não-CO₂ nos Subsetores Comercial e Público - consolidação

Motores (Força Motriz)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH₄	NO_x	N₂O	NMVOG
Óleo Diesel	130	0,7	942	0,6	50
Caldeiras e aquecedores de água (Calor de Processo)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH₄	NO_x	N₂O	NMVOG
Gás Natural e Gás Canalizado	24	1,0	73	1,0	0,36
GLP	10,2	0,9	70,5	4	23
Óleo Diesel	16	0,7	65	0,4	25
Óleo Combustível	15	1,4	170	0,3	25
Coque de Petróleo e Outros Energéticos de Petróleo	66	10	513	0,6	25
Lenha	570	11	91	7	300
Secadores e fornos (Aquecimento Direto)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH₄	NO_x	N₂O	NMVOG
Gás Natural	11	1,1	64	0,1	23
Gás Canalizado	18	1	43	1	23
GLP	10	1,1	47	1	23
Óleo Diesel e Óleo Combustível	16	1,0	168	0,6	25
Coque de Petróleo e Outros Energéticos de Petróleo	66	10	513	0,6	25
Lenha	570	932	91	4	300
Carvão Vegetal	570	275	91	1,6	300
Iluminação	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH₄	NO_x	N₂O	NMVOG
Querosene Iluminante	66	10	513	0,6	25

3.5. Subsetor Residencial

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

3.5.1. Calor de Processo (aquecedores d'água)

No caso do uso calor de processo, os fatores de emissão referentes à utilização de gás natural para o aquecimento de água foram atualizados através do Guia do IPCC de 2006 e do guia do EMEP/EEA de 2013.

Porém, no caso do aquecimento de água realizado através da queima de GLP, foram adotados fatores Tier 2 do Guia do IPCC de 1996 para os gases CO e NO_x, enquanto que para os gases CH₄ e N₂O foram

considerados fatores do Guia do IPCC de 2006. Já, no caso das emissões do gás NMVOC pela queima de GLP no aquecimento de água, foi considerado o fator de emissão do tipo Tier 1 referente à queima de combustíveis gasosos no setor residencial extraído do Guia do EMEP/EEA de 2013. Ademais, na falta de valores específicos para aquecedores de água a GLP no subsetor residencial nos guias do IPCC de 1996 e do IPCC de 2006, assumiu-se que estes seriam semelhantes aos disponíveis para o subsetor comercial devido ao tipo de serviço oferecido (hotéis, hospitais, academias, entre outros) e ao fato de as eficiências energéticas dos equipamentos para o uso de calor de processo nos setores residencial e comercial serem iguais de acordo com o Balanço de Energia Útil.

Os FEs para Calor de Processo no subsetor Residencial estão apresentados a seguir, na Tabela A17.

Tabela A17. FEs para Calor de Processo no Subsetor Residencial

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
<ul style="list-style-type: none"> •Gás Natural Seco •Gás Canalizado 	CO	22	1.A.4 41	<i>Residential plants / Small (single household scale, capacity <=50 kWth) boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers and Furnaces</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	42	1.A.4 41	<i>Residential plants / Small (single household scale, capacity <=50 kWth) boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers and Furnaces</i>	2	IPCC 2006
	NMVOC	1,8	1.A.4 41	<i>Residential plants / Small (single household scale, capacity <=50 kWth) boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> •GLP 	CO	10,2	1.57	<i>Commercial Source Performance / Oil - LPG Boilers*</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	0,9	2.29	<i>Commercial/Institutional Source / Liquid Fuels - Liquefied Petroleum Gases Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	70,5	1.57	<i>Commercial Source Performance / Oil - LPG Boilers*</i>	2	IPCC 1997
	N ₂ O	4	2.29	<i>Commercial/Institutional Source / Liquid Fuels - Liquefied Petroleum Gases Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NMVOC	1,9	1.A.4 25	<i>Residential plants / Gaseous fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013

3.5.2. Aquecimento Direto (cocção de alimentos)

Os fatores de emissão de CH₄ e N₂O do uso de carvão vegetal em aquecimento direto escolhidos são os mais baixos do intervalo apresentado pelo IPCC no seu guia de 2006, com base em um estudo que verificou valores de diferentes fogões em países asiáticos em desenvolvimento. Assumiu-se que no Brasil, de forma geral, os fogões seriam menos precários que na maioria desses países.

No caso do fator de emissão de N₂O para o uso de lenha em aquecimento direto considerou-se a localização do fator de emissão do CH₄ para *Wood Stoves* (US), valor apresentado pelo IPCC (2006), dentro de outro intervalo de valores para *Wood Stoves* (China, Tailândia, Filipinas) e aplicou-se a proporção do mesmo sobre o intervalo para o N₂O.

Considerou-se ainda um fator de gás natural como fator de emissão de N₂O do uso de GLP, devido à falta de um fator específico de emissão de N₂O para esse combustível.

Os FEs para Aquecimento Direto no subsetor Residencial estão apresentados a seguir, na Tabela A18.

Tabela A18. FEs para Aquecimento Direto no Subsetor Residencial

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
<ul style="list-style-type: none"> •Gás Natural Seco •Gás Canalizado 	CO	30	1.A.4 35	<i>Residential - Other equipments (stoves, fireplaces, cooking,...) / Natural gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers and Furnaces</i>	2	IPCC 2006
	NOx	60	1.A.4 35	<i>Residential - Other equipments (stoves, fireplaces, cooking,...) / Natural gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers and Furnaces</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	2	1.A.4 35	<i>Residential - Other equipments (stoves, fireplaces, cooking,...) / Natural gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> •GLP 	CO	10	1.56	<i>Residential Source Performance / Oil - Propane/Butane Furnaces</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1,1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Liquid Fuels - Liquefied Petroleum Gas Furnaces</i>	2	IPCC 2006
	NOx	47	1.56	<i>Residential Source Performance / Oil - Propane/Butane Furnaces</i>	2	IPCC 1997
	N ₂ O	1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Liquid Fuels - Liquefied Petroleum Gas Furnaces</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	1,9	1.A.4 25	<i>Residential plants / Gaseous fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Lenha	CO	4000	1.A.4 39	<i>Residential plants / Conventional stoves - Wood and similar wood waste</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	932	2.28	<i>Residential Source / Biomass - Wood Stoves, Conventional</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	50	1.A.4 39	<i>Residential plants / Conventional stoves - Wood and similar wood waste</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	9,06	2.28	<i>Residential Source / Biomass - Wood Stoves, Conventional*</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	600	1.A.4 39	<i>Residential plants / Conventional stoves - Wood and similar wood waste</i>	2	EMEP/EEA 2013
•Carvão Vegetal	CO	4000	1.A.4 27	<i>Residential plants: stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	275	2.28	<i>Residential Source / Biomass - Wood Stoves</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	80	1.A.4 27	<i>Residential plants: stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1,6	2.28	<i>Residential Source / Biomass - Wood Stoves</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	600	1.A.4 27	<i>Residential plants: stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013

3.5.3. Iluminação

Foram utilizados fatores *Tier 1 (default)* por não haver nos guias fatores específicos para consumo de querosene em iluminação.

Os FEs para Iluminação no subsetor Residencial estão apresentados a seguir, na Tabela A19.

Tabela A19. FEs para Iluminação no subsetor Residencial

Combustível	GEE	FE (kg/TJ)	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Querosene Iluminante	CO	57	1.A.4 26	<i>Residential plants: stationary / Other Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	10	2.22	<i>Residential / Other Kerosene</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	51	1.A.4 26	<i>Residential plants: stationary / Other Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.22	<i>Residential / Other Kerosene</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	0,69	1.A.4 26	<i>Residential plants: stationary / Other Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013

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

Tabela A20. Fatores de Emissão de Gases não-CO₂ no Subsetor Residencial - consolidação

Aquecedores (Calor de Processo)		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOOC	
Gás Natural e Gás Canalizado	22	1	42	1	1,8	
GLP	10,2	0,9	70,5	4	1,9	
Fornos e Fogões (Aquecimento Direto)		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOOC	
Gás Natural e Gás Canalizado	30	1	60	1	2	
GLP	10	1,1	47	1	1,9	
Lenha	4000	932	50	9,06	600	
Carvão Vegetal	4000	275	80	1,6	600	
Iluminação		Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOOC	
Querosene Iluminante	57	10	51	0,6	0,69	

3.6. 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 não há fatores específicos para o subsetor Agropecuário para estimar as emissões de alguns combustíveis em determinados usos, buscou-se uma adaptação dos fatores de emissão apresentados para outros setores, considerando as similaridades entre os equipamentos utilizados em cada um.

3.6.1. Força Motriz

No subsetor Agropecuário, o uso de óleo diesel em força motriz corresponde principalmente ao uso de maquinário agrícola móvel. Desta forma, foram utilizados fatores Tier 1 do EMEP/EEA para maquinário *off-road* específico do setor agropecuário, conforme os fatores da tabela 3-1 desta parte do guia do EMEP/EEA.

O álcool hidratado é utilizado pelo subsetor agropecuário em aeronaves agrícolas para aplicação de fertilizantes e agrotóxicos. No entanto, à época de elaboração do segundo Inventário, o Balanço Energético não apresentava consumo de etanol no subsetor, sendo esta uma revisão incorporada no Balanço apenas nos últimos anos. Os guias do IPCC e do EMEP/EEA não apresentam fatores de emissão para o uso de álcool hidratado em aeronaves agrícolas. Assim foram utilizados fatores de emissão Tier 1 do Guia do IPCC 2006 para os gases CH₄ e N₂O. Para os outros gases, o fator foi calculado através da média dos fatores de emissão de etanol hidratado de cada ano da modelagem Tier 3 do setor de Transportes Rodoviários.

Os FEs para Força Motriz no subsetor Agropecuário estão apresentados a seguir, na Tabela A21.

Tabela A21. FEs para Força Motriz no Subsetor Agropecuário

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
<ul style="list-style-type: none"> •Óleo Diesel •Querosene Iluminante 	CO	259	1.A.4. c.II 19	<i>Emission factors for off-road machinery</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1,3				
	NO _x	829				
	N ₂ O	3,2				
	NMVOG	80				
•Álcool Hidratado	CO	4215	N.I.	N.I.	3	MCTI 2014
	CH ₄	10	2.23	<i>Residential and Agriculture / Liquid Biofuels</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	410	N.I.	N.I.	3	MCTI 2014
	N ₂ O	0,6	2.23	<i>Residential and Agriculture / Liquid Biofuels</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	414	N.I.	N.I.	3	MCTI 2014

3.6.2. Calor de Processo

Para estimar as emissões do uso Óleo Diesel e do Óleo Combustível em calor de processo, foram utilizados fatores de emissão Tier 2 sugeridos pelo IPCC para o subsetor Comercial. Já para o uso da lenha, foram considerados os fatores Tier 2 mais atualizados do EMEP/EEA para os gases CO, NO_x e NMVOG e do IPCC para o CH₄ e N₂O, ambos também para o uso no subsetor Comercial. Para o Carvão Vegetal, foram utilizados os fatores de emissão Tier 1 do EMEP/EEA e IPCC.

Os FEs para Calor de Processo no subsetor Agropecuário estão apresentados a seguir, na Tabela A22.

Tabela A22. FEs para Calor de Processo no Subsetor Agropecuário

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Óleo Diesel	CO	16	1.57	<i>Commercial Source Performance / Oil - Distillate Fuel Oil</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	0,7	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Liquid Fuels - Gas/Diesel Oil Boilers</i>		IPCC 2006
	NO _x	65	1.57	<i>Commercial Source Performance / Oil - Distillate Fuel Oil</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	0,4	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Liquid Fuels - Gas/Diesel Oil Boilers</i>		IPCC 2006
	NM VOC	25	1.A.4 30	<i>Stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Óleo Combustível	CO	15	1.57	<i>Commercial Source Performance / Oil - Residual Fuel Oil</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1,4	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Liquid Fuels - Residual Fuel Oil Boilers</i>		IPCC 2006
	NO _x	170	1.57	<i>Commercial Source Performance / Oil - Residual Fuel Oil</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	0,3	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Liquid Fuels - Residual Fuel Oil Boilers</i>		IPCC 2006
	NM VOC	25	1.A.4 30	<i>Stationary / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
•Lenha	CO	570	1.A.4 52	<i>Stationary / Wood Combustion <1MW Manual Boilers - Wood</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	11	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Biomass - Wood/ Wood Waste Boilers</i>		IPCC 2006
	NO _x	91	1.A.4 52	<i>Stationary / Wood Combustion <1MW Manual Boilers - Wood</i>		EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	7	2.29	<i>Commercial/Institutional Source Emission Factors / Biomass - Wood/ Wood Waste Boilers</i>		IPCC 2006
	NM VOC	300	1.A.4 52	<i>Stationary / Wood Combustion <1MW Manual Boilers - Wood</i>		EMEP/EEA 2013

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Carvão Vegetal	CO	570	1.A.4 31	<i>Stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	200	2.23	<i>Residential and Agriculture / Solid Biofuels - Charcoal</i>		IPCC 2006
	NO _x	91	1.A.4 31	<i>Stationary / Biomass</i>		EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1	2.23	<i>Residential and Agriculture / Solid Biofuels - Charcoal</i>		IPCC 2006
	NM VOC	300	1.A.4 31	<i>Stationary / Biomass</i>		EMEP/EEA 2013
•Gás Natural Seco	CO	24	1.A.1 54	<i>Stationary / Medium size (>50kWth to <= 1MWth) boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.29	<i>Commercial/ Institutional Source Performance / Natural Gas - Boilers</i>		IPCC 2006
	NO _x	73	1.A.1 54	<i>Stationary / Medium size (>50kWth to <= 1MWth) boilers - Natural Gas</i>		EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1	2.29	<i>Commercial/ Institutional Source Performance / Natural Gas - Boilers</i>		IPCC 2006
	NM VOC	0,36	1.A.4 54	<i>Stationary / Medium size (>50kWth to <= 1MWth) boilers - Natural Gas</i>		EMEP/EEA 2013

3.6.3. Aquecimento Direto (100% secadores)

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.

Para esse tipo de uso, não há fatores específicos para o subsetor Agropecuário nos guias do IPCC e do EMEP/EEA. Quando possível, foram utilizados fatores correspondentes ao uso de secadores na indústria. Em outros casos, o Tier 1 para o setor Agropecuário foi adotado. Para as emissões de CH₄, CO e NO_x do uso de GLP em aquecimento direto, utilizou-se o mesmo fator de emissão Tier 2 do subsetor Residencial para o forno a GLP, propano ou butano.

Os FEs para Aquecimento Direto no subsetor Agropecuário estão apresentados a seguir, na Tabela A23.

Tabela A23. FEs para Aquecimento Direto no Subsetor Agropecuário

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Óleo Diesel • Óleo Combustível	CO	16	1.55	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Performance / Dryer - Oil</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1	2.27			IPCC 2006
	NO _x	168	1.55			IPCC 1997
	N ₂ O	0,6	2.22	<i>Residential and Agriculture</i>	1	IPCC 2006
	NMVOOC	25	1.A.4 30	<i>Stationary / Liquid Fuels</i>		EMEP/EEA 2013
•GLP	CO	10	1.56	<i>Residential Source Performance / Oil - Propane/ Butane Furnaces</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1,1	2.28	<i>Residential Source Emission Factors / Liquid Fuels - Liquefied Gas Petroleum Furnaces</i>		IPCC 2006
	NO _x	47	1.56	<i>Residential Source Performance / Oil - Propane/ Butane Furnaces</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	0,1	2.22	<i>Residential and Agriculture</i>	1	IPCC 2006
	NMVOOC	23	1.A.4 29	<i>Stationary / Gaseous Fuels</i>		EMEP/EEA 2013
•Lenha	CO	570	1.A.4 31	<i>Stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	300	2.23	<i>Residential and Agriculture</i>		IPCC 2006
	NO _x	91	1.A.4 31	<i>Stationary / Biomass</i>		EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	4	2.23	<i>Residential and Agriculture</i>		IPCC 2006
	NMVOOC	300	1.A.4 31	<i>Stationary / Biomass</i>		EMEP/EEA 2013
•Carvão Vegetal	CO	570	1.A.4 31	<i>Stationary / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	200	2.23	<i>Residential and Agriculture</i>		IPCC 2006
	NO _x	91	1.A.4 31	<i>Stationary / Biomass</i>		EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1	2.23	<i>Residential and Agriculture</i>		IPCC 2006
	NMVOOC	300	1.A.4 31	<i>Stationary / Biomass</i>		EMEP/EEA 2013
•Gás Natural Seco	CO	11	1.55	<i>Kilns, Ovens, and Dryers Source Performance / Dryer - Natural</i>	2	IPCC 1997
	CH ₄	1,1	2.27			IPCC 2006
	NO _x	64	1.55			IPCC 1997
	N ₂ O	0,1	2.23	<i>Residential and Agriculture</i>	1	IPCC 2006
	NMVOOC	23	1.A.4 29	<i>Stationary / Gaseous Fuels</i>		EMEP/EEA 2013

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

Tabela A24. Fatores de Emissão de Gases não-CO₂ no Subsetor Agropecuário - consolidação

Motores (Força Motriz)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH₄	NO_x	N₂O	NMVOG
Óleo Diesel e Querosene Iluminante	259	1,3	829	3,2	80
Álcool Hidratado	4215	10	410	0,6	414
Caldeiras (Calor de Processo)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH₄	NO_x	N₂O	NMVOG
Óleo Diesel	16	0,7	65	0,4	25
Óleo Combustível	15	1,4	170	0,3	25
Lenha	570	11	91	4	300
Carvão Vegetal	570	200	91	1	300
Gás Natural Seco	24	1	73	1	23
Fornos e Secadores (Aquecimento Direto)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH₄	NO_x	N₂O	NMVOG
Óleo Diesel e Óleo Combustível	16	1,0	168	0,6	25
GLP	10	1,1	47	0,1	23
Lenha	570	300	91	4	300
Carvão Vegetal	570	200	91	1	300
Gás Natural Seco	11	1,1	64	0,1	23

3.7. 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.

3.7.1. Força Motriz (Motores)

Os FEs para Força Motriz na Geração Termelétrica estão apresentados a seguir, na Tabela A25.

Tabela A25. FEs para Força Motriz na Geração Termelétrica

Combustível	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
•Óleo Diesel	CO	130	1.A.1 33	<i>Public electricity and heat production / Large stationary CI reciprocating engines - Gas oil</i>	2	EMEP/E EA 2013
	CH ₄	4	2.26	<i>Industrial Source Performance / Large Stationary Diesel Oil Engines > 600hp (447 kW)</i>		IPCC 2006
	NO _x	942	1.A.1 33	<i>Public electricity and heat production / Large stationary CI reciprocating engines - Gas oil</i>		EMEP/E EA 2013
	N ₂ O	0,6	2.16	<i>Energy Industries</i>	1	IPCC 2006
	NMVOOC	37,1	1.A.1 33	<i>Public electricity and heat production / Large stationary CI reciprocating engines - Gas oil</i>	2	EMEP/E EA 2013

3.7.2. Calor de Processo (Caldeiras)

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.

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

Os FEs para Calor de Processo na Geração Termelétrica estão apresentados a seguir, na Tabela A26.

Tabela A26. FEs para Calor de Processo na Geração Termelétrica

Combustível	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
<ul style="list-style-type: none"> •Gás Natural •Gás de Refinaria •Gás de Coqueria 	CO	39	1.A.1 26	<i>Public electricity and heat production / Dry Bottom Boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	4	2.25	<i>Utility Source Emission Factors / Natural Gas - Gas Fired Gas Turbine >3MW</i>		IPCC 2006
	NO _x	89	1.A.1 26	<i>Public electricity and heat production / Dry Bottom Boilers - Natural Gas</i>		EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1	2.16	<i>Utility Source Emission Factors / Natural Gas - Gas Fired Gas Turbine >3MW</i>		IPCC 2006
	NMVOC	2,6	1.A.1 26	<i>Public electricity and heat production / Dry Bottom Boilers - Natural Gas</i>		EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> •Óleo Combustível •Outros Energéticos do Petróleo •Out. Prim. Fósseis • Alcatrão • Lixívia 	CO	15,1	1.A.1 25	<i>Public electricity and heat production / Dry Bottom Boilers -Residual Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	0,8	2.25	<i>Utility Source Emission Factors / Liquid Fuels - Residual Fuel Oil, Normal Firing</i>		IPCC 2006
	NO _x	142	1.A.1 25	<i>Public electricity and heat production / Dry Bottom Boilers - Residual Oil</i>		EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,3	2.25	<i>Utility Source Emission Factors / Liquid Fuels - Residual Fuel Oil, Normal Firing</i>		IPCC 2006
	NMVOC	2,3	1.A.1 25	<i>Public electricity and heat production / Dry Bottom Boilers - Residual Oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> •Carvão Mineral 	CO	14	1.39	<i>Utility Boiler Source Performance / Coal - Pulverized Coal</i>	2	Guidelines 1995
	CH ₄	0,6				
	NO _x	857				
	N ₂ O	0,8				
NMVOC	1	1.A.1 15	<i>Public electricity and heat production / Hard Coal</i>	1	EMEP/EEA 2013	
<ul style="list-style-type: none"> •Lenha 	CO	90	1.A.1 27	<i>Public and heat production / Dry Bottom Boilers -Wood and wood waste (clean wood waste)</i>	2	EMEP/EEA 2013

Combustível	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
	CH ₄	11	2.25	<i>Utility Source Emission Factors / Biomass - Wood/Wood Waste Boilers</i>		IPCC 2006
	NO _x	81	1.A.1 27	<i>Public and heat production / Dry Bottom Boilers - Wood and wood waste (clean wood waste)</i>		E MEP/ EEA 2013
	N ₂ O	7	2.25	<i>Utility Source Emission Factors / Biomass - Wood/Wood Waste Boilers</i>		IPCC 2006
	NM VOC	7,31	1.A.1 27	<i>Public and heat production / Dry Bottom Boilers - Wood and wood waste (clean wood waste)</i>		E MEP/ EEA 2013
•Resíduos Vegetais •Bagaço	CO	1706	1.54	<i>Industrial Boiler Performance / Wood - Bagasse / Ag. Waste Boilers</i>	2	Guidelines 1995
	CH ₄	30	2.17	<i>Energy Industries</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	68	1.54	<i>Industrial Boiler Performance / Wood - Bagasse / Ag. Waste Boilers</i>	2	IPCC 1995
	N ₂ O	4	2.17	<i>Energy Industries</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	7,31	1.A.1 27	<i>Public electricity and heat production / Biomass</i>		E MEP/ EEA 2013
•Biogás	CO	N.I.				
	CH ₄	1	2.17	<i>Gas Fired Gas Turbine</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	210,5	1.A.1 88	<i>NOx emission factors for combustion plants</i>	2	E MEP/ EEA 2013
	N ₂ O	0,1	2.16	<i>Gas Fired Gas Turbine</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	2,5	1.A.1 92	<i>NM VOC emission factors for combustion plants</i>	1	E MEP/ EEA 2013

Tabela A27. Fatores de Emissão de Gases não-CO₂ na Geração Termelétrica - consolidação

Motores (Força Motriz)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOOC
Diesel	350	4,0	942	0,6	37,1
Caldeiras (Calor de Processo)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOOC
Gás Natural, Gás de Coqueria, Gás de Refinaria	39	4	89	1	2,6
Óleo Combustível, Outros Energéticos de Petróleo, Outras Primárias Fósseis, Alcatrão, Lixívia	15,1	0,8	142	0,3	2,3
Carvão Mineral	14	0,6	857	0,8	1
Lenha	90	11	81	7	7,31
Bagaço, Resíduos Vegetais	1706	30	68	4	7,31
Biogás		1	210,5	0,1	2,5

3.8. Produção de Carvão Vegetal

Para as carvoarias, foram calculadas as emissões decorrentes do processo de transformação da Lenha em Carvão Vegetal, conhecido como carvoejamento.

O fator de emissão para o CO₂ da lenha consumida no processo de carvoejamento é calculado e neste trabalho (item 2.4). Para os gases não-CO₂, no entanto, foram utilizados os fatores de emissão do IPCC, por falta de fatores de emissão próprios.

3.8.1. Aquecimento Direto (Fornos)

Os FEs para Aquecimento Direto na Produção de Carvão Vegetal estão apresentados a seguir, na Tabela A28.

Tabela A28. FEs para Aquecimento Direto na Produção de Carvão Vegetal

Combustível	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
• Lenha	CO	2000	1.46	<i>Default Emission Factors / Wood Input</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	30		<i>Energy Industries</i>		IPCC 2006
	NO _x	5		<i>Default Emission Factors / Wood Input</i>		IPCC 1997
	N ₂ O	4		<i>Energy Industries</i>		IPCC 2006
	NMVOOC	600		<i>Default Emission Factors / Wood Input</i>		IPCC 1997

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 A29. Fatores de Emissão de Gases não-CO₂ nas Carvoarias - consolidação

Forno (Aquecimento Direto)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NM VOC
Combustível					
Lenha	2000	30	5	4	600

3.9. Subsetor Industrial

O subsetor Industrial comporta onze diferentes segmentos: Cimento, Cerâmica, Alimentos e Bebidas, Ferro-Gusa e Aço, Ferro-Ligas, Papel e Celulose, Química, Têxtil, Mineração e Pelotização, Não-Ferrosos e Outras Indústrias, conforme a divisão utilizada no Balanço Energético Nacional (MME, 2014).

3.9.1. Força Motriz

Força motriz é o uso final que corresponde a “energia usada em motores estacionários ou de veículos de transporte individual ou coletivo, de carga, tratores, máquinas agrícolas, de terraplenagem e de movimentação de terras”, segundo descrição do BEU 2005 (MME, 2005). Na indústria, o emprego típico é para acionamento de motores estacionários e de transporte no interior das plantas.

Para identificação dos fatores de emissão, os critérios são análogos aos dos demais usos já representados. A tabela a seguir apresenta os fatores levantados para todo o conjunto de fontes energéticas, mesmo não sendo elas utilizadas para acionamentos de motores.

Cabe destacar que, para o gás natural, adotou-se como premissa que a força motriz na indústria é baseada em motores de combustão interna, não havendo indicação de parcela correspondente a turbinas em referências nacionais. Trata-se, portanto, de uma simplificação.

Os fatores identificados são, em sua grande maioria, em Tier 1, com exceção de usos para gás natural (como descrito acima) e óleo diesel, em que há fatores atualizados em EEA (2013) para motores alternativos.

Os FEs para Força Motriz no Subsetor Industrial estão apresentados a seguir, na Tabela A30.

Tabela A30. FEs para Força Motriz no Subsetor Industrial

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
• Gás Natural (Úmido e Seco)	CO	266	1.A.1 46	<i>Petroleum refining / 4 Stroke Lean Burn Gas Engines - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	597	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Natural Gas-fired Reciprocating Engines- 4-Stroke Lean Burn</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	405	1.A.1 46	<i>Petroleum refining / 4 Stroke Lean Burn Gas Engines - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	56	1.A.1 46	<i>Petroleum refining / 4 Stroke Lean Burn Gas Engines - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
• Gás Liquefeito de Petróleo	CO	66	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	2,3	1.A.1 92	<i>NMVOG emission factors for combustion plants / Liquefied Petroleum Gas</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Óleo Diesel (Petróleo)	CO	130	1.A.1 47	<i>Petroleum refining / Reciprocating Engines (Compression Injection) - Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Gas/ Diesel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	942	1.A.1 47	<i>Petroleum refining / Reciprocating Engines (Compression Injection) - Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Gas/ Diesel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	37,1	1.A.1 47	<i>Petroleum refining / Reciprocating Engines (Compression Injection) - Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
• Óleo Combustível	CO	15,1	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy Fuel Oil</i>	1	EMEP/EEA 2013

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
	CH ₄	3	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Residual Fuel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	142	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy Fuel Oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Residual Fuel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	2,3	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy Fuel Oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Querosene Iluminante	CO	66	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Kerosene, Other Petroleum Products</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Kerosene, Other Petroleum Products</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	25	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013

3.9.2. Calor de Processo

Este uso final corresponde a “energia usada em caldeiras e aquecedores de água ou de fluidos térmicos”, como indicado no relatório final do BEU 2005 (MME, 2005). Para a indústria, a aplicação típica é na produção de vapor em caldeiras.

Os critérios para seleção dos fatores de emissão neste uso final são análogos aos descritos para o uso anterior (aquecimento direto), prevalecendo o emprego de fatores padronizados para CH₄ e N₂O, tendo em vista sua atualização em IPCC 2006 e lista expandida de fontes energéticas apresentadas nesta referência. Para estes gases, predominam fatores em Tier 1, com exceção de fatores para caldeiras específicos para fontes como gás natural e óleo combustível, largamente empregados na indústria.

Os valores adotados para estimativa das emissões na indústria, para este uso final, são apresentados na tabela a seguir.

Os FEs para Calor de Processo no subsetor Industrial estão apresentados a seguir, na Tabela A31.

Tabela A31. FEs para Calor de Processo no Subsetor Industrial

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
• Gás Natural (Úmido e Seco)	CO	39,3	1.A.1 45	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	63	1.A.1 45	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Natural Gas - Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	2,58	1.A.1 45	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
• Gás Canalizado • Gás de Coqueria	CO	29	1.A.2 16	<i>Manufacturing Industries and Construction / Gaseous Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	74	1.A.2 16	<i>Manufacturing Industries and Construction / Gaseous Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	23	1.A.2 16	<i>Manufacturing Industries and Construction / Gaseous Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Gás de Refinaria	CO	39,3	1.A.1 40	<i>Petroleum refining / Refinery gas</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	63	1.A.1 40	<i>Petroleum refining / Refinery gas</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	2,58	1.A.1 40	<i>Petroleum refining / Refinery gas</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Gás Liquefeito de Petróleo	CO	66	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	0,9	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Liquefied Petroleum Gases Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	122,5	1.A.1 88	<i>NOx emission factors for combustion plants / Liquefied Petroleum Gas</i>	1	EMEP/EEA 2013

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
	N ₂ O	4	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Liquefied Petroleum Gases Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	2,3	1.A.1 92	<i>NMVOG emission factors for combustion plants / Liquefied Petroleum Gas</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Óleo Diesel (Petróleo)	CO	16,2	1.A.1 44	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	0,2	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Gas/Diesel Oil Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	65	1.A.1 44	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,4	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Gas/Diesel Oil Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	0,65	1.A.1 44	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
• Óleo Combustível	CO	15,1	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Residual Fuel Oil Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	142	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,3	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Residual Fuel Oil Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	2,3	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Querosene Iluminante • Outros Energéticos de Petróleo	CO	66	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Kerosene, Other Petroleum Products</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Kerosene, Other Petroleum Products</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	25	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
• Coque de Petróleo	CO	931	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Petroleum Coke</i>		IPCC 2006
	NO _x	173	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>		EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Petroleum Coke</i>		IPCC 2006
	NMVOG	88,8	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>		EMEP/EEA 2013
• Coque de Carvão Mineral	CO	931	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	10	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coking Coal</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	173	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1,5	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coking Coal</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	88,8	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Carvão Sub-betuminoso	CO	8,7	1.A.1 22	<i>Public electricity and heat production / Wet and Dry Bottom Boilers</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Other Bituminous/Sub-bit. Overfeed Stokers Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	209	1.A.1 22	<i>Public electricity and heat production / Wet and Dry Bottom Boilers</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,7	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Other Bituminous/Sub-bit. Overfeed Stokers Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	1	1.A.1 22	<i>Public electricity and heat production / Wet and Dry Bottom Boilers</i>	2	EMEP/EEA 2013
• Outros Carvões Betuminosos	CO	150	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	1	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Other Bituminous/Sub-bit. Overfeed Stokers Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	300	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
	N ₂ O	0,7	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Other Bituminous/Sub-bit. Overfeed Stokers Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	20	1.42	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
• Carvão Vegetal	CO	4000	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Charcoal</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	200	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Biofuels - Charcoal</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	100	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Charcoal</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	4	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Biofuels - Charcoal</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	100	1.42	<i>Manufacturing Industries and Construction / Charcoal</i>	1	IPCC 1997
• Lignito	CO	150	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	10	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Lignito</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	300	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	1,5	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Lignito</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	20	1.42	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
• Alcatrão	CO	66	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	10	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal Tar</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1,5	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal Tar</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	25	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Lixívia	CO	4000	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Charcoal</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	3	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Black Liquor</i>	1	IPCC 2006

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
	NO _x	100	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Charcoal</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	2	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Black Liquor</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	3	1.A.1 92	<i>NMVOG emission factors for combustion plants / Black Liquor</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Resíduos (cimento)	CO	4000	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Biomass and Wastes</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	30	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Industrial Wastes</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	100	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Biomass and Wastes</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	4	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Industrial Wastes</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	50	1.42	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Biomass and Wastes</i>	1	IPCC 1997
• Lenha	CO	2000	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Wood/ Wood Waste</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	11	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Wood/Wood Waste Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	100	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Wood/ Wood Waste</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	7	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Wood/Wood Waste Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NMVOG	100	1.A.1 92	<i>NMVOG Emission Factors For Combustion Plants / Wood - Boilers</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Bagaço de Cana	CO	90	1.A.1 19	<i>Public electricity and heat production / Biomass (somente Alimentos e Bebidas)</i>	1	EMEP/EEA 2013
		570	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	30	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Primary Solid Biomass</i>	1	IPCC 2006

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
	NO _x	81	1.A.1 19	<i>Public electricity and heat production / Biomass (somente Alimentos e Bebidas)</i>	1	EMEP/EEA 2013
		91	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	4	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Primary Solid Biomass</i>	1	IPCC 2006
	NMVOC	7,31	1.A.1 19	<i>Public electricity and heat production / Biomass (somente Alimentos e Bebidas)</i>	1	EMEP/EEA 2013
300		1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013	
• Biomassa	CO	570	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	30	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Primary Solid Biomass</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	91	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	4	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Primary Solid Biomass</i>	1	IPCC 2006
	NMVOC	300	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013

3.9.3. Aquecimento Direto

Este uso final corresponde a “energia usada em fornos, fornalhas, radiação, aquecimento por indução, condução e micro-ondas”, como apresentado no relatório final do BEU 2005 (MME, 2005). Excluídas as aplicações eminentemente elétricas - indução e micro-ondas - foram buscados os fatores de emissão mais representativos destas categorias, considerando ordem de prioridade estabelecida para elaboração deste estudo (IPCC 2006, EEA 2013 e IPCC 1997).

Como resultado, são compilados os fatores adotados para este uso final. Pode ser percebido que, com emprego de fatores atualizados pelo IPCC 2006, os fatores para emissão de CH₄ e N₂O são padronizados para todos os combustíveis, em Tier 1, com exceção de carvões para o setor de cimento e gás natural no setor siderúrgico, cujos fatores são associados a uso específico - e portanto em Tier 2.

Para outros gases, o emprego de EEA (2013) permitiu uma associação mais precisa dos usos a certos combustíveis, viabilizando a contabilização em Tier 2; no entanto, muitas fontes representadas no Balanço Energético Nacional não constam em EEA (2013), tornando obrigatório o uso de fatores padronizados (default) e outros indicados em IPCC (1996), a maioria deles em Tier 1.

Os FEs para Aquecimento Direto no subsetor Industrial estão apresentados a seguir, na Tabela A32.

Tabela A32. FEs para Aquecimento Direto no Subsetor Industrial

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
• Gás Natural (Úmido e Seco)	CO	39,3	1.A.1 45	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.27	<i>Kilns, Ovens, And Dryers Source Emission Factors / Kilns - Natural Gas (somente Cimento)</i>	2	IPCC 2006
		1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	63	1.A.1 45	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	2,58	1.A.1 45	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Natural Gas</i>	2	EMEP/EEA 2013
• Gás Canalizado • Gás de Coqueria	CO	29	1.A.2 16	<i>Manufacturing Industries and Construction / Gaseous Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	74	1.A.2 16	<i>Manufacturing Industries and Construction / Gaseous Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	23	1.A.2 16	<i>Manufacturing Industries and Construction / Gaseous Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Gás de Refinaria	CO	39,3	1.A.1 40	<i>Petroleum refining / Refinery gas</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Natural Gas</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	63	1.A.1 40	<i>Petroleum refining / Refinery gas</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction /</i>	1	IPCC 2006

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
				<i>Natural Gas</i>		
	NMVOG	2,58	1.A.1 40	<i>Petroleum refining / Refinery gas</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Gás Liquefeito de Petróleo	CO	66	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquefied Petroleum Gas</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,1	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquefied Petroleum Gas</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	2,3	1.A.1 92	<i>NMVOG emission factors for combustion plants / Liquefied Petroleum Gas</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Óleo Diesel (Petróleo)	CO	16,2	1.A.1 44	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Gas/Diesel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	65	1.A.1 44	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Gas/Diesel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	0,65	1.A.1 44	<i>Petroleum refining / Process Furnaces, Heaters And Boilers - Gas Oil</i>	2	EMEP/EEA 2013
• Óleo Combustível	CO	15,1	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Residual Fuel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	142	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Residual Fuel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	2,3	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Nafta	CO	66	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Naphtha</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid</i>	1	EMEP/EEA 2013

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
				<i>Fuels</i>		
	N ₂ O	0,6	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Naphtha</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	3	1.A.1 92	<i>NM VOC emission factors for combustion plants / Naphtha</i>	1	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> • Querosene Iluminante • Outros Energéticos de Petróleo 	CO	66	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Kerosene, Other Petroleum Products</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Kerosene, Other Petroleum Products</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	25	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> • Coque de Petróleo 	CO	931	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Petroleum Coke</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	173	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,6	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Petroleum Coke</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	88,8	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> • Coque de Carvão Mineral 	CO	931	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	10	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coking Coal</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	173	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1,5	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coking Coal</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	88,8	1.A.2 15	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
<ul style="list-style-type: none"> • Carvão Sub-betuminoso 	CO	150	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	1	2.27	<i>Kilns, Ovens, And Dryers</i>	2	IPCC 2006

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
• Outros Carvões Betuminosos				Source Emission Factors / Kilns - Coal (somente Cimento)		
		10	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Bituminous Coal, Sub-Bituminous Coal</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	300	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	1,5	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Bituminous Coal, Sub-Bituminous Coal</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	20	1.42	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
• Carvão Vegetal	CO	4000	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Charcoal</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	200	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Biofuels - Charcoal</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	100	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Charcoal</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	4	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Biofuels - Charcoal</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	100	1.42	<i>Manufacturing Industries and Construction / Charcoal</i>	1	IPCC 1997
• Carvão Coqueificável	CO	8,7	1.A.1 22	<i>Public electricity and heat production / Wet And Dry Bottom Boilers</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	1	2.27	Kilns, Ovens, And Dryers Source Emission Factors / Kilns - Coal (somente Cimento)	2	IPCC 2006
		10	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	209	1.A.1 22	<i>Public electricity and heat production / Wet And Dry Bottom Boilers</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1,5	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coking Coal</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	1	1.A.1 22	<i>Public electricity and heat production / Wet And Dry Bottom Boilers</i>	2	EMEP/EEA 2013
• Lignito	CO	150	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	1	2.27	Kilns, Ovens, And Dryers Source Emission Factors / Kilns - Coal	2	IPCC 2006
		10	2.18	<i>Manufacturing Industries</i>	1	IPCC 2006

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
				<i>and Construction / Lignite</i>		
	NO _x	300	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	1,5	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Lignite</i>	1	IPCC 2006
	NMVOC	20	1.42	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal</i>	1	IPCC 1997
• Alcatrão	CO	66	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	10	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal Tar</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	513	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	1,5	2.18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Coal Tar</i>	1	IPCC 2006
	NMVOC	25	1.A.2 17	<i>Manufacturing Industries and Construction / Liquid Fuels</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Lixívia	CO	4000	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Charcoal</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	3	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Black Liquor</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	100	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Charcoal</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	2	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Black Liquor</i>	1	IPCC 2006
	NMVOC	3	1.A.1 92	<i>NMVOC emission factors for combustion plants / Black Liquor</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Resíduos (cimento)	CO	4000	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Biomass and Wastes</i>	1	IPCC 1997
	CH ₄	30	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Industrial Wastes</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	100	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Biomass and Wastes</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	4	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Industrial Wastes</i>	1	IPCC 2006
	NMVOC	50	1.42	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Biomass and Wastes</i>	1	IPCC 1997
• Lenha	CO	2000	1.40	<i>Manufacturing Industries and Construction / Wood/ Wood Waste</i>	1	IPCC 1997

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
	CH ₄	30	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Solid Biofuels - Wood/ Wood Waste</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	100	1.38	<i>Manufacturing Industries and Construction / Wood/ Wood Waste</i>	1	IPCC 1997
	N ₂ O	4	2.19	<i>Industrial Source Emission Factors / Solid Biofuels - Wood/Wood Waste Boilers</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	50	1.42	<i>Manufacturing Industries and Construction / Wood/ Wood Waste</i>	1	IPCC 1997
• Bagaço de Cana	CO	90	1.A.1 19	<i>Public electricity and heat production / Biomass (somente Alimentos e Bebidas)</i>	1	EMEP/EEA 2013
		570	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	30	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Primary Solid Biomass</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	81	1.A.1 19	<i>Public electricity and heat production / Biomass (somente Alimentos e Bebidas)</i>	1	EMEP/EEA 2013
		91	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	4	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Primary Solid Biomass</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	7,31	1.A.1 19	<i>Public electricity and heat production / Biomass (somente Alimentos e Bebidas)</i>	1	EMEP/EEA 2013
		300	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
• Biomassa	CO	570	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	30	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Primary Solid Biomass</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	91	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	4	2.19	<i>Manufacturing Industries and Construction / Other Primary Solid Biomass</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	300	1.A.2 18	<i>Manufacturing Industries and Construction / Biomass</i>	1	EMEP/EEA 2013

Tabela A33. Fatores de Emissão de Gases não-CO₂ no Setor Industrial - consolidação

Motores (Força Motriz)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG
Gás Natural (Úmido e Seco)	266	597	405	0,1	56
GLP	66	1	513	0,1	2,3
Óleo Diesel (Petróleo)	130	3	942	0,6	37,1
Óleo Combustível	15,1	3	142	0,6	2,3
Querosene Iluminante	66	3	513	0,6	25
Caldeiras Industriais (Calor de Processo)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG
Gás Natural (Úmido e Seco)	39,3	1	63	1	56
Gás Canalizado e Gás de Coqueria	29	1	74	0,1	23
Gás de Refinaria	39,3	1	63	0,1	2,58
GLP	66	0,9	122,5	4	2,3
Óleo Diesel (Petróleo)	16,2	0,2	65	0,4	0,65
Óleo Combustível	15,1	3	142	0,3	2,3
Querosene Iluminante e Outros Energéticos de Petróleo	66	3	513	0,6	25
Coque de Petróleo	931	3	173	0,6	88,8
Coque de Carvão Mineral	931	10	173	1,5	88,8
Carvão Sub-betuminoso	8,7	1	209	0,7	1
Outros Carvões Betuminosos	150	1	209	0,7	20
Carvão Vegetal	4000	200	100	4	100
Lignito	150	10	300	1,5	20
Alcatrão	66	10	513	1,5	25
Lixívia	4000	3	100	2	3
Resíduos (cimento)	4000	30	100	4	50
Lenha	2000	11	100	7	100
Bagaço de Cana (somente Alimentos e Bebidas)	90	30	81	4	7,31
Bagaço de Cana	570	30	91	4	300
Biomassa	570	30	91	4	300
Fornos Industriais (Aquecimento Direto)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG
Gás Natural (Úmido e Seco)	39,3	1	63	1	2,58
Gás Canalizado e Gás de Coqueria	29	1	74	0,1	23
Gás de Refinaria	39,3	1	63	0,1	2,58
GLP	66	1	513	0,1	2,3
Óleo Diesel (Petróleo)	16,2	3	65	0,6	0,65
Óleo Combustível	15,1	3	142	0,6	2,3
Nafta	66	3	513	0,6	3
Querosene Iluminante e Outros Energéticos de Petróleo	66	3	513	0,6	25
Coque de Petróleo	931	3	173	0,6	88,8
Coque de Carvão Mineral	931	10	173	1,5	88,8
Carvão Sub-betuminoso e Outros Carvões Betuminosos (somente Cimento)	150	1	300	1,5	20

Carvão Sub-betuminoso e Outros Carvões Betuminosos	150	10	300	1,5	20
Carvão Vegetal	4000	200	100	4	100
Carvão Coqueificável (somente Cimento)	8,7	1	209	1,5	1
Carvão Coqueificável	8,7	10	209	1,5	1
Lignito (somente Cimento)	150	1	300	1,5	20
Lignito	150	10	300	1,5	20
Alcatrão	66	10	513	1,5	25
Lixívia	4000	3	100	2	3
Resíduos (cimento)	4000	30	100	4	50
Lenha	2000	30	100	4	50
Bagaço de Cana (somente Alimentos e Bebidas)	90	30	81	4	7,31
Bagaço de Cana	570	30	91	4	300
Biomassa	570	30	91	4	300

3.10. 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. 16 ficará reduzida a:

$$\omega_i^{n-CO_2} = \sum_b \varepsilon_{bi}^{n-CO_2} * C_{bi} \quad \text{Eq. 18}$$

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.

O quadro a seguir resume os fatores de emissão utilizados. Nota-se que houve desagregação dos combustíveis no subsetor de transporte ferroviário, conforme sua destinação (força motriz e calor de processo). Especificamente, para o consumo de combustível para fins de calor de processo, foram adotados fatores de emissão para caldeiras industriais, no que resultou, em alguns casos, na utilização de fatores Tier 2, na falta de fatores específicos na versão simplificada.

No subsetor de transporte hidroviário, foi possível desagregar os fatores de emissão do óleo diesel dos fatores do óleo combustível. O maior detalhamento dos fatores de emissão dos referidos subsetores de transporte foi possível em decorrência da utilização de fontes mais atuais (IPCC, 2006; EMEP/EEA, 2013) do que aquelas empregadas nas duas primeiras edições do Inventário Brasileiro.

No entanto, não foi possível maior utilização de fatores de emissão através de métodos baseados no *Tier 2* e no *Tier 3*, uma vez que “estes requerem informações progressivamente mais detalhadas, como por exemplo, número de locomotivas de cada categoria, número médio de horas de operação, potência nominal média, fator de carga médio (típico) e fatores de emissão do poluente para cada categoria de locomotiva, ainda não disponíveis na base de dados oficiais” (ANTT, 2012). Cabe observar que o mesmo ocorre no subsetor de transporte hidroviário.

3.10.1. Transporte Ferroviário

• Força Motriz

Os FEs para Força Motriz no subsetor de Transporte Ferroviário estão apresentados a seguir, na Tabela A34.

Tabela A34. FEs para Força Motriz no Subsetor de Transporte Ferroviário

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
Óleo Diesel	CO	253	1.A.3.c 8	<i>Railways / Gas Oil/Diesel</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	4,15	3.43	<i>Default Emission Factors For The Most Common Fuels Used For Rail Transport / Diesel</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	1239	1.A.3.c 8	<i>Railways / Gas Oil/Diesel</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	28,6	3.43	<i>Default Emission Factors For The Most Common Fuels Used For Rail Transport / Diesel</i>	1	IPCC 2006
	NM VOC	110	1.A.3.c 8	<i>Railways / Gas Oil/Diesel</i>	1	EMEP/EEA 2013

• Calor de Processo

Os FEs para Calor de Processo no subsetor de Transporte Ferroviário estão apresentados a seguir, na Tabela A35.

Tabela A35. FEs para Calor de Processo no Subsetor de Transporte Ferroviário

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
Carvão Sub-bituminoso	CO	150	1.A.1 15	<i>Public electricity and heat Production / Hard coal</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	14	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Solid Fuels - Other Bituminous/Sub-Bituminous Underfeed Stoker Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	300	1.A.1 15	<i>Public electricity and heat production / Hard coal</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,7	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Solid Fuels - Other Bituminous/Sub-Bituminous Underfeed Stoker Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NM VOC	20	1.A.1 15	<i>Public electricity and heat production / Hard coal</i>	1	EMEP/EEA 2013
Lenha	CO	90	1.A.1 27	<i>Public electricity and heat production / Dry Bottom Boilers - Wood and wood waste (clean wood waste)</i>	2	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	11	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Wood/Wood Waste Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	81	1.A.1 27	<i>Public electricity and heat production / Dry Bottom Boilers - Wood and wood waste (clean wood waste)</i>	2	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	7	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Wood/Wood Waste Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NM VOC	7,3	1.A.1 27	<i>Public electricity and heat production / Dry Bottom Boilers - Wood</i>	2	EMEP/EEA 2013

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
				<i>and wood waste (clean wood waste)</i>		
Óleo Combustível	CO	7,4	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	3	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Liquid Fuels - Residual Fuel Oil Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NO _x	142	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	0,3	2.26	<i>Industrial Source Emission Factors / Liquid Fuels - Residual Fuel Oil Boilers</i>	2	IPCC 2006
	NM VOC	2,3	1.A.1 18	<i>Public electricity and heat production / Heavy fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013

3.10.2. Transporte Hidroviário

- **Força Motriz**

Os FEs para Força Motriz no subsetor de Transporte Hidroviário estão apresentados a seguir, na Tabela A36.

Tabela A36. FEs para Força Motriz no Subsetor de Transporte Hidroviário

Comb.	Gás	FE kg/TJ	Pág.	Aplicabilidade	Tier	Fonte
Óleo Diesel	CO	175	1.A.3.d 14	<i>Ships using Marine Diesel Oil/Marine Gas Oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	7	3.50	<i>Transport / Navigation Fuel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	1857	1.A.3.d 14	<i>Ships using Marine Diesel Oil/Marine Gas Oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	2	3.50	<i>Transport / Navigation Fuel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	66	1.A.3.d 14	<i>Ships using Marine Diesel Oil/Marine Gas Oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
Óleo Combustível	CO	184	1.A.3.d 13	<i>Ships using bunker fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	CH ₄	7	3.50	<i>Transport / Navigation Fuel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NO _x	1975	1.A.3.d 13	<i>Ships using bunker fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013
	N ₂ O	2	3.50	<i>Transport / Navigation Fuel Oil</i>	1	IPCC 2006
	NMVOG	67	1.A.3.d 13	<i>Ships using bunker fuel oil</i>	1	EMEP/EEA 2013

Tabela A37. Fatores de Emissão de Gases não-CO₂ no Subsetor de Transportes - consolidação

Transporte Ferroviário					
Motores (Força Motriz)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG
Óleo Diesel	253	4,15	1239	28,6	110
Caldeiras (Calor de Processo)					
Motores (Força Motriz)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG
Carvão Sub-betuminoso	150	14	300	0,7	20
Lenha	90	11	81	7	7,3
Óleo Combustível	7,4	3	142	0,3	2,3
Transporte Hidroviário					
Motores (Força Motriz)	Fatores de Emissão (kg/TJ)				
Combustível	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOG
Óleo Diesel	175	7	1857	2	66
Óleo Combustível	184	7	1975	2	67