



Nota Metodológica Setor de Energia

Coordenação Técnica

Instituto de Energia e Meio Ambiente

Equipe Responsável

André Luís Ferreira
David Shiling Tsai
Felipe Barcellos e Silva
Ingrid Graces
Marcelo dos Santos Cremer

Revisão

Greenpeace

Fevereiro de 2015

Atualização em dezembro de 2023

Sumário

1. Introdução	5
1.1. Matriz energética e uso de energia no Brasil	5
1.2. Emissões de gases de efeito estufa associadas à produção e ao consumo de energia	7
1.3. Escopo e estruturação da estimativa de emissões do Setor de Energia	8
2. Metodologia de estimativa de emissões	10
2.1. Emissões nacionais	10
2.1.1 Emissões de CO ₂ pela queima de combustíveis: método geral, abordagem bottom-up.....	10
2.1.2. Emissões de CH ₄ , N ₂ O, CO, NO _x e COVNM pela queima de combustíveis: método geral.....	11
2.1.3. Emissões pela queima de combustíveis no transporte rodoviário	13
2.1.4. Emissões pela queima de combustíveis no transporte aéreo	14
2.1.5. Emissões fugitivas de CH ₄ na extração de carvão mineral	16
2.1.6. Emissões fugitivas na indústria de petróleo e gás natural	17
2.2. Alocação de emissões por Unidades da Federação	19
3. Diferenças entre as versões do SEEG	22
3.1 Diferenças do SEEG 2014 em relação ao SEEG 2013.....	22
3.2 Diferenças do SEEG 2015 em relação ao SEEG 2014.....	23
4. Qualidade dos dados	24
5. Resultados	27
Referências bibliográficas.....	36
Anexo A: Fatores de emissão de CO ₂ dos combustíveis.....	37
Anexo B: Densidade energética dos combustíveis, por ano (tep/unidade comercial)	38
Anexo C: Alocação de emissões por municípios.....	39

Lista de figuras

Figura 1: Evolução da participação de fontes de energia primária na geração de eletricidade	6
Figura 2: Evolução do consumo dos principais combustíveis nos transportes	6
Figura 3: Evolução do consumo energético setorial de combustíveis fósseis.....	7
Figura 4: Estruturação da estimativa de emissões segundo tipo de emissão, fonte energética e atividades geradoras.....	9
Figura 5: Sequência de tratamento dos dados utilizados nas estimativas de emissões de CO ₂ pela queima de combustíveis.....	11
Figura 6: Sequência de tratamento dos dados utilizados nas estimativas de emissões de CH ₄ , N ₂ O, CO, NO _x e COVNM	13
Figura 7 – Comparação das séries históricas entre Exportação Real e Bunker para querosene de aviação, segundo as matrizes 49x47 do BEN.....	15
Figura 8: Produção nacional de carvão ROM e produção nacional de carvão beneficiado	17

Lista de tabelas

Tabela 1: Produção de carvão ROM (mil toneladas) por unidade da federação	16
Tabela 2: Perfil da produção das minas de carvão, por unidade da federação em 2016	17
Tabela 3: Alocação de emissões por UF: fontes de informação.....	20
Tabela 4: Quadro de Qualidade das estimativas nacionais em 2022.....	25
Tabela 5: Quadro de Qualidade das estimativas nacionais entre 1970 e 2022	25
Tabela 6: Quadro de Qualidade dos Dados de Alocação nas UFs em 2022	26
Tabela 7: Emissões nacionais de CO ₂ e (GWP) por atividade (tCO ₂ e/ano)	27
Tabela 8: Emissões nacionais de CO ₂ e (GWP) por fonte energética (tCO ₂ e/ano).....	28
Tabela 9: Emissões nacionais por tipo de gás (t/ano)	29
Tabela 10: Emissões nacionais de CO ₂ e (GWP) por tipo de gás (tCO ₂ e/ano).....	29
Tabela 11: Emissões nacionais de CO ₂ e (GWP) alocadas por UF (tCO ₂ e/ano).....	29
Tabela 12: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs - Acre (tCO ₂ e/ano)	30
Tabela 13: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs - Alagoas (tCO ₂ e/ano).....	30
Tabela 14: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs - Amazonas (tCO ₂ e/ano).....	30
Tabela 15: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs - Amapá (tCO ₂ e/ano)	30
Tabela 16: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs - Bahia (tCO ₂ e/ano).....	31
Tabela 17: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs - Ceará (tCO ₂ e/ano)	31
Tabela 18: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Distrito Federal (tCO ₂ e/ano).....	31
Tabela 19: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Espírito Santo (tCO ₂ e/ano)	31
Tabela 20: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Goiás (tCO ₂ e/ano).....	31
Tabela 21: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Maranhão (tCO ₂ e/ano).....	32
Tabela 22: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Minas Gerais (tCO ₂ e/ano).....	32
Tabela 23: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Mato Grosso do Sul (tCO ₂ e/ano)	32
Tabela 24: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Mato Grosso (tCO ₂ e/ano).....	32
Tabela 25: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Pará (tCO ₂ e/ano).....	32
Tabela 26: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Paraíba (tCO ₂ e/ano).....	33
Tabela 27: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Pernambuco (tCO ₂ e/ano)	33
Tabela 28: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Piauí (tCO ₂ e/ano).....	33
Tabela 29: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Paraná (tCO ₂ e/ano).....	33
Tabela 30: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Rio de Janeiro (tCO ₂ e/ano)	33
Tabela 31: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Rio Grande do Norte (tCO ₂ e/ano)	34

Tabela 32: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Rondônia (tCO ₂ e/ano)	34
Tabela 33: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Roraima (tCO ₂ e/ano)	34
Tabela 34: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Rio Grande do Sul (tCO ₂ e/ano).....	34
Tabela 35: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Santa Catarina (tCO ₂ e/ano)	35
Tabela 36: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Sergipe (tCO ₂ e/ano).....	35
Tabela 37: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – São Paulo (tCO ₂ e/ano).....	35
Tabela 38: Emissões de CO ₂ e (GWP) alocadas nas UFs – Tocantins (tCO ₂ e/ano)	35

1. Introdução

1.1. Matriz energética e uso de energia no Brasil

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) 2023, Ano-base 2022, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), instituição vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), entre as fontes primárias de energia hoje utilizadas no Brasil, predominam as fontes não renováveis, que representaram 53% de toda a oferta interna bruta de energia em 2022. A maior parte dessa energia ofertada corresponde ao petróleo e seus derivados, que responderam por 36%, seguidos pelos derivados da cana-de-açúcar (15%), energia hidráulica (12%), gás natural (10%) e lenha e carvão vegetal (9%). As demais fontes representaram, no conjunto, apenas 18%¹.

Apesar da predominância do petróleo e do crescente uso do gás natural, a matriz energética brasileira ainda apresenta uma elevada participação de fontes renováveis – 47% – se comparada com a média mundial, que é de aproximadamente 14%.

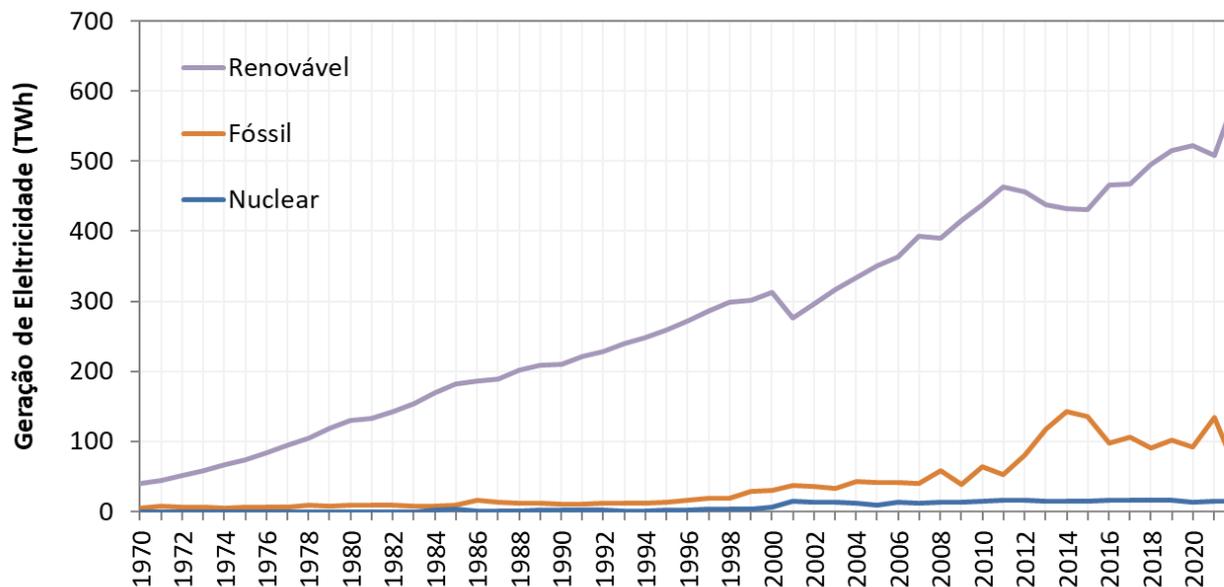
Em relação à matriz de geração elétrica, a participação de fontes renováveis é ainda mais acentuada, representando 85% da geração interna de eletricidade em 2022, distribuída entre energia hidráulica (63%), eólica (12%), biomassa (8%) e solar fotovoltaica (2%).

De toda a energia consumida no país em 2022, 57% foi proveniente de combustíveis fósseis. Considerando-se apenas o uso desses combustíveis, a principal destinação em 2022 foi o transporte (45%), seguido pelo setor industrial (20%) e pela geração de energia elétrica (12%). Os demais setores responderam, no conjunto, pela parcela restante (23%).

Convém destacar que, nos últimos anos, a participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira diminuiu de 45% em 2009 para 42% em 2017, chegando a 38% em 2014. Já em 2022, essa participação atingiu 47%. Em boa medida, essa dinâmica é explicada pela ampliação/retração da geração termelétrica utilizando combustíveis não renováveis e pela relação entre o consumo automotivo de gasolina comum e de etanol hidratado durante parte desse período, conforme ilustram a Figura 1, a Figura 2 e a Figura 3.

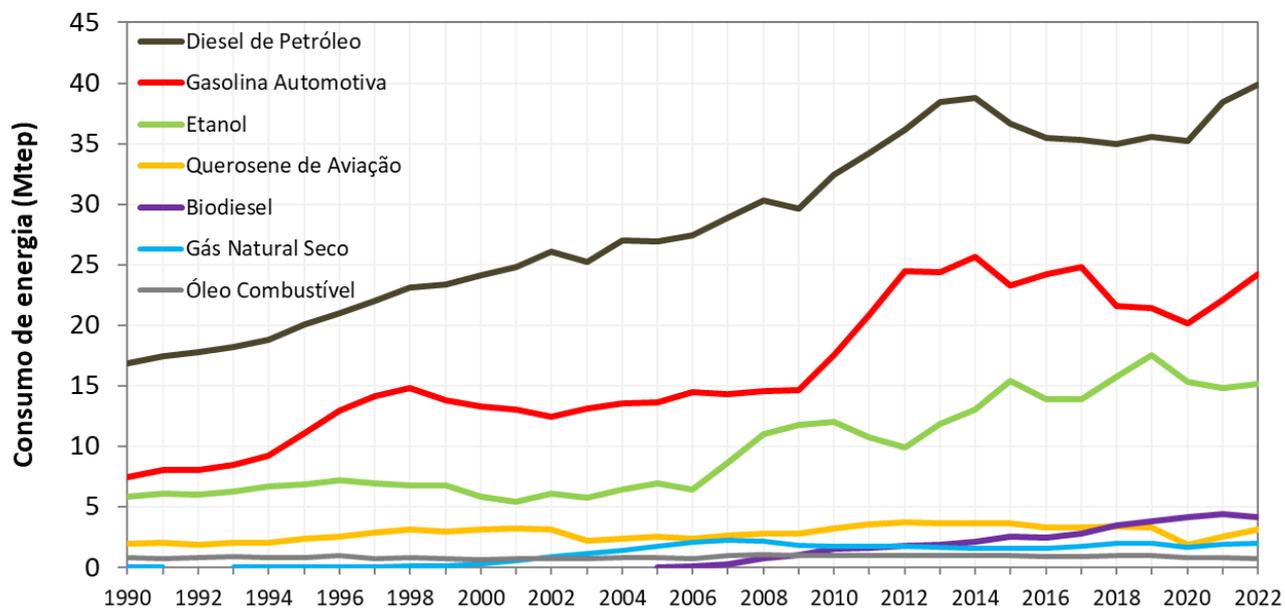
¹ Esses dados foram obtidos no Relatório Síntese do BEN 2023 (Ano-base 2022).

Figura 1: Evolução da participação de fontes de energia primária na geração de eletricidade



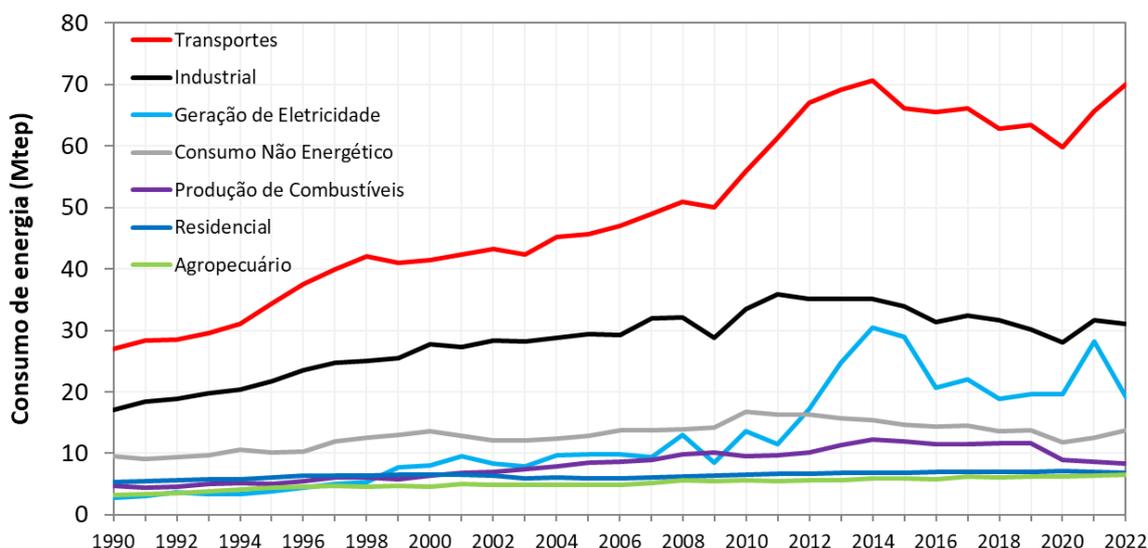
Fonte: Elaborado a partir do BEN 2023

Figura 2: Evolução do consumo dos principais combustíveis nos transportes



Fonte: Elaborado a partir do BEN 2023

Figura 3: Evolução do consumo energético setorial de combustíveis fósseis



Fonte: Elaborado a partir do BEN 2023

1.2. Emissões de gases de efeito estufa associadas à produção e ao consumo de energia

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas à produção e consumo de energia ocorrem segundo dois tipos de processos: (i) queima de combustíveis e (ii) emissões fugitivas.

No processo de combustão, ou queima de combustíveis, a energia química contida no combustível é liberada como calor, que pode ser destinado diretamente ao uso final (fornos, aquecedores etc.) ou convertido em energia mecânica e elétrica, tal como ocorre na geração termelétrica e em fontes móveis (veículos). Durante o processo de combustão, o carbono (C) armazenado nos combustíveis é oxidado e emitido como dióxido de carbono (CO₂). Também são emitidas quantidades relativamente menores de outros gases, resultantes da queima incompleta do combustível – metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos voláteis não-metânicos (COVNM) –, e da oxidação do nitrogênio (N₂) presente no combustível ou no ar, dependendo da temperatura da combustão – os óxidos de nitrogênio (NO_x) e o óxido nitroso (N₂O).

As emissões fugitivas decorrem de descargas, intencionais e não intencionais, provenientes dos processos produtivos de carvão mineral, petróleo e gás natural. Abrangem as etapas de extração, estocagem, processamento e transporte dos produtos.

O processo geológico de formação do carvão, que ocorre ao longo de milhões de anos, gera gás metano (CH₄) que permanece armazenado junto com o mineral sólido. Este gás é liberado quando o carvão mineral é submetido a pressões mais baixas, o que ocorre durante a escavação das minas.

Quanto às emissões fugitivas na indústria de petróleo e gás, estas ocorrem em três áreas de atividade, segundo o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)²:

- **Extração e produção de petróleo e gás natural:** Tocha (flare); ventilação de gás; flash de metano em tanques; processo de desidratação a glicol; processo de remoção de CO₂ do gás (MEA/DEA); passagens de PIG em linhas; fugitivas em componentes de linhas (flanges, conectores, válvulas, selos de bomba e compressor, drenos e outros); atividades de perfuração; derramamento de petróleo em canaletas; tanque de ventilação atmosférica; despressurização; e limpeza de tanques e vasos.

- **Refino de petróleo e processamento de gás natural:** Regenerador de UFCC (Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido); Unidades de Geração de Hidrogênio (UGH); fugitivas em componentes de linhas (flanges, conectores, válvulas, selos de bomba e compressor, drenos e outros); tocha (flare); ventilação de gás; processo de desidratação a glicol; e passagens de PIG em linhas.

- **Transporte:** descompressão; fugitivas em componentes de linhas (flanges, conectores, válvulas, selos de bomba e compressor, drenos e outros); ventilação de gás, tocha (flare); gasoduto; flash de metano em tanques; passagem de PIG em linhas; e carga de caminhão/vagão.

1.3. Escopo e estruturação da estimativa de emissões do Setor de Energia

Neste trabalho, o escopo de emissões do “Setor de Energia” está em acordo com aquele recomendado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em suas recomendações para a estimativa de emissões de GEE, bem como com as definições do MCTI. Foram estimadas as emissões anuais a nível nacional, entre 1970 e 2022.

Além disso, quando possível, as emissões foram alocadas nas unidades da federação (UFs), como uma das inovações em relação à primeira versão do SEEG. Este trabalho buscou distribuir as emissões estimadas a nível nacional entre as unidades da federação, obtendo-se uma primeira aproximação para as emissões por UF. No entanto, foram considerados os dados oficiais disponíveis de maneira agregada em instituições de abrangência nacional e algumas hipóteses simplificadoras foram assumidas. Não se tratou, portanto, de um esforço de inventariar as emissões a partir de informações oficiais de cada UF, de modo que a comparação entre os resultados gerados por esta metodologia e os resultados de inventários oficiais das UFs deve ser feita com muita cautela. No entanto, como muitas UFs ainda não dispõem de inventários, o SEEG pode trazer informações valiosas, tanto pelos resultados que puderam ser gerados quanto pelas dificuldades metodológicas e lacunas de dados que o procedimento de alocação de emissões por UF apontou.

Os gases inventariados são o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis não-metânicos (COVNM) e os óxidos de nitrogênio (NO_x).

Quanto às atividades geradoras de emissões, elas abrangem a exploração e extração de fontes primárias de energia; a conversão de fontes primárias em fontes secundárias (refinarias de petróleo, unidades produtoras de biocombustíveis, centrais de geração de energia elétrica etc.) e o uso final de energia em aplicações

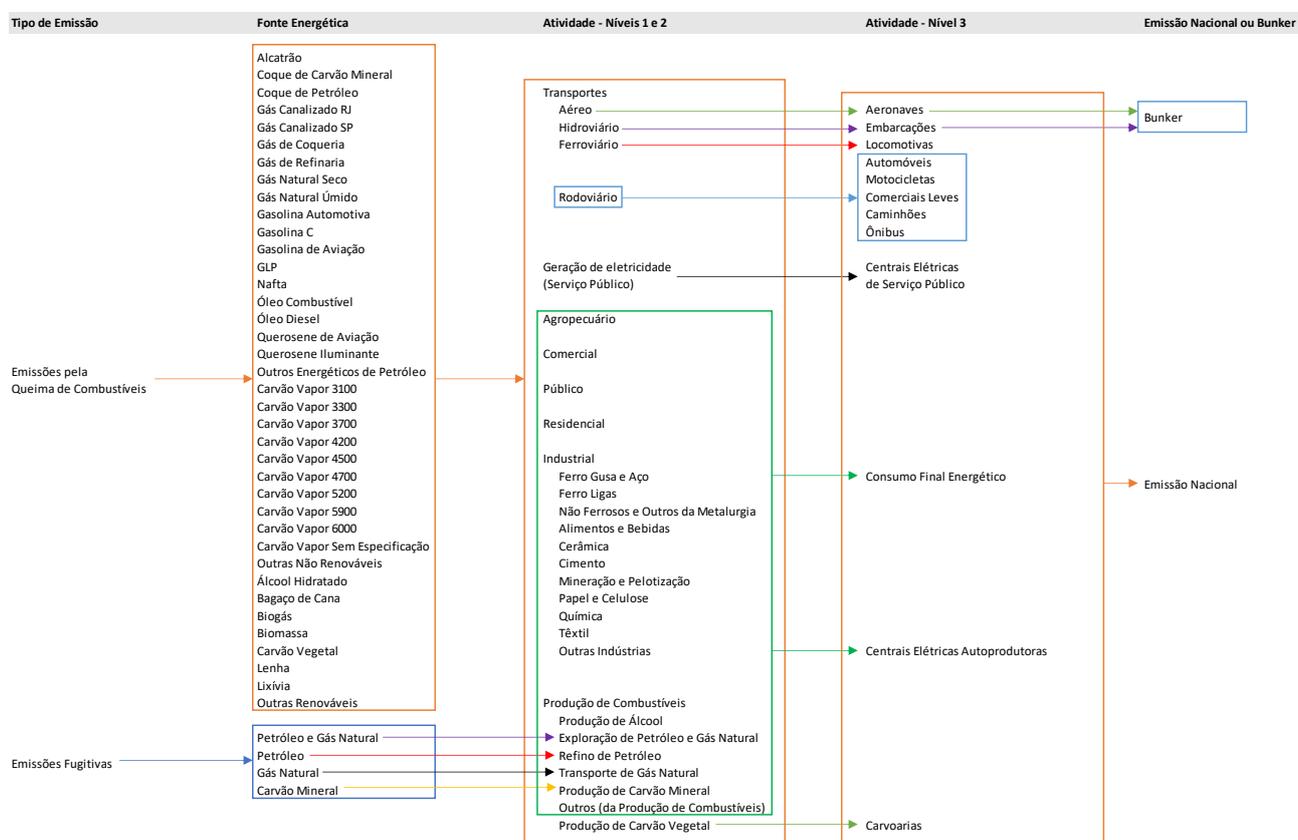
² Relatório de Referência – Setor Energia – Subsetor Emissões Fugitivas – Categoria Petróleo e Gás Natural (PETROBRAS/MCTI, 2020), parte integrante do 4º Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa.

móveis ou estacionárias. A partir dos métodos de estimativa de emissões e para fins de apresentação dos resultados, definiu-se a seguinte estruturação em 5 níveis:

- (i) Tipo de emissão: **emissões pela queima de combustíveis** e **emissões fugitivas**;
- (ii) Fonte energética: tratam-se das **fontes primárias de energia** de cuja produção decorrem emissões e das **fontes de energia para uso final**;
- (iii) Atividade nível 1: são os **setores de consumo final energético** segundo o BEN (exemplos: transportes, indústria, agropecuário), a **geração de eletricidade** ou a **produção de combustíveis**;
- (iv) Atividade nível 2: é um detalhamento do nível anterior;
- (v) Atividade nível 3: é um detalhamento dos dois níveis anteriores.

A Figura 4 apresenta a estruturação utilizada e os conteúdos de cada campo da estrutura. Também ilustra as ramificações ou combinações que ocorrem para cada elemento ou grupo de elementos.

Figura 4: Estruturação da estimativa de emissões segundo tipo de emissão, fonte energética e atividades geradoras



De modo a não causar confusão com o que, para fins de estimativas de emissões de GEE, o IPCC convencionou chamar de “Setor de Energia”, neste trabalho optou-se chamar de “Produção de Combustíveis” aquilo que é referido como “Setor Energético” no BEN – publicado pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME). No BEN, o “Setor Energético” corresponde às atividades de exploração e produção de combustíveis (petróleo, gás natural, carvão mineral e álcool). Como será explicado mais detalhadamente nas próximas seções, as emissões classificadas como “Produção de Combustíveis” englobam, além das emissões decorrentes da queima de combustíveis no “Setor Energético”, as emissões da queima de lenha para carvoejamento, as emissões fugitivas associadas às indústrias de petróleo e gás natural e as emissões fugitivas associadas à extração de carvão mineral.

Destaca-se que no Setor de Energia não são contabilizadas as emissões decorrentes da utilização dos seguintes combustíveis como agente redutor nas indústrias de ferro gusa e aço, ferroligas, metais não ferrosos e outros da metalurgia: coque de carvão mineral, coque de petróleo³, carvão vapor 6000, carvão vapor 5900 e carvão vegetal. Nestas situações, tais combustíveis participam de um processo termorreduzidor, e não de uma simples queima, sendo, portanto, considerados numa outra categoria de estimativa de emissões, a dos Processos Industriais e Uso de Produtos.

No caso dos combustíveis de biomassa (lenha, carvão vegetal, resíduos vegetais, lixívia, álcool e bagaço-de-cana, biogás), as emissões de CO₂ não são contabilizadas no Setor de Energia, pois se considera que estas emissões são compensadas pela absorção de CO₂ na fotossíntese que gerou a biomassa, conforme recomendação do IPCC. O mesmo não se aplica aos demais gases de efeito estufa, diretos e indiretos, que são contabilizados normalmente, a exemplo dos combustíveis fósseis.

2. Metodologia de estimativa de emissões

2.1. Emissões nacionais

Neste trabalho, a estimativa das emissões nacionais pela queima de combustíveis pode ser explicada segundo dois métodos gerais, um para o CO₂ e outro para os demais gases (CH₄, N₂O, CO, NO_x e COVNM), aplicáveis para o uso de energia nos centros de transformação e para os usos finais de energia, com exceção do transporte rodoviário e do transporte aéreo. Para o transporte rodoviário e o transporte aéreo foram adotados métodos próprios, visto que as estimativas de suas emissões demandam um tratamento de informações mais específicas, como será mostrado adiante.

2.1.1 Emissões de CO₂ pela queima de combustíveis: método geral, abordagem bottom-up

As emissões de CO₂ foram calculadas segundo a abordagem *bottom-up*, relacionando, portanto, os diversos combustíveis queimados aos respectivos setores de uso final de energia e centros de transformação de energia⁴ que os utilizam.

As emissões anuais de CO₂ para cada uma das fontes de energia são estimadas a partir da seguinte equação:

$$E_{CO_2} = Cons * \rho_{energia} * Fe_{CO_2}$$

Onde:

E_{CO_2} Emissão anual de CO₂ (kgCO₂/ano)

$Cons$ Consumo final energético anual de cada combustível em cada setor, ou quantidade de combustível usada em centros de transformação (unidade comercial/ano)

³ No BEN o consumo de coque de petróleo anterior a 1985 é reportado como consumo de outros energéticos de petróleo, dessa forma, as emissões decorrentes do consumo desse energético nas indústrias de ferro gusa e aço, ferroligas, metais não ferrosos e outros da metalurgia também foi considerado em Processos Industriais e Uso de Produtos.

⁴ Os centros de transformação considerados são as centrais elétricas (usinas termelétricas) e as carvoarias.

$\rho_{energia}$ Densidade energética da fonte de energia (TJ/unidade comercial)

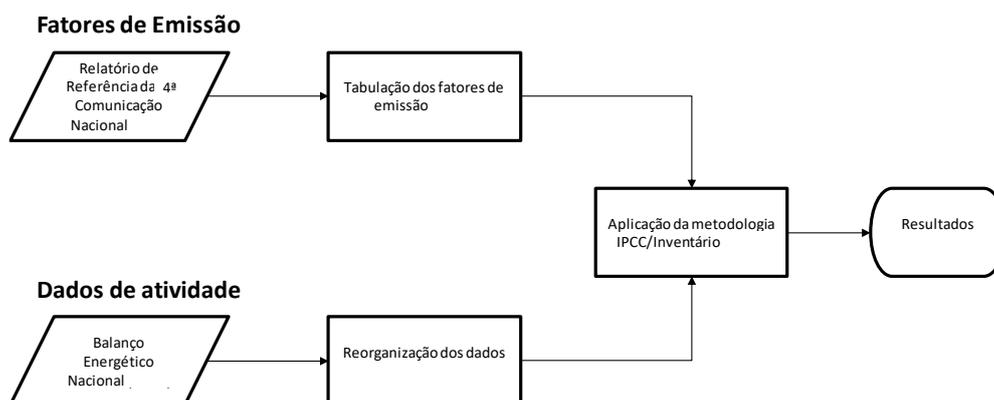
Fe_{CO_2} Fator de emissão de dióxido de carbono por unidade de energia contida na fonte de energia (kgCO₂/TJ)

Quanto aos dados de atividade, as variáveis *Cons* e densidade energética ($\rho_{energia}$), a fonte de dados foi o BEN. A variável de atividade chave, *Cons*, é o consumo final energético dos combustíveis e o seu uso em centros de transformação, segundo a classificação adotada no BEN. Os dados foram obtidos da página “Matriz de Balanço Energético”, acessível na plataforma Sistema de Informações Energéticas (SIE) do MME⁵.

Os fatores de emissão, Fe_{CO_2} , foram obtidos no “Relatório de Referência do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Setor Energia – Subsetor Queima de Combustíveis – Abordagem Setorial” (MCTI, 2020), publicado no sítio eletrônico do MCTI⁶.

Obtidos os dados de atividade e tabulados os fatores de emissão (originados de arquivo PDF), as estimativas foram, então, realizadas, conforme sequência representada pela Figura 5.

Figura 5: Sequência de tratamento dos dados utilizados nas estimativas de emissões de CO₂ pela queima de combustíveis



2.1.2. Emissões de CH₄, N₂O, CO, NO_x e COVNM pela queima de combustíveis: método geral

Diferentemente das emissões de CO₂, que podem ser estimadas com precisão razoável a partir apenas de algumas propriedades dos combustíveis, as emissões de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis não-metânicos (COVNM) dependem da forma como a combustão é realizada. Então, para estimar tais emissões, são identificadas, em primeiro lugar, a finalidade de uso dos combustíveis dentre as seguintes classes: prover calor de processo, força motriz, aquecimento direto ou iluminação. Em seguida, dentro dessas classes, são identificadas as tecnologias utilizadas, dentre estas: aquecedores, caldeiras, motores, fornos e secadores. Tais etapas configuram os “coeficientes de destinação” dos combustíveis, conforme a equação a seguir:

$$E_{bijk}^{n-CO_2} = Fe_{bijk}^{n-CO_2} * C_{bi} * f_{bij} * g_{ijk}$$

⁵ Disponível em: https://www.mme.gov.br/SIEBRASIL/consultas/visor_reportes_be.aspx?or=520&ss=2&v=1.

⁶ Disponível em: <https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/publicacao/index.html>.

Onde:

$E_{bijk}^{n-CO_2}$	Emissão do gás proveniente do consumo do combustível b, no setor i, no uso final j, utilizando a tecnologia k
$F e_{bijk}^{n-CO_2}$	Fator de emissão associado ao consumo do combustível b, no setor i, no uso final j, utilizando a tecnologia k
C_{bi}	Consumo de combustível b no setor i
f_{bij}	Coefficiente de destinação de uso final do combustível b, consumido no setor i, para atender ao uso final j
g_{ijk}	Coefficiente de destinação da tecnologia, que representa a fração, no setor i, para o uso final j, que é atendida pela tecnologia k

Assim, como no caso das estimativas de emissões de CO₂, a fonte de dados para a variável consumo de combustível (*C*) foi o BEN.

Quanto aos coeficientes de destinação de uso final (*f*), foram utilizados aqueles apresentados pela última edição do Balanço de Energia Útil (BEU), publicado pelo MME em 2005⁷. O BEU apresenta estes coeficientes para os anos de 1983, 1993 e 2003 apenas. As seguintes simplificações foram realizadas para se obter valores para o restante do período entre 1970 e o último ano das estimativas:

- Para os períodos de 1984 a 1992 e 1994 e 2002, os coeficientes foram obtidos a partir de interpolações lineares considerando-se os dados disponíveis para os anos de 1983, 1993 e 2003;
- Entre os anos de 1970 e 1982 assumiu-se para os coeficientes os mesmos valores que para o ano de 1983;
- Para o período compreendido entre 2004 e último ano das estimativas, assumiu-se para os coeficientes os mesmos valores que os utilizados para o ano de 2003.

Quanto aos coeficientes de destinação da tecnologia (*g*), a fonte de dados foi o documento “Relatório de Referência do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Setor Energia – Subsetor Queima de Combustíveis – Abordagem Setorial” (MCTI, 2020). Na indisponibilidade de informações atualizadas para o período de 2011 até o último ano das estimativas, assumiu-se que tanto os coeficientes de destinação de uso final quanto os de destinação de tecnologia não sofreram mudança, sendo utilizados os valores de 2004, no caso do uso, e 2010, no caso da tecnologia.

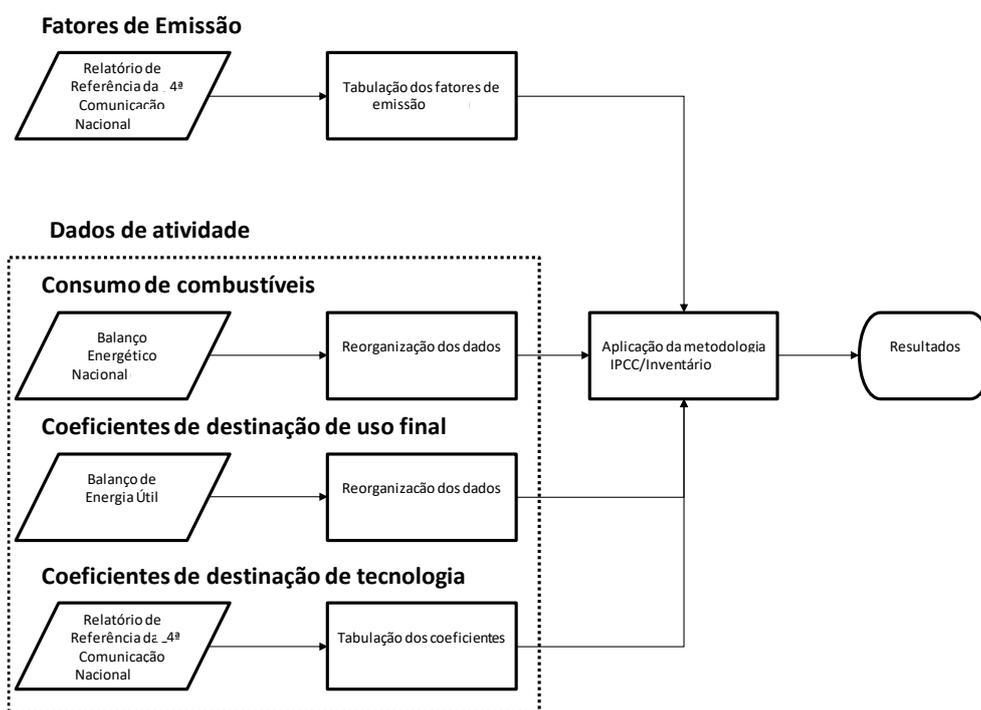
Os fatores de emissão em kg_{gás}/TJ também foram obtidos do documento “Relatório de Referência do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Setor Energia – Subsetor Queima de Combustíveis – Abordagem Setorial” (MCTI, 2020).

Uma vez obtidos os dados de consumo de combustível e os coeficientes de destinação de uso final, e tabulados os fatores de emissão e os coeficientes de destinação da tecnologia (originados de arquivo PDF), as estimativas foram realizadas conforme sequência representada pela Figura 6.

⁷ Coeficientes disponíveis em planilhas eletrônicas em:

<http://www.feng.pucrs.br/~eberson/13.03/CoeficientesdeDestinacao>

Figura 6: Sequência de tratamento dos dados utilizados nas estimativas de emissões de CH₄, N₂O, CO, NO_x e COVNM



2.1.3. Emissões pela queima de combustíveis no transporte rodoviário

Uma vez que o BEN apresenta o consumo de energia no transporte rodoviário discriminado apenas conforme o tipo de combustível, ele não permite estimar as emissões por categorias de veículos se fossem utilizados apenas os métodos gerais apresentados nas seções 2.1.1 e 2.1.2. Além disso, a estimativa de emissões veiculares de CH₄, N₂O, CO, NO_x e COVNM deve levar em conta especificidades bastante importantes, como a evolução tecnológica dos motores, o perfil de uso dos veículos segundo o tipo e a idade, e a deterioração das emissões ao longo do uso dos veículos.

Dada a importância apresentada pelo transporte rodoviário no conjunto das emissões, optou-se por utilizar os resultados apresentados no “Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-Base 2012”, publicado pelo Ministério de Meio Ambiente (MMA) em 2014.

Nesse Inventário foram estimadas as emissões atmosféricas por veículos automotores em todo o território nacional, desde 1980 até 2012. Entre outras, são estimadas as emissões dos poluentes regulamentados pelo PROCONVE e pelo PROMOT – que incluem CO, NO_x, hidrocarbonetos não metano (NMHC) e aldeídos (RCHO)⁸ –, além dos GEE – CO₂, CH₄ e N₂O.

Por sua extensão e teor de detalhes, não serão descritos todos os procedimentos metodológicos deste Inventário, porém a metodologia utilizada está condizente com a metodologia Tier 2 do IPCC.

⁸ Nesse trabalho, considerou-se que as emissões somadas de hidrocarbonetos não metano (NMHC) e aldeídos (RCHO) representam as emissões de compostos orgânicos voláteis não-metânicos (COVNM).

No entanto, pode-se destacar duas equações gerais utilizadas na metodologia do Inventário do MMA. Em primeiro, o cálculo do consumo de combustível, variável-chave para o cálculo das emissões de CO₂⁹. Para cada categoria de veículos da frota circulante, num determinado ano-calendário, o consumo de combustível é estimado a partir da seguinte equação:

$$C_i = Fr_i \times Iu_i \div Ql_i$$

Onde:

<i>C_i</i>	Consumo anual de combustível do veículo do tipo i (L/ano)
<i>Fr_i</i>	Frota em circulação no ano do veículo do tipo i (número de veículos)
<i>Iu_i</i>	Intensidade de uso do veículo do tipo i, expressa em termos de quilometragem anual percorrida (km/ano)
<i>Ql_i</i>	Quilometragem por litro de combustível do veículo do tipo i (km/L)

Vale ressaltar que o consumo de combustível estimado pelo Inventário é ajustado, para cada tipo de combustível, de acordo com os valores apresentados pelo BEN na categoria de consumo de combustíveis no transporte rodoviário, a partir da aplicação de fatores de correção anuais sobre a variável intensidade de uso. Dessa forma, a soma das emissões estimadas para cada tipo de veículo coincide com as emissões associadas ao consumo total de combustíveis no transporte rodoviário quando estas últimas são calculadas segundo a metodologia geral para estimativa de CO₂ pela queima de combustíveis descrita na seção 2.1.1.

Em segundo, para cada categoria de veículos da frota circulante, num determinado ano calendário, para cada poluente e ano modelo de veículo, as emissões de escapamento são estimadas a partir da seguinte equação:

$$E = C \times Iu \times Fe$$

Onde:

<i>E</i>	Taxa anual de emissão do poluente considerado (g/ano)
<i>Fe</i>	Fator de emissão do poluente considerado, expresso em termos da massa de poluentes emitida por km percorrido (g _{poluente} /km). É específico para o ano modelo de veículo considerado e depende do tipo de combustível utilizado.
<i>C</i>	Consumo de combustível pela frota circulante de veículos do ano modelo considerado (L).
<i>Iu</i>	Quilometragem por litro de combustível do veículo do tipo i (km/L)

2.1.4. Emissões pela queima de combustíveis no transporte aéreo

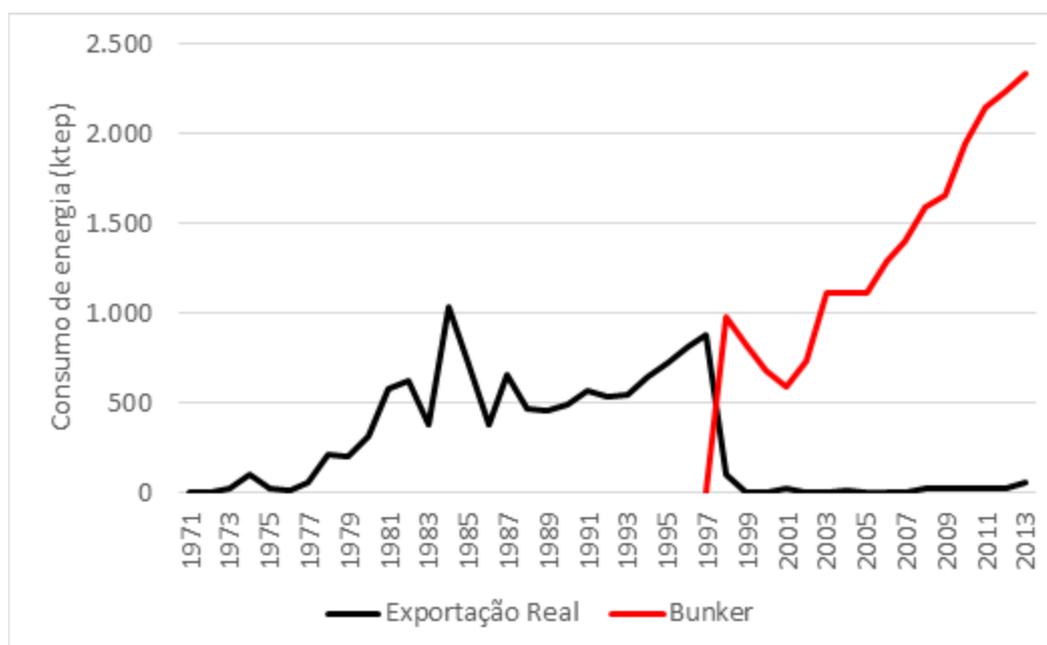
As estimativas de emissões de CO₂, CH₄ e N₂O pelo transporte aéreo foram efetuadas de acordo com a metodologia geral descrita na seção 2.1.1 e 2.1.2.

⁹ O Inventário publicado pelo MMA em 2014 utilizava fatores de emissão de CO₂ publicados nos relatórios de referência do 2º Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. As estimativas associadas ao transporte rodoviário apresentadas na atual versão do SEEG utilizam a metodologia apresentada em MMA, 2014, porém os fatores de emissão de CO₂ empregados foram aqueles apresentados no documento “Relatório de Referência do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Setor Energia – Subsetor Queima de Combustíveis – Abordagem Setorial” (MCTI, 2020).

No entanto, o mesmo não foi feito para estimar as emissões de CO, NO_x e COVNM. Para essas, foram utilizados os dados do Relatório de Referência do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Categoria Aviação Civil (MCTI, 2020). Tal Inventário compreende o período de 1990 a 2016, e chega a apresentar um nível de detalhe correspondente à abordagem Tier 3A do IPCC, para os gases CO, NO_x e COVNM. As emissões de 1970 a 1989 desses três gases foram calculadas a partir dos dados de consumo de combustível do BEN e de um fator de emissão implícito obtido através da associação do consumo de combustível contido no BEN para o ano de 1990 e a emissão correspondente ao mesmo ano para o respectivo gás. A utilização desse fator para os anos anteriores a 1990 resultaram nas emissões estimadas. De forma análoga, foram obtidas as emissões para os anos posteriores a 2016.

A partir da versão 2014 do SEEG, passaram a ser estimadas as emissões relacionadas ao consumo de combustível na aviação internacional (bunker). Nesse caso, o método acima exposto se mantém, porém, efetuando-se uma modificação quanto à série histórica de consumo internacional de querosene de aviação (QAv) apresentada nas matrizes detalhadas do BEN¹⁰, alterando os valores reportados como “exportação real” para “bunker” antes de 1998. A motivação para essa modificação pode ser melhor visualizada na Figura 7, a partir da qual julgou-se adequado realizar tal correção. Esta mostra o comportamento das séries históricas reportadas nas matrizes completas do BEN para o QAv “bunker”, que se inicia em 1998, e o decréscimo abrupto do QAv classificado como “exportação real”, também em 1998. Avaliamos que tal comportamento seria improvável e, portanto, para os anos anteriores a 1998, no BEN, supomos que o consumo de querosene de aviação como bunker foi classificado como “exportação real”, e que neste período a exportação real do combustível poderia ser considerada desprezível. Feito isto, a estimativa de emissões foi realizada utilizando-se a mesma equação referente aos demais cálculos de emissões pelo transporte aéreo exposta acima.

Figura 7 – Comparação das séries históricas entre Exportação Real e Bunker para querosene de aviação, segundo as matrizes 49x47 do BEN



¹⁰ Disponível em: https://www.mme.gov.br/SIEBRASIL/consultas/visor_reportes_be.aspx?or=520&ss=2&v=1.

2.1.5. Emissões fugitivas de CH₄ na extração de carvão mineral

Aplicou-se a metodologia utilizada no 4º Inventário Brasileiro, publicado pelo MCTI¹¹, para estimar as emissões de CH₄ associadas à mineração do carvão, conforme a seguinte equação:

$$E_{CH_4} = \sum_m \sum_u (P_{m,u} \times Fe_m)$$

Onde:

E_{CH_4}	Emissão anual de CH ₄ (toneladas/ano)
$P_{m,u}$	Produção de carvão ROM na unidade da federação u, e perfil de mina de carvão m (toneladas)
Fe_m	Fator de emissão de CH ₄ por tonelada de carvão produzido, por tipo de mina de carvão m (toneladas de CH ₄ /toneladas de carvão)

Os dados de produção anual de Carvão ROM para o período entre 1980 e 1989 podem ser obtidos da Associação Brasileira de Carvão Mineral (ABCM). Para os anos entre 1990 e 2016, os dados são reportados no relatório de referência do 4º Inventário Brasileiro. Os dados entre 2017 e o último ano das estimativas podem ser obtidos diretamente do site da ABCM, como mostra a Tabela 1. Esses valores estão disponíveis no sítio eletrônico da ABCM¹², na seção “Atuação”.

Tabela 1: Produção de carvão ROM (mil toneladas) por unidade da federação

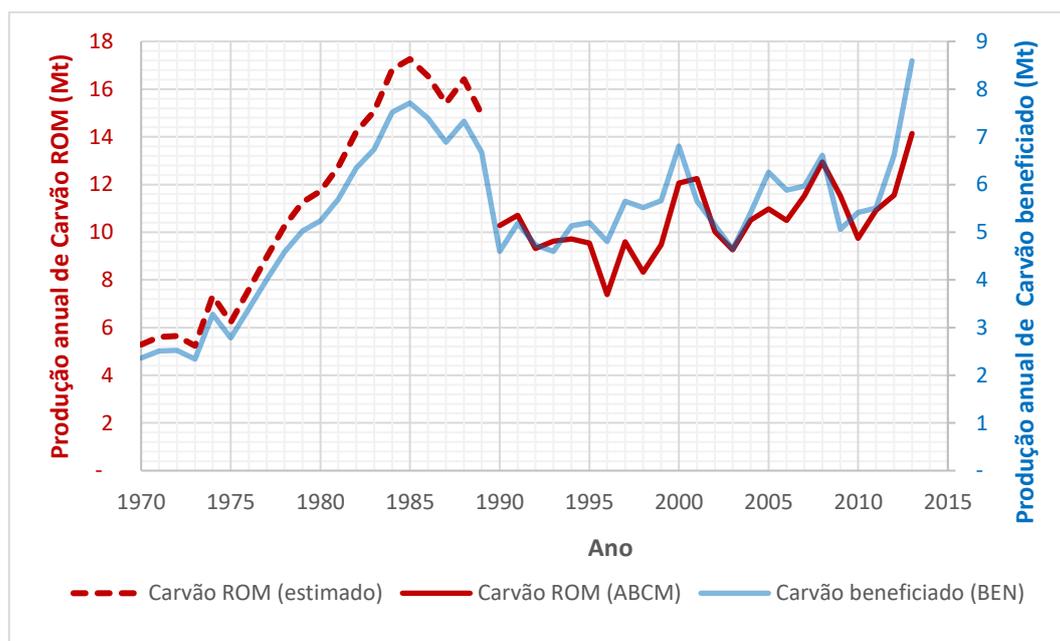
UF \ Ano	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Paraná	315,1	272,5	268,0	340,0	209,7	207,2	390,2	301,6	152,5	121,8	283,8
Santa Catarina	6.053,1	7.615,1	6.940,1	6.316,8	5.986,1	6.352,6	6.467,3	5.518,8	5.614,3	5.992,8	6.152,4
Rio Grande do Sul	4.432,3	6.109,8	6.335,2	6.259,7	4.840,6	3.620,0	3.626,3	3.613,5	3.391,6	5.956,3	5.092,7

Para estimar a produção anual de carvão ROM referente aos anos 1970 a 1979, utilizaram-se esses dados da ABCM e os valores da produção de carvão beneficiado encontrados no BEN, assumindo mantida constante a razão entre a produção de carvão ROM e carvão beneficiado no ano 1980. A Figura 8 ilustra as séries históricas de produção de carvão ROM – reportada pela ABCM e estimada neste trabalho –, bem como a série histórica de produção de carvão beneficiado reportada no BEN.

¹¹ “Relatório de Referência – Setor Energia – Subsetor Emissões Fugitivas – Mineração e Manejo do Carvão Mineral”.

¹² Disponível em: <https://abcm.satc.edu.br/index.php/atuacao/>.

Figura 8: Produção nacional de carvão ROM e produção nacional de carvão beneficiado



Para atualização das emissões, assumiu-se que o perfil da produção das minas de carvão por unidade da federação se manteve inalterado a partir de 2016, último ano com informações disponíveis no documento “Relatório de Referência – Setor Energia – Subsetor Emissões Fugitivas – Mineração e Manejo do Carvão Mineral” (MCTI, 2020). A Tabela 2 mostra os valores adotados.

Tabela 2: Perfil da produção das minas de carvão, por unidade da federação em 2016

UF \ Tipo de mina	Minas Subterrâneas (SS)	Minas a Céu Aberto (CA)
Paraná	100%	0%
Santa Catarina	97%	3%
Rio Grande do Sul	0%	100%

Os fatores de emissão de CH₄ também foram obtidos do 4º Inventário Brasileiro, publicado pelo MCTI, sendo: 10,90 m³ de CH₄ por tonelada de carvão para minas subterrâneas e 1,30 m³ de CH₄ por tonelada de carvão para minas a céu aberto. A densidade adotada para o metano foi de 670 g/m³.

2.1.6. Emissões fugitivas na indústria de petróleo e gás natural

Para os anos de 1990 a 2016, as emissões fugitivas na indústria de petróleo e gás natural foram retiradas diretamente do 4º Inventário Brasileiro¹³. Já para estimar emissões fugitivas de petróleo e gás natural referentes a anos anteriores a 1990 e posteriores a 2016, foram utilizados fatores implícitos, pois a metodologia adotada no 4º Inventário demanda dados de atividade que não estão atualmente disponíveis de forma pública. Esses fatores foram calculados relacionando as emissões de 1990 ou 2016 (primeiro e

¹³ “Relatório de Referência – Setor Energia – Subsetor Emissões Fugitivas – Categoria Petróleo e Gás Natural” (MCTI, 2020).

último ano com emissões disponíveis) pelas respectivas taxas de atividade mais representativas da indústria de petróleo e gás natural: (a) produção de petróleo e LGN em ktep para emissões relacionadas a exploração e produção; (b) refino de petróleo, LGN, óleo de xisto e outras não renováveis em ktep para emissões relacionadas ao refino de petróleo ou processamento de gás natural; e (c) participação das emissões de transporte em relação ao total emitido nas atividades de produção e refino.

2.2. Alocação de emissões por Unidades da Federação

Como uma das inovações em relação à primeira versão do SEEG, este trabalho buscou distribuir as emissões estimadas a nível nacional entre as unidades da federação. Foi obtida uma primeira aproximação para as emissões por UF, considerando-se os dados oficiais disponíveis de maneira agregada em instituições de abrangência nacional. Algumas hipóteses simplificadoras também foram assumidas, mas ainda assim uma parcela significativa das emissões nacionais não pôde ser alocada por falta de informações confiáveis. Não se tratou, portanto, de um esforço de inventariar as emissões a partir de informações oficiais de cada UF, de modo que a comparação entre os resultados gerados por esta metodologia e os resultados de inventários oficiais das UFs deve ser feita com muita cautela. No entanto, como muitas UFs ainda não dispõem de inventários, o SEEG pode trazer informações valiosas, tanto pelos resultados que puderam ser gerados quanto pelas dificuldades metodológicas e lacunas de dados que o procedimento de alocação de emissões por UF apontou.

Para as estimativas de emissões fugitivas na extração de carvão mineral a nível nacional, a metodologia empregada já parte das emissões por UF. Os dados para a estimativa das emissões nacionais provêm de valores de produção e fatores de emissão já desagregados conforme as UFs, segundo exposto nos itens 2.1.5.

Para a alocação das emissões pela queima de combustíveis e das emissões fugitivas na indústria de petróleo e gás, foi utilizada a equação abaixo:

$$e_{g,s,c,e,i} = f_{s,c,e,i} \times E_{g,s,c,i}$$

Sendo:

$e_{g,s,c,e,i}$	Emissão referente ao gás g no setor s do combustível c no Estado e no ano i (kg _{gás})
$f_{s,c,e,i}$	Fator de alocação do combustível c no setor s no Estado e no ano i (%)
$E_{g,s,c,i}$	Emissão nacional do gás g no setor s do combustível c no ano i (kg _{gás})

Em geral, para as emissões por queima de combustíveis, o fator de alocação é a razão entre o consumo de um determinado combustível nas UFs e o consumo do mesmo em âmbito nacional. Tais consumos foram obtidos ou estimados através de diversas fontes a depender do combustível, do setor e do ano considerados, conforme a Tabela 3¹⁴. Apenas para o caso da Produção de combustíveis, foram tomados outros dados de atividade como referência para a distribuição das emissões: (i) a carga processada em refinarias¹⁵ e (ii) a produção anual de petróleo e gás natural¹⁶. Estas duas variáveis foram usadas também para alocar as emissões fugitivas associadas à indústria de petróleo e gás natural.

¹⁴ Na tabela as siglas OEP, ONR e OR se referem a Outros Energéticos de Petróleo, Outras Não Renováveis e Outras Renováveis, respectivamente.

¹⁵ Informações disponíveis nos Dados Estatísticos Mensais publicados pela ANP: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>.

¹⁶ Informações disponíveis nos Anuários Estatísticos da ANP.

Tabela 3: Alocação de emissões por UF: fontes de informação

Tipo de Emissão	Fonte energética	Setor	Subsetor	1970 e 1971	1972 a 1979	1980	1981	1982 a 1989	1990	1991 a 1997	1998	1999	2000	2001 a 2004	2005	2006	2007 a 2012	2013 a 2022	
Emissões pela Queima de Combustíveis	Alcatrão	(Todos)	(Todos)																
	Álcool Hidratado	Transportes	Rodoviário											MME/ANP					
	Bagaço de Cana, Biogás e Biomassa	(Todos)	(Todos)																
	Carvão Metalúrgico e Carvão Vapor	Geração de Eletricidade (CESP) (Demais setores)	- (Demais setores)													MME/ANP			
	Carvão Vegetal	(Todos)	(Todos)																
	Coque de Carvão Mineral	(Todos)	(Todos)																
	Coque de Petróleo	(Todos)	(Todos)														MME/ANP		
	Gás Canalizado (SP e RJ)	(Todos)	(Todos)																
	Gás de Coqueria	(Todos)	(Todos)																
	Gás de Refinaria	Produção de Combustíveis	Refino de petróleo																
		Industrial (Demais setores)	Química (Demais setores)																
	Gás Industrial	Industrial	(Todos)																
		Geração de Eletricidade (CESP) Produção de Combustíveis	- Exploração de petróleo																
	Gás Natural	Comercial	-																
		Público	-																ABEGÁS
		Residencial	-																ABEGÁS
		Transportes	Rodoviário																ABEGÁS
		Industrial (Demais setores)	(Todos) (Demais setores)																ABEGÁS/Patusco
	Gasolina Automotiva	Transportes	Rodoviário																
	Gasolina C	Transportes	Rodoviário																
	Gasolina de Aviação	Transportes	Aéreo																
	GLP	Produção de Combustíveis	Refino de petróleo																
		(Demais setores)	(Demais setores)																
	Lenha e Lixívia	(Todos)	(Todos)																
	Lubrificantes e Nafta	(Todos)	(Todos)																
		Industrial	(Todos)																
	Óleo Combustível	Produção de Combustíveis	Refino de petróleo (Demais setores)																
		Transportes (Demais setores)	Hidroviário (Demais setores)																
Industrial		(Todos)																	
Óleo Diesel	Produção de Combustíveis	Exploração de petróleo (Demais setores)																	
	(Demais setores)	(Demais setores)																	
OEP, ONR e OR	(Todos)	(Todos)																	
Querosene de Aviação	Transportes	Aéreo																	
Querosene Iluminante	(Todos)	(Todos)																	
Emissões Fugitivas	Petróleo e Gás Natural	Produção de Combustíveis	Exploração de Petróleo e Gás Natural																
	Petróleo	Produção de Combustíveis	Refino de Petróleo																
Gás Natural	Produção de Combustíveis	Transporte de Gás Natural																	
Carvão Mineral	Produção de Combustíveis	Produção de Carvão Mineral																	

OEP: Outros Energéticos de Petróleo
 ONR: Outras Não Renováveis
 OR: Outras Renováveis

Na Tabela 3 as fontes de informação listadas como MME/ANP correspondem ao agrupamento de três fontes distintas de dados:

- Conjunto de planilhas contendo dados de vendas estaduais de combustíveis disponibilizadas pelo MME em sua plataforma SIE¹⁷, na seção “Estados – Vendas de Derivados de Petróleo pelas Distribuidoras”
- Conjunto de planilhas disponibilizadas pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) mediante solicitação do IEMA;
- Nota Técnica COBEN (MME, 1988): a harmonização entre os setores de consumo apresentados nos dados estaduais e disponíveis BEN foi realizada conforme exposto neste documento¹⁸.

A fonte de informação listada como ABEGÁS na Tabela 3 corresponde a dados de consumo de gás natural seco publicados no site¹⁹ da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado. A fonte de informação listada como ABEGÁS/Patusco corresponde a dados de consumo da ABEGÁS e da base de dados elaborada para a publicação Energia e desenvolvimento (Patusco, J. A. M).

¹⁷ Disponível em:

<https://www.mme.gov.br/SIEBRASIL/consultas/reporte-dato42-gerarquizado.aspx?oc=30108&or=30109&ss=1&v=1>.

¹⁸ Alguns fatores de correspondência entre os setores de consumo foram atualizados conforme sugestões do MME, via comunicação pessoal.

¹⁹ Disponível em: <https://www.abegas.org.br/estatisticas-de-consumo>.

3. Diferenças entre as versões do SEEG

3.1 Diferenças do SEEG 2014 em relação ao SEEG 2013

Em relação ao escopo, a série histórica de emissões estimadas foi expandida para o período compreendido entre 1970 e 2013, diferindo do SEEG 2013 que se restringia ao período de 1990 a 2012. Além disso, quando possível, as emissões foram alocadas nas UFs, obtendo-se uma primeira aproximação para as emissões por UF. Vale lembrar que foram considerados apenas os dados oficiais disponíveis de maneira agregada em instituições de abrangência nacional e que algumas hipóteses simplificadoras foram assumidas²⁰.

Destacam-se as seguintes diferenças metodológicas e de dados de entrada em relação ao SEEG 2013, em linha com as modificações realizadas nos relatórios de referência do 3º Inventário Brasileiro (MCTI, 2014):

- Foram removidas do Setor de Energia as emissões decorrentes da utilização dos seguintes combustíveis como agente redutor, nas indústrias de ferro gusa e aço, ferroligas, metais não ferrosos e outros da metalurgia: coque de carvão mineral, coque de petróleo, carvão vapor 6000, carvão vapor 5900 e carvão vegetal. Essas emissões passaram a ser contabilizadas em Processos Industriais e Uso de Produtos;
- Foram removidas do Setor de Energia as emissões consequentes do Consumo Final Não-Energético, por não se tratarem de queima de combustível. Essas emissões passaram a ser contabilizadas em Processos Industriais e Uso de Produtos;
- Foram removidas do Setor de Energia as emissões do consumo de “gás industrial” por este se tratar de um aproveitamento energético que não é queima de combustível;
- O cálculo de emissões de CO₂ foi alterado, passando a ser efetuado diretamente com fatores de emissão na unidade kgCO₂/TJ;
- Alguns fatores de emissão, tanto de CO₂ quanto dos demais gases, sofreram modificações.

Ademais, foram feitas as seguintes alterações:

- Foram calculadas as emissões referentes ao transporte internacional (bunker), aéreo e marítimo, diferentemente do SEEG 2013 no qual as mesmas não eram estimadas;
- Foram modificados os métodos e dados empregados para as estimativas de emissões de CH₄, N₂O, CO, NO_x e COVNM do transporte aéreo, o qual passou a tomar como base o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil (ANAC, 2014);
- As emissões da geração de energia elétrica nas centrais elétricas autoprodutoras passaram a ser detalhadas nos setores de consumo;
- Dentro do nível Produção de Combustíveis, anteriormente chamado de Setor Energético, houve desagregação em níveis mais detalhados (exemplos: refino de petróleo, produção de álcool etc.);
- Os valores de consumo final energético reportados para as fontes carvão metalúrgico nacional e importado em versões anteriores do BEN passaram a ser reportados, na última versão do BEN (2014), como carvão vapor 6000. Em decorrência disso, as emissões associadas ao carvão metalúrgico também foram reclassificadas.

²⁰ Não se tratou, portanto, de um esforço de inventariar as emissões a partir de informações oficiais de cada UF, de modo que a comparação entre os resultados gerados por esta metodologia e os resultados de inventários oficiais das UFs deve ser feita com muita cautela.

3.2 Diferenças do SEEG 2015 em relação ao SEEG 2014

Em relação ao SEEG 2014, esta versão não sofreu alterações no que diz respeito ao seu escopo temporal ou detalhamento espacial. Destacam-se as seguintes diferenças metodológicas entre as duas versões:

- Foram removidas do Setor de Energia as emissões decorrentes da utilização de outros energéticos de petróleo na indústria de metais não ferrosos e outros da metalurgia entre 1970 e 1984, uma vez que elas se referem ao consumo de coque de petróleo como agente redutor e, portanto, devem ser contabilizadas apenas em Processos Industriais e Uso de Produtos;
- As emissões do transporte rodoviário foram recalculadas para todos os anos aplicando-se a metodologia do **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-base 2012 (MMA, 2014)**, porém, utilizando-se os fatores de emissão de CO₂ apresentados no relatório **Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem Bottom-Up - Relatório de Referência - Anexo metodológico” (MCTI, 2014)**;
- A alocação nas UFs das emissões decorrentes do consumo de gás natural seco entre 2007 e 2014 nos setores comercial, público, residencial e transportes (rodoviário) foi feita a partir de fatores elaborados por meio de informações levantadas na página da ABEGÁS (Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado);
- A alocação nas UFs das emissões decorrentes do consumo de gás natural seco entre 2007 e 2014 na indústria foi feita a partir de fatores elaborados por meio de informações levantadas junto à base de dados elaborada para a publicação **Energia e desenvolvimento (Patusco, J. A. M)**;

4. Qualidade dos dados

Dada a complexidade dos cálculos necessários para consolidar o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa – SEEG – e devido à opção de usar apenas dados disponíveis de forma pública e gratuita, considerou-se necessário divulgar uma avaliação da qualidade dos dados. Assim, qualquer usuário ou leitor pode aferir a confiabilidade de cada cálculo e eventualmente contribuir para aumentar a robustez dos dados.

São três avaliações de qualidade dos dados: (A) qualidade das estimativas nacionais no ano mais recente (2022); (B) qualidade da alocação dos dados por estados e (C) qualidade das estimativas no período histórico (1970 a 2022). As seguintes legendas foram utilizadas:

Legenda para Análise de Qualidade das ESTIMATIVAS NACIONAIS

Aspecto	Valores
TIER	1 Tier 1 do IPCC - fatores globais 2 Tier 2 do IPCC - fatores nacionais ou regionais 3 Tier 3 do IPCC - fatores específicos por planta
EXISTÊNCIA DE DADO DE ATIVIDADE	1 dados existentes para cálculo de acordo com Tier do 2o inventário (inclui dados existentes em associações de classe, mesmo que não seja público). Dados que só existem nas empresas ou agentes econômicos específicos não serão considerados. 2 dados incompletos 3 dados não existentes
DISPONIBILIDADE DE DADOS DE ATIVIDADE	1 dados disponíveis de forma pública e gratuita 2 dados disponíveis com alguma restrição (pago; em local físico específico, ou disponível apenas mediante solicitação específica) 3 dados não disponíveis
FATORES DE EMISSÃO	1 fator explícito, com referência 2 fator implícito com correlação R2 maior ou igual a 0,7 3 fator implícito com correlação R2 menor que 0,7
NECESSIDADE APRIMORAMENTO	1 sem necessidade de aprimoramento 2 necessidade de aprimoramento de método OU obtenção dos dados para cálculo 3 necessidade de aprimoramento de método E obtenção de dados para cálculo
QUALIDADE GERAL DO DADO	1 dado confiável; capaz de reproduzir 2o inventário 2 dado confiável para estimativa; inventário pode gerar diferenças significativas 3 dado pouco confiável ou de difícil avaliação

Legenda para Análise de Qualidade da ALOCAÇÃO DE EMISSÕES POR ESTADOS

Aspecto	Valores
OCORRÊNCIA DE ALOCAÇÃO	1 Alocação possível de toda emissão nacional nos estados (não fica resíduo/montante não alocado) 2 Alocação parcialmente possível. Parte das emissões nacionais não foi alocada. 3 Alocação para os estados não foi possível
CRITÉRIO DE ALOCAÇÃO	1 Critério de alocação está diretamente relacionado com os fatores de emissão 2 Critério de alocação usa fatores indiretos com alta correlação com os fatores diretos. 3 Critério de alocação usa fatores indiretos com baixa correlação com fatores diretos.
EXISTÊNCIA DE DADO DE ATIVIDADE	1 dados existentes para cálculo de acordo com Tier do 2o inventário (inclui dados existentes em associações de classe, mesmo que não seja público). Dados que só existem nas empresas ou agentes econômicos específicos não serão considerados. 2 dados incompletos 3 dados não existentes
DISPONIBILIDADE DE DADOS DE ATIVIDADE	1 dados disponíveis de forma pública e gratuita 2 dados disponíveis com alguma restrição (pago; em local físico específico, ou disponível apenas mediante solicitação específica) 3 dados não disponíveis
FATORES DE EMISSÃO	1 fator explícito, com referência 2 fator implícito com correlação R2 maior ou igual a 0,7 3 fator implícito com correlação R2 menor que 0,7
NECESSIDADE APRIMORAMENTO	1 sem necessidade de aprimoramento 2 necessidade de aprimoramento de método OU obtenção dos dados para cálculo 3 necessidade de aprimoramento de método E obtenção de dados para cálculo
QUALIDADE GERAL DA ALOCAÇÃO	1 dado confiável; capaz de reproduzir 2o inventário 2 dado confiável para estimativa; inventário pode gerar diferenças significativas 3 dado pouco confiável ou de difícil avaliação

Legenda para Análise de Qualidade das Estimativas do Período Pré Inventário de Emissões 1970-1989

Aspecto	Valores
QUALIDADE RELATIVA DO DADO HISTÓRICO	1 Dado de atividade existente/disponível para o respectivo ano e fator de emissão adequado para época 2 Dados de atividades estimados pelo projeto ou correlação com outros dados [e/ou] fatores de emissão inadequados para época 3 Dados de atividades estimados e fatores de emissão inadequados

Tabela 4: Quadro de Qualidade das estimativas nacionais em 2022

Setor/ Sub-Sector / Categorias	Tier			Nível de Atividade		Fator de Emissão	Necessidade de Aprimoramento	Qualidade Geral do Dado	% do total das Emissões	Emissões (ton GWP)	Proporção com Boa Qualidade (1)	Proporção com Boa Qualidade (1 e 2)
	3º inventário	4º inventário	SEEG	Existência do Dado	Disponibilidade do Dado							
ENERGIA								17,92%		428.006.846	95,6%	95,6%
Emissões pela Queima de Combustíveis												
Agropecuário	ND	2	2	1	1	1	1	1	0,89%	21.236.682	5,0%	5,0%
Comercial	ND	2	2	1	1	1	1	1	0,09%	2.134.133	0,5%	0,5%
Geração de Eletricidade (Serviço Público)	ND	2	2	1	1	1	1	1	0,93%	22.182.743	5,2%	5,2%
Industrial	ND	2	2	1	1	1	1	1	2,83%	67.676.056	15,8%	15,8%
Produção de Combustíveis	ND	2	2	1	1	1	1	1	1,41%	33.723.656	7,9%	7,9%
Público	ND	2	2	1	1	1	1	1	0,04%	860.261	0,2%	0,2%
Residencial	ND	2	2	1	1	1	1	1	1,14%	27.232.988	6,4%	6,4%
Transportes												
Aéreo	ND	3	3	1	1	1	1	1	0,62%	14.905.010	3,5%	3,5%
Ferrovário	ND	2	2	1	1	1	1	1	0,14%	3.300.622	0,8%	0,8%
Hidroviário	ND	2	2	1	1	1	1	1	0,58%	13.906.269	3,2%	3,2%
Rodoviário	3	ND	3	1	1	1	1	1	8,40%	200.474.201	46,8%	46,8%
Emissões fugitivas												
Extração de carvão mineral: CH ₄	ND	1	1	1	1	1	1	1	0,1%	1.401.540	0,3%	0,3%
Industrial de petróleo e gás natural	ND	ND	ND	1	3	3	3	3	0,8%	18.972.685	0,0%	0,0%

Tabela 5: Quadro de Qualidade das estimativas nacionais entre 1970 e 2022

Setor/ Sub-Sector / Categorias	1970 - 1989	1990 - 2016	2017 - 2020	2022	Qualidade Geral do Dado	% do total das Emissões	Emissões (ton GWP) em todo período	Proporção com Boa Qualidade (1)	Proporção com Boa Qualidade (1 e 2)
ENERGIA						36%		96,2%	96,2%
Emissões pela Queima de Combustíveis									
Agropecuário	1	1	1	1	1	1,706%	702.805.011	4,78%	4,78%
Comercial	1	1	1	1	1	0,217%	89.574.478	0,61%	0,61%
Geração de Eletricidade (Serviço Público)	1	1	1	1	1	2,351%	968.517.288	6,59%	6,59%
Industrial	1	1	1	1	1	6,863%	2.826.848.301	19,23%	19,23%
Produção de Combustíveis	1	1	1	1	1	2,653%	1.092.863.076	7,43%	7,43%
Público	1	1	1	1	1	0,139%	57.427.163	0,39%	0,39%
Residencial	1	1	1	1	1	3,322%	1.368.286.490	9,31%	9,31%
Transportes									
Aéreo	1	1	1	1	1	1,297%	534.145.834	3,63%	3,63%
Ferrovário	1	1	1	1	1	0,296%	121.947.940	0,83%	0,83%
Hidroviário	1	1	1	1	1	1,281%	527.725.177	3,59%	3,59%
Rodoviário	1	1	1	1	1	13,954%	5.747.889.088	39,10%	39,10%
Emissões fugitivas									
Extração de carvão mineral: CH ₄	2	1	1	1	1	0,236%	97.065.305	0,66%	0,66%
Industrial de petróleo e gás natural	3	1	3	3	3	1,373%	565.386.207	0,00%	0,00%

Tabela 6: Quadro de Qualidade dos Dados de Alocação nas UFs em 2022

Setor/ Sub-Sector / Categorias	Ocorrência de alocação	Critério de Alocação	Nível de Atividade		Necessidade de Aprimoramento	Qualidade Geral da Alocação	% do total das Emissões	Emissões (ton GWP)	Proporção com Boa Qualidade (1)	Proporção com Boa Qualidade (1 e 2)
			Existência do Dado	Disponibilidade do Dado						
ENERGIA							18%	434.607.259	0,3%	79,6%
Emissões pela queima de combustíveis										
Alcatrão	3	n/a	2	3	2	n/a	0,01%	342.162	0,00%	0,00%
Álcool anidro	2	2	2	2	2	2	0,03%	751.199	0,00%	0,00%
Álcool hidratado	2	2	2	2	2	2	0,03%	797.444	0,00%	0,18%
Bagaço de Cana	3	n/a	2	3	2	n/a	0,11%	2.709.127	0,00%	0,00%
Biodiesel	2	2	2	2	2	2	0,01%	237.958		
Biogás	3	n/a	2	3	2	n/a	0,00%	857	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 3100	2	3	2	3	2	3	0,00%	-	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 3300	2	3	2	3	2	3	0,12%	2.841.478	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 3700	3	n/a	2	3	2	n/a	0,00%	9.001	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 4200	2	3	2	3	2	3	0,00%	115.338	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 4500	2	3	2	3	2	3	0,30%	7.345.058	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 4700	2	3	2	3	2	3	0,04%	904.671	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 5200	2	3	2	3	2	3	0,02%	583.570	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 5900	2	3	2	3	2	3	0,00%	-	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 6000	2	3	2	3	2	3	0,34%	8.143.116	0,00%	0,00%
Carvão Vapor Sem Especificação	2	3	2	3	2	3	0,00%	-	0,00%	0,00%
Carvão Vegetal	3	n/a	2	3	2	n/a	0,01%	206.935	0,00%	0,00%
Coque de Carvão Mineral	3	n/a	2	3	2	n/a	0,02%	381.644	0,00%	0,00%
Coque de petróleo	2	2	2	2	2	2	0,64%	15.615.884	0,00%	3,59%
Diesel de petróleo	2	2	2	2	2	2	6,24%	151.149.872	0,00%	34,78%
Gás Canalizado RJ	2	2	2	2	2	2	0,00%	-	0,00%	0,00%
Gás Canalizado SP	2	2	2	2	2	2	0,00%	-	0,00%	0,00%
Gás de Coquearia	3	3	2	3	2	n/a	0,14%	3.402.224	0,00%	0,00%
Gás de Refinaria	2	3	2	3	2	3	0,37%	8.935.807	0,00%	0,00%
Gás Natural Seco	2	2	2	2	2	2	2,77%	67.105.534	0,00%	15,44%
Gás Natural Úmido	2	2	2	2	2	3	0,51%	12.239.156	0,00%	0,00%
Gasolina Automotiva	2	2	2	2	2	2	2,73%	66.076.476	0,00%	15,20%
Gasolina de aviação	2	2	2	2	2	2	0,00%	107.695	0,00%	0,02%
GLP	2	2	2	2	2	2	0,91%	22.041.828	0,00%	5,07%
Lenha	3	n/a	2	3	2	n/a	0,43%	10.466.786	0,00%	0,00%
Lenha Carvoejamento	3	n/a	2	3	2	n/a	0,02%	585.823	0,00%	0,00%
Lixívia	3	n/a	2	3	2	n/a	0,01%	199.605	0,00%	0,00%
Nafta	3	n/a	2	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Óleo combustível	2	2	2	2	2	2	0,59%	14.289.326	0,00%	3,29%
Outras biomassas	3	n/a	2	3	2	n/a	0,00%	94.563	0,00%	0,00%
Outras Não Renováveis	3	n/a	2	3	2	n/a	0,15%	3.629.513	0,00%	0,00%
Outros Energéticos de Petróleo	3	n/a	2	3	2	n/a	0,24%	5.718.555	0,00%	0,00%
Querosene de aviação	2	2	2	2	2	2	0,31%	7.601.718	0,00%	1,75%
Querosene Iluminante	3	n/a	2	3	2	n/a	0,00%	8.050	0,00%	0,00%
Emissões fugitivas										
Extração de carvão mineral: CH ₄	2	2	2	2	2	2	0,06%	1.357.835	0,31%	0,31%
Industrial de petróleo e gás natural	2	3	2	3	3	3	0,77%	18.611.451	0,00%	0,00%

As tabelas aqui apresentadas podem ser melhor visualizadas em suas versões em planilha Excel, disponibilizadas na plataforma web do SEEG, possuindo comentários explicando as razões para classificações (2) e (3) de cada dado.

5. Resultados

Tabela 7: Emissões nacionais de CO₂e (GWP) por atividade (tCO₂e/ano)

Recorte	Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2015	2020	2022
Emissões fugitivas	Produção de combustíveis	Exploração de petróleo e gás natural	633.879	718.947	2.528.307	4.916.356	9.917.986	9.626.996	7.149.257	7.648.333	6.704.757
		Produção de carvão mineral e outros	1.276.826	2.834.869	1.454.574	1.326.651	1.457.794	1.188.638	1.483.292	1.226.569	1.401.537
		Refino de petróleo	2.044.623	4.431.917	4.860.903	6.652.719	6.848.124	7.549.821	11.283.205	11.358.087	12.267.881
		Transporte de petróleo e gás natural	18.824	26.834	66.543	122.007	216.351	220.989	416.402	291.502	187.708
Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	Agropecuária	3.213.779	8.622.254	10.931.226	14.789.761	15.770.094	18.192.737	19.291.663	20.535.577	21.236.627
	Comercial	Comercial	688.382	1.291.979	2.213.985	2.330.335	2.127.709	1.686.996	1.999.452	1.644.096	2.134.044
	Geração de eletricidade (serviço público)	Geração de eletricidade (serviço público)	4.483.608	5.424.898	6.263.773	19.131.127	20.995.305	26.691.131	65.626.477	33.178.679	22.182.707
	Industrial	Alimentos e bebidas	2.629.200	5.771.011	3.843.132	5.359.912	5.381.752	6.300.335	6.063.918	5.909.818	5.828.323
		Cerâmica	1.127.405	3.357.260	1.848.072	3.532.966	3.964.964	5.212.113	5.358.854	4.166.273	4.429.814
		Cimento	3.907.937	7.900.191	5.954.247	10.448.246	9.218.794	14.738.255	14.728.803	13.601.593	13.396.169
		Ferro gusa e aço	2.896.982	5.390.633	4.674.228	5.070.435	5.846.869	6.427.364	6.232.081	7.446.208	8.007.366
		Ferro ligas		78.088	63.009	42.159	237.057	108.999	122.153	215.560	255.615
		Mineração e pelotização	723.124	3.190.643	2.458.506	5.555.663	6.917.184	7.602.640	7.792.288	3.787.870	3.996.399
		Não ferrosos e outros da metalurgia	365.445	1.378.723	1.381.333	3.781.493	5.058.827	6.110.896	6.259.424	4.290.155	4.930.444
		Outras indústrias	2.679.903	8.868.769	4.086.595	7.107.339	6.308.404	7.608.506	7.347.470	4.284.796	6.708.585
		Papel e celulose	1.601.535	4.129.509	2.698.141	4.949.156	4.794.461	4.719.345	4.846.393	4.963.404	5.901.351
		Química	3.053.166	10.072.951	8.986.852	16.009.174	16.880.375	15.204.285	15.466.169	12.288.825	13.724.859
	Têxtil	1.232.421	2.282.929	1.638.929	1.331.534	1.194.074	1.067.249	723.797	535.952	496.525	
	Produção de combustíveis	Exploração de petróleo e gás natural	413.515	978.508	2.041.762	4.281.341	6.163.282	11.633.294	15.562.029	15.713.435	15.859.094
Produção de álcool		8.369	166.448	533.500	466.420	698.528	1.170.222	1.403.605	1.524.091	1.294.494	
Produção de carvão mineral e outros		204.391	313.231	635.206	587.751	583.537	1.478.945	351.816	326.880	322.336	
Produção de carvão vegetal		277.933	730.390	1.016.631	738.550	968.334	687.036	621.246	599.277	668.450	
Refino de petróleo		3.822.895	9.419.537	11.995.515	14.242.096	17.003.716	16.568.221	18.576.597	15.183.804	13.553.505	
Transporte de petróleo e gás natural								1.818.559	2.644.557	2.025.730	
Público	Público	303.029	803.712	517.897	2.130.671	1.762.628	1.234.697	911.673	852.139	860.196	
Residencial	Residencial	28.078.045	26.683.118	23.745.540	25.268.877	25.684.082	26.205.550	25.845.002	27.703.818	27.232.963	
Transportes	Aéreo	Ferrovário	2.517.030	5.632.574	7.397.919	11.650.626	11.208.691	15.680.495	18.396.868	8.895.455	14.904.971
		Ferrovário	1.514.432	2.117.002	1.810.959	1.381.257	2.822.405	3.245.380	3.112.490	3.256.054	3.300.608
		Hidroviário	2.752.577	6.865.429	5.286.534	12.328.217	14.668.720	17.314.977	16.940.332	15.716.509	13.906.257
		Rodoviário	34.797.424	63.102.216	73.976.469	115.269.395	127.297.413	155.669.065	186.224.454	172.734.724	200.473.954

Tabela 8: Emissões nacionais de CO₂e (GWP) por fonte energética (tCO₂e/ano)

Produto ou sistema	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
Alcatrão	61.150	75.709	198.010	195.098	485.630	715.714	340.137	169.461	361.440	350.417	291.108	317.621
Álcool anidro	22.195	19.648	277.566	274.614	158.472	335.982	549.656	699.828	560.229	765.564	667.270	829.902
Álcool hidratado			26.117	400.848	697.802	631.819	339.834	291.526	711.370	819.781	896.806	775.763
Bagaço de cana	257.562	305.685	558.474	963.033	927.623	1.182.848	1.122.930	1.803.771	2.716.310	2.754.505	3.076.971	2.660.742
Biogás								20	31	211	707	995
Biodiesel								1.357	64.376	118.759	224.326	230.937
Carvão vegetal	164.433	240.039	355.626	563.675	364.544	260.035	229.045	277.107	230.899	232.222	201.448	199.974
Coque de carvão mineral	43.532			9.328	444.650		3.109	550.305	467.228	584.871	360.953	224.470
Coque de petróleo					167.810	636.105	10.487.551	11.299.183	18.408.129	18.246.642	15.116.267	13.245.067
Diesel de petróleo	17.765.733	32.451.816	50.993.966	55.168.558	68.240.891	82.309.116	99.458.995	110.451.317	132.838.162	149.991.698	141.485.207	157.290.359
Gás canalizado RJ	369.850	362.937	381.607	416.053	401.798	267.300	201.768					
Gás canalizado SP	107.401	169.001	318.412	385.447	357.255	43.364						
Gás de coqueria	484.187	723.798	1.315.768	2.339.125	2.467.274	2.772.435	2.636.426	2.735.528	3.239.840	2.948.931	2.914.130	3.182.961
Gás de refinaria	438.554	2.113.608	2.750.066	3.278.599	3.804.981	4.792.584	6.878.935	9.070.140	9.583.499	10.932.316	9.673.750	9.056.252
Gás natural	159.398	666.244	1.139.924	3.292.619	3.613.766	7.137.469	14.182.858	34.964.106	45.308.730	69.976.885	50.973.263	48.159.442
Gasolina automotiva	22.529.286	34.218.760	26.905.612	18.519.071	22.806.440	33.483.153	40.129.428	41.064.242	52.644.328	69.592.384	60.209.576	72.330.732
Gasolina de aviação	228.636	233.075	213.097	165.336	143.192	143.191	171.302	125.120	156.731	143.602	87.868	102.263
GLP	3.627.981	5.349.410	8.077.535	10.897.203	14.665.597	17.214.944	20.832.635	18.918.525	20.459.688	21.937.499	22.201.287	21.812.666
Lenha	25.156.326	23.407.749	19.528.210	14.471.031	10.716.991	8.298.330	8.804.488	10.951.416	10.058.251	9.047.702	10.167.205	10.551.798
Lenha carvoejamento	277.933	580.442	730.390	1.023.434	1.016.631	802.813	738.550	968.334	687.036	621.246	599.277	668.450
Lixívia	3.742	7.093	19.435	25.438	28.901	44.975	61.442	89.791	126.817	158.879	188.092	220.455
Nafta		158.671	102.987			91.643	11.781					
Óleo combustível	25.405.674	44.263.222	57.174.658	30.704.632	34.675.826	38.943.226	44.936.933	32.710.390	30.227.570	33.010.275	19.731.470	17.449.318
Outras biomassas	3		159	15.513	34.944	37.370	45.308	67.706	86.531	91.549	90.584	111.363
Outras não renováveis				138.320	152.880	134.680	1.331.027	2.426.571	2.147.086	2.251.024	3.607.729	4.846.967
Outros energéticos de petróleo		8.095	1.783.467	1.712.122	2.029.593	3.272.692	6.700.621	6.591.388	6.757.326	6.178.847	4.579.332	5.195.351
Petróleo	2.671.713	4.260.041	5.143.034	6.621.278	7.362.338	7.855.629	11.516.959	16.694.545	17.002.024	18.353.593	18.794.220	18.742.425
Querosene de aviação	2.288.394	3.824.709	5.419.477	7.585.302	7.254.727	9.403.619	11.479.324	11.083.571	15.523.764	18.253.266	8.807.587	14.802.708
Querosene iluminante	1.503.323	1.470.689	1.326.107	830.655	576.828	309.847	169.039	74.944	21.038	10.493	7.712	15.444

Tabela 9: Emissões nacionais por tipo de gás (t/ano)

Gás	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
CH4 (t)	924.475	910.076	843.849	758.145	548.550	462.872	501.247	672.229	614.804	573.530	572.222	544.987
CO (t)	7.362.077	9.137.510	8.830.425	8.776.244	9.062.489	8.027.946	6.528.871	6.665.625	6.407.982	6.271.393	6.354.777	6.668.964
CO2 (t)	78.186.474	129.710.925	165.253.132	149.398.885	175.726.636	215.015.141	281.814.945	306.898.654	366.343.399	446.927.794	377.202.988	402.965.395
COVNM (t)	1.234.953	1.600.538	1.570.552	1.515.794	1.611.037	1.381.060	1.063.055	1.039.388	863.710	757.155	719.086	753.577
N2O (t)	12.003	13.221	13.816	15.004	14.387	15.602	18.731	25.841	29.425	34.416	35.652	38.178
NOx (t)	574.543	949.415	1.267.440	1.373.744	1.544.350	1.768.398	2.275.957	2.518.480	2.856.701	3.054.273	2.626.862	2.538.218

Tabela 10: Emissões nacionais de CO₂e (GWP) por tipo de gás (tCO₂e/ano)

GÁS	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2022
CH4	25.883.998	23.628.144	15.358.245	14.016.495	17.170.816	15.992.523	15.229.973
CO2	76.927.024	163.410.772	172.528.908	270.542.943	347.763.850	362.231.989	387.404.375
N2O	3.184.357	3.685.905	3.795.280	4.864.364	7.456.072	9.187.748	9.851.724
GEE TOTAL	105.995.379	190.724.821	191.682.433	289.423.802	372.390.739	387.412.260	412.486.072

Tabela 11: Emissões nacionais de CO₂e (GWP) alocadas por UF (tCO₂e/ano)

Estado	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
AC			122.835	171.812	244.443	475.240	816.034	762.593	669.116	742.078	730.552	750.952
AL			477.022	578.201	796.450	1.199.002	1.787.775	1.582.387	2.208.273	2.599.896	2.574.588	3.050.672
AM			571.793	1.844.577	1.658.819	3.067.783	4.476.878	6.705.594	9.491.355	9.052.913	8.816.792	8.483.737
AP			83.705	128.009	331.602	796.020	673.948	1.076.786	1.309.558	990.346	608.527	633.956
BA			2.483.915	5.806.457	7.322.793	8.498.077	11.576.677	13.602.979	17.826.443	22.893.439	18.974.151	21.126.776
CE			798.613	1.707.305	2.357.736	2.574.317	3.430.114	3.763.409	6.250.131	14.064.445	8.203.177	7.228.705
DF			386.979	625.799	1.240.874	1.790.885	2.922.610	3.026.174	3.640.548	5.133.273	3.153.024	3.956.758
ES			913.261	3.193.877	3.661.685	3.897.155	4.763.520	4.270.740	9.171.394	13.043.733	9.122.156	8.790.533
GO			2.232.337	2.805.835	3.892.348	6.931.997	7.516.361	8.078.062	9.305.871	12.003.507	12.046.716	13.168.195
MA			683.809	959.940	1.653.108	2.093.162	2.784.655	3.070.876	4.853.643	12.921.397	10.794.014	9.653.676
MG			7.096.212	9.913.898	15.916.328	19.649.819	23.445.045	35.493.343	37.105.507	37.871.391	32.730.354	35.829.419
MS			1.928.748	1.896.715	2.652.481	3.041.294	3.148.196	5.522.210	5.161.016	8.139.241	6.523.441	7.106.617
MT			1.042.574	1.630.148	3.169.447	4.712.389	5.756.457	7.279.225	6.622.068	10.586.057	11.644.295	13.512.739
PA			2.441.133	2.899.247	4.664.013	5.708.165	7.242.480	7.577.653	9.027.904	11.919.399	10.861.019	11.999.073
PB			402.145	521.412	957.362	1.380.846	1.500.485	1.611.593	2.486.552	6.355.370	4.007.634	3.415.527
PE			1.350.513	1.988.632	2.834.044	3.330.550	4.672.081	5.119.002	7.456.998	12.513.930	9.513.235	8.768.632
PI			278.339	427.571	657.667	748.799	1.103.695	1.276.185	1.954.150	2.780.283	2.446.320	2.709.280
PR	28.481	33.560	4.876.865	5.957.030	8.563.017	12.006.121	15.474.524	16.171.878	18.273.580	23.713.371	22.839.318	24.350.671
RJ	369.850	362.937	4.975.673	6.763.025	9.905.056	13.838.067	23.165.499	28.096.737	41.374.836	50.436.710	40.926.537	40.984.839
RN			386.130	463.741	800.734	1.611.097	2.533.132	2.905.033	4.320.745	5.831.701	3.786.230	4.006.222
RO			333.006	745.656	1.470.126	1.454.314	2.322.800	2.425.309	3.114.505	2.800.601	2.974.954	3.192.321
RR			70.708	103.620	241.915	414.529	488.821	275.123	685.177	614.648	1.701.242	1.281.258
RS	39.334	46.347	5.851.213	6.404.318	9.683.964	10.824.961	19.164.212	18.629.392	22.371.590	25.265.507	21.456.904	23.594.748
SC	1.209.011	1.424.595	4.616.765	7.266.283	6.054.532	7.773.431	14.085.734	13.907.786	17.210.631	19.215.905	17.896.683	19.120.602
SE			333.354	440.016	749.917	1.111.823	1.569.946	1.633.885	2.905.902	3.055.802	2.987.794	3.023.772
SP	107.401	169.001	14.862.793	24.794.117	38.675.759	49.081.304	69.167.845	60.819.550	83.487.504	89.971.966	75.958.192	87.724.091
TO					683.998	871.747	1.119.092	1.380.515	2.002.017	2.779.283	3.263.677	3.603.699
NA	105.512.602	156.674.501	132.984.130	84.588.252	64.070.069	63.219.083	64.093.618	75.933.441	60.858.163	64.659.577	55.982.514	57.125.799

Tabela 12: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs - Acre (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
AC	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária			0			1.008	911	3.658	6.581	9.886
		Comercial	24	28	1.690	121	3.289	883	358	980	903	1.273
		Geração de eletricidade (serviço público)	70.009	102.204	95.529	277.917	484.834	471.554	189.587	190.127	210.932	196.097
		Industrial		1.006	2.364	2	158	2.318	11.275	760	1.578	3.640
		Público	8.214	3.060	3.002	16.220	11.242	494	582	208	329	48
		Residencial	12.805	16.719	24.383	36.989	36.118	29.687	45.035	59.801	62.923	60.632
		Transportes	31.783	48.795	117.475	143.991	280.393	256.649	421.368	486.544	447.306	479.376

Tabela 13: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs - Alagoas (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
AL	Emissões pela queima de combustíveis	Produção de combustíveis				51.653	67.728	151.127	72.180	29.268	16.892	12.904
		Agropecuária	36.522		86	654	450.583	97.232	20.442	27.218	38.902	91.272
		Comercial	1.715	4.735	6.004	2.795	10.726	7.511	7.691	11.990	9.255	13.776
		Geração de eletricidade (serviço público)			315	201	187	10.567			7.542	4.593
		Industrial		27.526	30.605	43.233	51.087	66.576	448.878	472.664	673.940	881.847
		Produção de combustíveis				14.250	26.873	37.106	34.060	23.402	9.929	8.373
		Público	783	1.976	513	2.044	5.900	3.761	2.520	4.181	2.748	2.467
		Residencial	60.980	111.660	168.351	208.848	230.522	213.705	250.407	277.899	299.379	288.542
Transportes	377.022	432.304	590.576	875.324	944.169	994.802	1.372.095	1.753.274	1.516.001	1.746.898		

Tabela 14: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs - Amazonas (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
AM	Emissões pela queima de combustíveis	Produção de combustíveis				57.253	395.390	717.982	598.851	483.779	395.791	382.014
		Agropecuária	18.261	13.461	46.372		127.436	2.011	33.975	47.220	51.742	48.972
		Comercial	520	6.229	31.556	6.663	23.559	16.395	10.043	14.560	17.421	20.887
		Geração de eletricidade (serviço público)	99.179	1.318.266	514.029	1.901.010	1.558.475	3.412.702	5.127.697	4.854.290	4.808.122	4.106.834
		Industrial		51.646	122.550	107.479	217.422	157.646	133.322	58.287	50.062	49.933
		Produção de combustíveis				15.795	444.932	623.972	770.965	776.615	606.771	616.054
		Público	16.172	6.061	40.594	17.576	21.114	60.119	17.992	7.541	10.701	13.813
		Residencial	66.163	82.402	116.343	149.506	170.446	133.833	216.088	251.590	268.181	258.713
Transportes	371.498	366.512	787.375	812.501	1.518.104	1.580.934	2.582.422	2.559.031	2.608.001	2.986.517		

Tabela 15: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs - Amapá (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
AP	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	10.145	35.198	157.291	481.894	133.261	79.665	4.421	4.703	4.987	699
		Comercial	253	2.957	120	385	617	2.730	35	20	9	170
		Geração de eletricidade (serviço público)	2.763	4.991	4.098	55.586	301.408	703.072	827.498	302.363	1.715	
		Industrial		8.957	14.177	10.712	6.496	5.150	14.876	26.168	23.746	14.905
		Público	1.260	1.891	3.807	347	917	2.053	2.883	4.222	1.038	605
		Residencial	7.622	11.345	21.364	30.528	38.117	36.660	44.676	51.286	56.795	53.409
		Transportes	61.662	62.670	130.745	216.568	193.132	247.456	415.169	601.584	520.237	564.168

Tabela 16: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs - Bahia (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
BA	Emissões fug.	Produção de combustíveis				284.470	976.505	1.381.896	1.465.887	1.713.185	1.717.466	1.686.358
	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	97.392	137.681	110.866	106.771	51.814	573.278	485.488	803.884	1.237.571	1.369.052
		Comercial	5.531	22.174	60.870	30.464	40.490	45.114	70.591	78.070	51.306	65.134
		Geração de eletricidade (serviço público)	24.257	10.628	132.732	2.073	90.989	209.826	597.788	2.990.419	541.276	889.748
		Industrial		2.821.054	2.739.271	2.569.666	1.443.448	1.354.170	3.084.809	3.087.034	2.460.531	3.691.791
		Produção de combustíveis				78.481	1.341.783	2.019.793	1.895.913	1.838.639	1.483.405	1.369.040
		Público	11.966	17.933	5.782	32.442	56.313	61.994	15.440	25.633	15.793	15.538
		Residencial	335.392	615.627	876.791	1.006.344	1.131.458	1.077.004	1.209.048	1.347.470	1.507.842	1.398.465
Transportes	2.009.377	2.181.360	3.396.481	4.387.366	6.443.877	6.879.904	9.001.479	11.009.105	9.958.961	10.641.650		

Tabela 17: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs - Ceará (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
CE	Emissões fug.	Produção de combustíveis				52.378	72.314	89.394	67.231	64.725	57.751	56.331
	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	20.290	734.820	752.235	173.049	157.878	203.643	270.833	364.613	364.948	279.884
		Comercial	5.026	9.239	26.393	12.146	17.882	21.014	21.232	32.580	29.674	35.566
		Geração de eletricidade (serviço público)	1.535	1.576	1.261	953		296.398	1.015.595	7.248.397	2.029.077	11.491
		Industrial		67.863	95.772	238.935	103.560	47.376	291.253	321.891	316.623	844.823
		Produção de combustíveis				14.450	128.485	151.638	136.406	148.053	88.163	72.500
		Público	11.247	6.561	2.582	14.293	16.214	9.211	2.652	4.454	2.816	3.571
		Residencial	150.012	238.249	372.015	530.533	604.853	533.057	618.299	742.478	796.979	764.918
Transportes	610.503	648.997	1.107.478	1.537.580	2.328.928	2.411.678	3.826.630	5.137.254	4.517.146	5.159.621		

Tabela 18: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Distrito Federal (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
DF	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	34.493	44.277	14.084	15.998	25.432	16.056	3.537	132	3.455	7.305
		Comercial	1.814	8.936	51.003	13.804	10.458	26.798	29.204	34.137	35.276	41.453
		Geração de eletricidade (serviço público)	614	262	315	294		786				
		Industrial		36.184	119.469	265.414	67.299	63.947	45.743	751.457	75.703	555.894
		Público	11.219	30.728	13.878	33.708	27.835	34.283	26.245	60.677	45.001	34.972
		Residencial	94.519	128.380	149.830	185.157	221.763	189.902	193.499	211.772	205.919	194.078
		Transportes	244.320	377.032	892.295	1.276.510	2.569.823	2.694.402	3.342.320	4.075.098	2.787.670	3.123.056

Tabela 19: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Espírito Santo (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
ES	Emissões fug.	Produção de combustíveis				44.023	62.326	219.272	1.046.114	1.073.004	581.550	271.754
	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	148.117	669.214	718.708	23.712	55.524	169.029	243.733	231.110	91.541	168.476
		Comercial	4.921	19.996	40.857	335.955	560.915	197.335	18.645	24.491	23.615	31.877
		Geração de eletricidade (serviço público)		525	630	435	477	8.739	5.281	1.610.511	1.008.953	479.385
		Industrial		1.287.362	964.119	1.354.633	1.270.326	877.693	2.900.741	3.470.483	1.454.404	1.777.777
		Produção de combustíveis				12.145	51.091	120.728	1.130.695	2.263.825	1.652.214	1.131.444
		Público	854	3.707	2.273	36.502	11.355	26.301	5.576	6.377	4.003	3.002
		Residencial	110.374	205.109	281.256	306.261	332.334	324.518	360.350	376.468	404.642	395.489
Transportes	648.995	1.007.964	1.653.842	1.783.489	2.419.172	2.327.125	3.460.259	3.987.464	3.901.234	4.531.329		

Tabela 20: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Goiás (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
GO	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	243.481	286.438	445.220	1.753.503	696.755	782.481	849.153	612.191	811.328	1.063.113
		Comercial	2.655	11.007	34.505	41.017	84.791	44.148	22.441	58.562	44.556	51.119
		Geração de eletricidade (serviço público)	14.124	5.780	4.413	551	153	7.720	49.500	905.411	205.553	11.056
		Industrial		192.930	246.357	975.376	1.515.460	1.566.561	1.103.039	1.558.924	2.551.274	2.103.007
		Público	11.358	7.494	3.937	9.898	64.404	23.092	5.562	6.101	4.307	5.048
		Residencial	202.455	379.169	602.499	661.476	727.025	639.359	628.972	639.088	672.387	638.198
		Transportes	1.758.264	1.923.017	2.555.417	3.490.176	4.427.773	5.014.701	6.647.204	8.223.230	7.757.311	9.296.654

Tabela 21: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Maranhão (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
MA	Emissões fug.,	Produção de combustíveis								69.132	51.721	30.012
		Emissões pela queima de combustíveis										
	Agropecuária	Comercial	36.522	92.396	20.520	46.412	132.724	125.661	282.762	575.794	534.185	617.458
		Geração de eletricidade (serviço público)	1.343	2.220	8.674	7.100	11.659	8.220	4.626	7.496	7.583	13.359
		Industrial	46.365	9.721	55.488	1.229	2.586	1.079	23.121	5.986.902	3.713.360	2.118.178
		Produção de combustíveis		165.935	299.523	245.342	323.734	539.651	866.719	1.175.324	1.343.201	1.355.480
		Público	7.847	2.277	5.637	195.821	190.631	8.727	1.352	5.230	1.689	1.060
		Residencial	64.334	122.409	205.026	268.202	306.321	268.999	342.409	436.940	484.845	468.236
Transportes	527.398	564.982	1.058.240	1.329.056	1.817.000	2.118.539	3.332.654	4.595.946	4.629.281	5.017.778		

Tabela 22: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Minas Gerais (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
MG	Emissões fug.,	Produção de combustíveis					536.290	524.061	612.689	867.968	800.652	943.055
		Emissões pela queima de combustíveis										
	Agropecuária	Comercial	724.357	1.137.701	1.315.296	1.169.066	952.067	2.179.807	1.351.891	1.646.765	2.046.129	2.104.614
		Geração de eletricidade (serviço público)	30.799	55.438	138.977	170.602	177.111	150.891	144.064	155.802	117.012	152.984
		Industrial	7.062	2.627	57.273	130.307	657.840	430.281	561.298	1.152.969	297.978	95.434
		Produção de combustíveis		2.093.251	4.265.335	4.751.624	4.037.946	12.761.958	10.973.685	9.010.671	7.673.572	7.177.873
		Público	60.321	32.281	24.875	216.610	291.103	329.605	56.406	36.008	28.784	30.840
		Residencial	798.845	1.055.404	1.322.441	1.573.152	1.753.321	1.604.719	1.761.334	1.798.643	1.705.962	1.557.140
Transportes	5.474.828	5.537.196	8.792.131	11.638.458	14.178.788	16.527.909	20.719.669	22.333.361	19.421.581	23.089.250		

Tabela 23: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Mato Grosso do Sul (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
MS	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	746.676	426.828	212.137	152.982	76.878	1.506.389	1.065.651	961.866	786.287	841.797
		Comercial	4.354	3.495	7.770	2.437	3.821	7.040	13.054	17.794	17.414	21.073
	Geração de eletricidade (serviço público)	Industrial	15.352	19.967	11.980	12.819	38.144	1.226.480	471.170	1.875.339	448.722	95.256
		Produção de combustíveis		13.384	32.954	198.569	88.865	44.959	277.339	1.118.806	950.680	970.762
		Público	8.603	6.846	4.318	15.676	19.280	11.816	14.655	2.847	4.978	9.365
		Residencial	93.300	154.354	250.551	236.293	246.413	204.901	219.422	250.743	264.640	257.152
		Transportes	1.060.463	1.271.841	2.132.771	2.422.518	2.674.795	2.520.625	3.099.725	3.911.846	4.050.720	4.911.212

Tabela 24: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Mato Grosso (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
MT	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	196.814	114.395	102.820	411.518	927.025	2.411.407	1.164.613	1.858.823	3.346.769	3.962.049
		Comercial	1.176	4.171	10.889	7.735	2.801	16.734	7.043	16.668	15.389	23.394
	Geração de eletricidade (serviço público)	Industrial	15.352	63.845	149.126	240.530	430.177	321.449	41.581	1.394.749	608.112	524.317
		Produção de combustíveis		17.811	23.124	262.616	215.805	76.851	38.870	290.994	249.191	75.217
		Público	15.640	4.998	2.431	9.813	50.150	6.691	544	424	217	740
		Residencial	54.577	130.470	287.140	242.044	251.976	243.998	269.156	302.148	329.388	334.909
		Transportes	759.015	1.294.458	2.593.917	3.538.133	3.878.523	4.202.095	5.100.261	6.722.251	7.095.229	8.592.113

Tabela 25: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Pará (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
PA	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	626.965	1.214.227	1.913.129	2.638.759	1.541.891	469.318	227.178	566.579	418.311	582.432
		Comercial	4.891	3.863	41.724	31.756	36.357	61.670	15.647	22.305	11.981	16.889
	Geração de eletricidade (serviço público)	Industrial	409.307	120.596	122.327	81.398	219.198	372.807	485.689	417.975	180.087	164.928
		Produção de combustíveis		166.419	346.320	542.456	1.886.333	2.585.424	3.220.553	3.625.632	2.548.644	2.649.428
		Público	23.337	7.791	6.816	19.209	5.645	20.942	4.221	6.494	5.466	3.381
		Residencial	123.485	197.048	330.579	368.687	419.991	386.738	461.368	557.549	581.053	571.993
		Transportes	1.253.148	1.189.303	1.903.118	2.025.900	3.133.065	3.680.754	4.613.248	6.722.865	7.115.477	8.010.022

Tabela 26: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Paraíba (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
PB	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	24.348	8.799	217	1.858	31.666	48.328	97.966	117.083	92.316	48.029
		Comercial	1.225	1.552	15.418	3.053	9.925	9.445	7.831	11.042	9.843	12.093
		Geração de eletricidade (serviço público)			315	250	511		6.375	2.188.171	225.879	3.552
		Industrial		59.817	180.155	358.750	152.598	53.717	247.114	1.325.821	1.290.118	765.118
		Público	967	5.020	2.336	4.279	7.039	6.820	17.631	1.836	1.531	791
		Residencial	76.225	123.304	205.811	266.707	301.830	257.677	319.015	379.988	402.493	385.583
		Transportes	299.380	322.920	553.110	745.949	996.916	1.235.606	1.790.620	2.331.429	1.985.454	2.200.361

Tabela 27: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Pernambuco (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
PE	Emissões pela queima de combustíveis	Emissões fug., Produção de combustíveis								360.311	651.936	463.298
		Agropecuária	87.247	111.668	63.169	108.390	159.766	101.211	78.041	131.919	184.556	206.647
		Comercial	6.067	7.932	39.947	22.600	33.844	23.122	35.106	44.969	38.378	44.600
		Geração de eletricidade (serviço público)	17.809	1.050	4.098	2.595	392	944.656	1.005.364	4.132.825	1.187.694	41.633
		Industrial		493.662	510.715	323.595	367.063	150.127	759.332	867.089	594.086	753.159
		Produção de combustíveis								360.824	520.053	333.197
		Público	8.669	7.673	8.211	16.285	38.514	20.780	15.097	4.096	4.958	24.357
		Residencial	243.922	360.061	524.390	659.433	712.942	629.257	752.917	804.723	845.572	817.605
Transportes	986.799	1.006.586	1.683.514	2.197.652	3.359.560	3.249.849	4.811.141	5.807.174	5.486.002	6.084.136		

Tabela 28: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Piauí (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
PI	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	18.261	48.398	34.201	46.090	13.389	22.521	107.382	257.016	147.529	180.030
		Comercial	624	1.023	3.807	3.524	52.984	4.067	3.570	5.266	4.030	9.236
		Geração de eletricidade (serviço público)		525	315	439				15.803	13.291	18.555
		Industrial		5.381	9.342	18.011	24.608	17.639	26.284	16.263	11.426	10.430
		Público	3.690	2.947	1.786	10.927	4.108	2.195	69	17	4.642	53
		Residencial	37.198	83.596	147.136	181.537	200.479	171.640	212.979	265.217	283.415	267.012
		Transportes	218.566	285.701	461.080	488.271	808.127	1.058.123	1.603.866	2.220.701	1.981.987	2.223.964

Tabela 29: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Paraná (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
PR	Emissões pela queima de combustíveis	Emissões fug., Produção de combustíveis	28.481	33.560	63.236	95.190	48.935	81.425	816.763	848.553	773.359	1.198.386	1.182.412	1.082.786
		Agropecuária			562.036	323.850	296.468	741.550	210.654	306.570	464.710	384.712	399.908	434.282
		Comercial			25.832	50.969	71.534	85.163	127.846	76.121	106.853	118.424	152.854	180.156
		Geração de eletricidade (serviço público)			307	9.086	14.885	2.910	107.531	121.688	662.619	1.054.572	520.495	150.099
		Industrial				1.010.745	1.056.318	1.815.345	1.621.202	778.869	948.312	2.816.522	2.423.298	2.544.395
		Produção de combustíveis						8.124	1.254.347	1.410.982	1.076.402	1.130.469	918.332	736.959
		Público			14.421	28.925	10.465	38.423	117.715	135.677	19.305	17.918	11.517	11.225
		Residencial			423.814	636.825	887.013	1.065.654	1.093.790	979.938	1.101.238	1.105.711	1.113.458	1.080.066
		Transportes			3.787.219	3.801.440	6.177.399	8.167.527	10.124.676	11.513.480	13.120.782	15.886.657	16.117.044	18.130.703

Tabela 30: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Rio de Janeiro (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
RJ	Emissões pela queima de combustíveis	Emissões fug., Produção de combustíveis						1.732.541	4.420.247	8.543.339	7.986.448	5.558.098	7.011.376	6.793.116
		Agropecuária			111.595	98.807	140.092	226.978	111.273	202.780	32.439	27.597	73.251	54.829
		Comercial	37.125	44.494	112.366	176.497	322.969	160.406	129.272	74.496	272.591	285.803	197.533	273.291
		Geração de eletricidade (serviço público)			26.406	19.594	303.652	351.714	2.537.357	1.987.019	5.470.565	13.360.993	6.137.364	3.330.768
		Industrial	9.597	12.837	32.678	1.779.504	1.365.242	1.339.389	858.427	274.669	3.232.733	3.286.470	2.758.670	2.826.747
		Produção de combustíveis						477.990	4.233.727	6.037.409	9.830.050	11.209.395	12.656.949	13.418.187
		Público	11.000	8.196	164.209	204.640	271.101	377.555	129.290	151.809	94.356	119.843	63.560	63.111
		Residencial	312.128	297.410	1.307.429	1.395.393	1.483.438	1.627.715	1.587.661	1.391.955	1.666.455	1.659.165	1.756.636	1.708.592
		Transportes			3.220.990	3.088.590	6.018.562	7.543.779	9.158.245	9.433.261	12.789.199	14.929.346	10.271.198	12.516.198

Tabela 31: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Rio Grande do Norte (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
RN	Emissões fugitivas	Produção de combustíveis				315.482	381.033	527.181	406.932	342.888	263.535	219.371
	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária	24.348	523	152	110.093	92.184	37.871	137.416	180.073	214.452	267.819
		Comercial	1.715	1.073	3.631	4.378	7.450	12.244	7.728	17.526	16.136	20.858
		Geração de eletricidade (serviço público)		262	945	452	4.999	11.800	693.678	1.682.999	371.278	455.657
		Industrial		14.333	34.299	74.226	9.827	20.484	115.994	195.450	243.445	228.946
		Produção de combustíveis				87.038	497.997	676.879	690.232	612.851	321.976	288.287
		Público	7.559	3.597	3.614	2.652	4.407	8.443	13.104	5.728	3.286	3.189
		Residencial	64.029	115.243	205.072	251.316	297.205	259.521	288.399	310.626	332.486	297.873
Transportes	288.479	328.710	553.021	765.460	1.238.030	1.350.610	1.967.262	2.483.560	2.019.636	2.224.222		

Tabela 32: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Rondônia (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
RO	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária			0		33.000	22.268	2.810	14.361	28.601	32.598
		Comercial	99	379	780	350	2.246	3.901	2.236	3.230	3.370	4.940
		Geração de eletricidade (serviço público)	106.241	311.531	422.157	350.893	1.014.884	881.335	940.890	314.939	285.969	359.317
		Industrial		28.657	22.924	578	1.248	15.050	43.768	19.554	23.627	19.615
		Público	13.690	4.048	4.168	5.266	1.520	4.548	1.101	1.462	712	649
		Residencial	16.464	45.380	83.753	100.452	117.744	96.490	126.185	143.508	151.531	142.905
		Transportes	196.512	355.661	936.344	996.775	1.152.158	1.401.717	1.997.515	2.303.547	2.481.144	2.632.297

Tabela 33: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Roraima (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
RR	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária						13.147	227	1.148	8.479	19.719
		Comercial				198	467	400	17	137	127	260
		Geração de eletricidade (serviço público)	37.768	60.954	108.770	278.026	249.797	66.340	355.890	202.605	1.148.739	596.974
		Industrial		78	1.771	315	6	293	1.531	557	2.228	1.320
		Público	10.164	4.638	3.970	8.099	5.367	370	112	64	191	162
		Residencial	4.268	7.762	13.408	19.024	24.948	17.555	29.672	36.173	45.223	48.080
		Transportes	18.508	30.188	113.996	108.867	208.236	177.018	297.728	373.964	496.255	614.743

Tabela 34: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Rio Grande do Sul (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022
RS	Emissões fugi...	Produção de combustíveis	39.334	46.347	87.331	160.970	130.911	105.276	715.101	592.187	790.112	1.207.988	1.030.486	1.247.006
	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária			1.383.786	1.129.923	1.010.958	336.763	376.191	273.417	112.796	168.195	178.905	131.845
		Comercial			42.696	94.535	187.185	139.523	143.729	111.589	80.870	100.997	100.848	131.525
		Geração de eletricidade (serviço público)			35.311	70.505	215.639	115.338	5.093.378	5.413.213	2.492.217	5.418.144	3.976.483	4.180.683
		Industrial				676.318	808.835	1.026.146	1.056.176	836.509	4.830.210	2.067.952	1.389.585	1.509.035
		Produção de combustíveis							897.251	917.389	1.025.738	1.056.828	756.043	807.503
		Público			36.503	41.750	15.663	199.501	74.392	90.950	93.775	93.151	102.859	98.535
		Residencial			561.935	729.975	912.313	1.141.874	1.250.187	1.044.878	1.101.550	1.075.958	1.032.286	969.428
		Transportes			3.703.651	3.500.342	6.402.460	7.760.540	9.557.807	9.349.260	11.844.322	14.076.294	12.889.409	14.519.188

Tabela 35: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Santa Catarina (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022	
SC	Emissões fugi...	Produção de combustíveis	1.209.011	1.424.595	2.684.302	4.032.398	1.274.728	1.066.829	1.148.563	1.295.333	1.018.350	1.261.106	1.112.663	1.219.306	
	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária													
		Comercial			10.442	28.984	128.967	55.357	50.611	65.346	43.618	71.900	74.473	96.206	
		Geração de eletricidade (serviço p..				5.766	9.364	21.776	4.626.546	3.704.520	4.573.941	5.355.381	4.148.897	3.346.599	
		Industrial				627.264	663.863	1.089.546	1.266.881	1.366.111	2.337.912	1.744.497	1.871.292	2.105.420	
		Produção de combustíveis							17						
		Público			8.642	11.081	3.899	183.077	213.140	54.747	14.826	29.416	12.741	19.686	
		Residencial			191.783	306.619	425.358	559.723	575.104	525.513	608.194	606.539	596.795	568.068	
		Transportes			1.644.494	1.692.665	2.930.410	4.082.907	5.560.696	6.637.762	8.405.642	10.005.788	9.979.553	11.595.504	

Tabela 36: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Sergipe (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022	
SE	Emissões fugitivas	Produção de combustíveis				161.229	177.191	255.423	241.058	114.676	31.001	6.572	
	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária		22.319	17.948	34.616	15.233	44.342	15.431	24.867	8.703	7.601	9.492
		Comercial		607	4.969	9.087	3.888	10.070	8.500	5.345	10.416	8.829	10.602
		Geração de eletricidade (serviço p..							4.641			66	324.432
		Industrial			65.107	98.839	147.276	156.530	25.576	694.602	760.128	1.335.311	931.509
		Produção de combustíveis					44.481	239.072	329.060	453.679	407.723	103.927	10.198
		Público		236	4.106	608	8.155	2.223	4.457	2.250	3.531	3.269	4.374
		Residencial		42.686	72.251	110.013	141.530	150.173	140.201	186.903	194.375	198.829	211.954
		Transportes		267.506	275.635	496.754	590.031	790.345	850.596	1.297.198	1.556.250	1.298.961	1.514.639

Tabela 37: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – São Paulo (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022	
SP	Emissões fugitivas	Produção de combustíveis						41.630	3.126.275	3.078.156	3.286.244	5.571.240	5.327.757	5.960.292	
	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária			1.708.429	2.302.900	2.269.554	4.361.245	7.308.707	5.250.493	10.227.887	9.264.455	8.246.227	7.510.335	
		Comercial		19.539	33.278	184.233	424.170	856.671	379.440	419.802	394.276	644.509	734.741	554.480	754.793
		Geração de eletricidade (serviço p..				9.518	8.933	113.261	113.131	1.706.231	386.440	1.092.230	2.777.653	916.721	664.668
		Industrial		22.730	49.754	154.794	8.176.402	9.562.169	11.515.231	11.129.332	6.103.290	18.061.036	16.201.220	12.443.695	14.140.500
		Produção de combustíveis							11.484	4.989.702	5.714.008	4.870.779	5.979.200	4.927.495	5.145.038
		Público				43.460	111.143	51.193	557.215	742.083	564.926	805.807	463.441	514.411	509.068
		Residencial		65.132	85.969	2.492.660	3.123.573	3.480.694	3.914.361	4.031.435	3.670.967	4.210.900	4.104.360	4.429.894	4.252.314
		Transportes				10.269.699	10.646.996	22.342.217	28.187.567	35.714.278	35.656.994	40.288.112	44.875.656	38.597.512	48.787.083

Tabela 38: Emissões de CO₂e (GWP) alocadas nas UFs – Tocantins (tCO₂e/ano)

Estado	Recorte	Categoria emissora	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022	
TO	Emissões pela queima de combustíveis	Agropecuária		92.662	8.444	23.797	22.613	146.944	266.188	203.601	
		Comercial		1.005	4.072	3.359	2.098	1.042	2.690	2.987	3.584
		Geração de eletricidade (serviço público)		315	5.289	5.033		20			
		Industrial		2.201	5.581	18.199	18.144	8.911	5.817	6.983	7.333
		Público		2	520	2.190	955	634	756	209	165
		Residencial		145.596	108.766	130.505	109.059	114.241	129.184	131.692	134.472
Transportes		534.879	654.857	951.362	1.226.462	1.854.556	2.493.892	2.855.618	3.254.544		

Referências bibliográficas

ABCM - Associação Brasileira de Carvão Mineral. Carvão Mineral – Dados Estatísticos – Ano 2022. Disponível em: <https://abcm.satc.edu.br/index.php/atuacao/>.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil (2014). Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil – Relatório Final. Brasília, 2014.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário Estatístico 2022. Rio de Janeiro, 2023.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2023). Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil – 6ª Edição. Brasília, 2023.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2020). Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência – Setor Energia – Subsetor Queima de Combustíveis – Abordagem Setorial. Brasília, 2020.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2020). Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência – Setor Energia – Subsetor Emissões Fugitivas – Categoria Petróleo e Gás Natural.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2020). Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência – Setor Energia – Subsetor Emissões Fugitivas – Mineração e Manejo do Carvão Mineral.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2014). Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 - Ano Base 2012. Brasília, 2014.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (1988). COBEN, Nota Técnica 02. Critério de Apropriação dos Dados de Vendas do CNP nos Setores do Balanço Energético Nacional.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2005). Balanço de Energia Útil. Brasília, 2005.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2023). Balanço Energético Nacional. Brasília, 2022.

PATUSCO, J.A.M. Energia e desenvolvimento. Brasília, 2014.

Anexo A: Fatores de emissão de CO₂ dos combustíveis

Produtos	Fator de Emissão (kgCO ₂ /TJ)
Alcatrão	80.700
Carvão Vapor 3100	101.000
Carvão Vapor 3300	101.000
Carvão Vapor 3700	101.000
Carvão Vapor 4200	96.100
Carvão Vapor 4500	96.100
Carvão Vapor 4700	96.100
Carvão Vapor 5200	96.100
Carvão Vapor 5900	94.600
Carvão Vapor 6000	94.600
Carvão Vapor Sem Especificação	101.000
Coque de Carvão Mineral	107.000
Coque de Petróleo	97.5000
Diesel de Petróleo	74.100
Gás Canalizado	**
Gás de Coqueria	44.400
Gás de Refinaria	57.600
Gás Natural Seco	56.100
Gás Natural Úmido	56.100
Gasolina Automotiva	69.300
Gasolina de Aviação	70.000
GLP	63.100
Nafta	73.300
Óleo Combustível	77.400
Outras Não Renováveis	143.000
Outros Energéticos de Petróleo	73.300
Querosene de Aviação	71.500
Querosene Iluminante	71.900

**Fatores de emissão para gás canalizado nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, por ano (kgCO₂/TJ)

1970	1971	1972	1973	1974	1975 a 1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
86.167	83.967	79.567	77.000	73.700	73.333	68.567	64.900	65.633	65.267	64.900	66.000

1989 e 1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999 a 2001	2002 a 2022
64.533	64.900	63.067	64.167	62.333	61.967	62.333	62.700	56.100	56.100	55.733

Anexo B: Densidade energética dos combustíveis, por ano (tep/unidade comercial)

Produtos	Unidade	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014-2022
Petróleo	m³	0,889	0,890	0,890	0,891	0,889	0,887	0,889	0,892	0,890	0,889	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890
Gás Natural Úmido	10³ m³	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993	0,991	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993
Gás Natural Seco	10³ m³	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880
Carvão Vapor 3100	t	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295
Carvão Vapor 3300	t	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310
Carvão Vapor 3700	t	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Carvão Vapor 4200	t	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Carvão Vapor 4500	t	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
Carvão Vapor 4700	t	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445
Carvão Vapor 5200	t	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490
Carvão Vapor 5900	t	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560	0,560
Carvão Vapor 6000	t	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570	0,570
Carvão Vapor Sem Especificação	t	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285	0,285
Carvão Metalúrgico Nacional	t	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642	0,642
Carvão metalúrgico Importado	t	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740	0,740
Óleo Diesel	m³	0,851	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848	0,848
Óleo Combustível	m³	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,957	0,957	0,957	0,957	0,957
Gasolina Automotiva	m³	0,773	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770
Gasolina de Aviação	m³	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763	0,763
GLP	m³	0,612	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611	0,611
Nafta	m³	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765
Querosene Iluminante	m³	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822
Querosene de Aviação	m³	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822	0,822
Gás de Coqueria	10³ m³	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430
Gás Canalizado RJ	10³ m³	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380
Gás Canalizado SP	10³ m³	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
Coque de Carvão Mineral	t	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690	0,690
Gás de Refinaria	m³	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,655	0,652	0,655	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652
Coque de Petróleo	m³	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,873	0,870	0,873	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870
Outros Energéticos de Petróleo	m³	0,889	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,880	0,880	0,880	0,880	0,880
Alcatrão	m³	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855	0,855
Asfalto	m³	1,009	1,018	1,018	1,018	1,018	1,018	1,018	1,014	1,018	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014	1,014
Lubrificantes	m³	0,892	0,891	0,891	0,891	0,891	0,891	0,891	0,870	0,891	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870	0,870
Solventes	m³	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,781	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770
Outros Não Energéticos de Petróleo	m³	0,889	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,890	0,870	0,890	0,810	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800

Anexo C: Alocação de emissões por municípios

Como primeiro esforço em direção à alocação municipal das emissões brasileiras, a sexta e a sétima coleção do SEEG, lançadas respectivamente em 2018 e 2019, propuseram-se a distribuir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no estado de São Paulo em cada um de seus 645 municípios.

Uma vez que o Brasil possui 5.570 municípios, o trabalho de municipalizar emissões representa um grande desafio tanto em relação à obtenção dos insumos informacionais necessários quanto à quantidade de dados manipulados, o que justificou a decisão por determinar apenas um estado como foco inicial nessas coleções.

A partir da oitava coleção do SEEG, tendo de antemão as emissões alocadas por Unidades da Federação²¹ e considerando os métodos desenvolvidos, bem como os dados acessados na realização desse piloto centrado nas cidades paulistas, foi possível estimar as emissões de GEE para todos os municípios do Brasil em todos os setores emissores (Energia, Mudança de Uso da Terra e Florestas, Agropecuária, Processos Industriais e Resíduos). No entanto, é importante salientar que, por não se tratar de um trabalho dedicado e específico para cada localidade, mas sim de um trabalho geral baseado em dados nacionais disponíveis, a metodologia desenvolvida assume simplificações, além de não ser capaz de alocar 100% das emissões de todas as UFs. Dessa maneira, apesar de indicar as principais tendências, a alocação de emissões municipais do setor de Energia do SEEG pode se distanciar de resultados obtidos em inventários locais oficiais.

Para concretização da iniciativa SEEG Municípios, primeiramente, foi necessário levantar dados de atividade oficiais, correlacionados com as emissões de cada cidade brasileira, que estão listados a seguir.

DADOS DE ATIVIDADE LEVANTADOS:

1. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC); Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA)

1.1 Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil 2014

Consumo de querosene de aviação por município

Disponível em: <http://energiaambiente.org.br/produto/inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-da-aviacao-civil>

Período coberto: 2005 a 2013; 2014 a 2022 (elaboração própria)

²¹ Detalhes sobre a metodologia de alocações estaduais podem ser consultados em 2.2. Alocação de emissões por Unidades da Federação.

2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)

2.1 Vendas anuais (**totais**) de etanol hidratado e derivados de petróleo por município

Vendas de etanol hidratado

Vendas de gasolina C

Vendas de gasolina de aviação

Vendas de GLP

Vendas de óleo combustível

Vendas de óleo diesel

Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis>

Período coberto: 2000 a 2007

2.2 Vendas anuais (**por categoria de atividade**) de etanol hidratado e derivados de petróleo por município

Vendas de coque de petróleo

Vendas de etanol hidratado

Vendas de gasolina C

Vendas de gasolina de aviação

Vendas de GLP

Vendas de óleo combustível

Vendas de óleo diesel

Dados obtidos por solicitação enviada via ferramenta “Fale conosco” da ANP:
<https://www.gov.br/anp/pt-br/fale-conosco>

Período coberto: 2007 a 2022

2.3 Processamento de petróleo e produção de derivados

Volume de petróleo refinado nas refinarias nacionais

Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/processamento-de-petroleo-e-producao-de-derivados>

Período coberto: 2000 a 2022

3. Ministério de Minas e Energia (MME)

3.1 Informações anuais de geração de eletricidade e consumo de combustíveis por usina termoeétrica de serviço público do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Consumo municipal de gás natural e carvão vapor para geração de eletricidade

Dados obtidos por solicitação enviada ao Departamento de Informações e Estudos Energéticos do MME

Período coberto: 2010 a 2022

4. Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo (SEM – SP)

4.1 Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo

Consumo de gás natural no setor automotivo

Consumo de gás natural no setor residencial

Consumo de gás natural nos demais setores

Disponível em:

<http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/Portalcev2/intranet/BiblioVirtual/index.html>

Período coberto: 2007 a 2022

A partir dos dados levantados, foi possível **(i)** determinar os combustíveis cujas emissões seriam passíveis de alocação, **(ii)** estabelecer o nível factível de categorização relativa ao uso de cada produto energético, e, por fim, **(iii)** calcular fatores anuais de alocação relacionados com a emissão de cada município, a depender do combustível e de seu nível de categorização.

Os fatores de alocação sempre consideram o volume de determinado dado de atividade (*vendas, consumo ou refino*) em cada município de cada Unidade da Federação em relação ao total correspondente a todo estado em questão. Ou seja, um fator de alocação trata-se da porcentagem de ocorrência de certa atividade municipal em relação ao valor referente ao estado inteiro. Um exemplo de fator de alocação seria: porcentagem de vendas de óleo diesel utilizada para transporte rodoviário no município de Osasco, no ano de 2019, em relação ao montante de vendas no estado de São Paulo registrado para o mesmo ano e atividade (transporte rodoviário).

Portanto, as emissões estaduais foram municipalizadas conforme as seguintes fórmulas matemáticas:

$$(I) \quad F_{c,n,i}^{MUN} = \frac{A_{c,n,i}^{MUN}}{A_{c,n,i}^{UF}}$$

$$(II) \quad E_{c,n,g,i}^{MUN} = E_{c,n,g,i}^{UF} * F_{c,n,i}^{MUN}$$

Sendo:

$F_{c,n,i}^{MUN}$ Fator de alocação para o combustível c , no nível de categorização n , no ano i , no município MUN ;

$A_{c,n,i}^{MUN}$ Volume de atividade (*vendas, consumo ou refino*) para o combustível c , no nível de categorização n , no ano i , no município MUN ;

$A_{c,n,i}^{UF}$ Volume de atividade (*vendas, consumo ou refino*) para o combustível c , no nível de categorização n , no ano i , na Unidade da Federação UF onde se encontra o município MUN ;

$E_{c,n,g,i}^{MUN}$ Emissão do gás g , referente ao combustível c no nível de categorização n , no ano i , no município MUN ;

$E_{c,n,g,i}^{UF}$ Emissão do gás g , referente ao combustível c no nível de categorização n , no ano i , na Unidade da Federação UF onde se encontra o município MUN .

A tabela presente na próxima página mostra as combinações entre **(i) combustíveis**, **(ii) níveis de categorização** e **(iii) fatores de alocação**, bem como evidencia, em cada caso, o período em que foi possível alocar as emissões e a fonte de informações utilizada. Já na página 47, avalia-se a qualidade dos dados utilizados para alocação das estimativas de emissões nos municípios.

Por fim, destaca-se que, no último ano analisado, o método aqui exposto possibilitou a alocação de 77% das emissões nacionais do setor de Energia.

Frisa-se mais uma vez que a metodologia baseada em fatores de alocação ainda é um tanto simplificada, e os resultados obtidos dessa maneira podem apresentar diferenças relevantes em relação a inventários locais específicos. Por outro lado, como a grande maioria dos municípios não possuem inventários sistematizados, a iniciativa de alocação municipal das emissões pode trazer diretrizes para que as cidades entendam suas principais fontes de emissão e implementem políticas de redução. Além disso, esse esforço evidencia lacunas em relação ao nível de detalhamento e qualidade dos dados acessíveis necessários aos cálculos de emissão, o que também pode orientar o planejamento de ações que visem elevar a disponibilidade e abrangência de tais informações.

ALOCAÇÃO DAS EMISSÕES MUNICIPAIS

Combustível	Categoria	Subcategoria	Finalidade / Veículo	Nível de Categorização	Fator de Alocação	Período Alocado				
						1970-99	2000-04	2005-06	2007-09	2010-22
Álcool hidratado	Transportes	Rodoviário	NÃO IDENTIFICADO	Atividade de transporte sem categorização veicular	Proporção das vendas de etanol hidratado		ANP (Vendas Totais)		ANP (Vendas por Atividade)	
Carvão Vapor	Geração de Eletricidade	NÃO SE APLICA	Centrais Elétricas de Serviço Público	Geração de eletricidade em termoeletricas de serviço público	Proporção do consumo de carvão vapor em termoeletricas					MME (Consumo)
Coque de Petróleo	Industrial	DIVERSAS	Consumo Final Energético	Consumo de energia em atividades industriais (cerâmica, cimento, mineração e pelotização, química e outras indústrias)	Proporção das vendas de coque de petróleo por categoria de atividade				ANP (Vendas por Atividade)	
Diesel de Petróleo	NÃO IDENTIFICADO	NÃO IDENTIFICADO	NÃO IDENTIFICADO	Nenhuma categorização em níveis de atividade	Proporção das vendas de óleo diesel		ANP (Vendas Totais)			
	DIVERSAS	DIVERSAS	DIVERSAS	Atividades categorizadas e subcategorizadas por finalidade do uso de energia	Proporção das vendas de óleo diesel por categoria de atividade				ANP (Vendas por Atividade)	
Gás de Refinaria	Produção de Combustíveis	Refino de petróleo	Centrais Elétricas Autoprodutoras Consumo Final Energético	Atividade de refino de petróleo para produção de combustíveis, categorizada por finalidade do uso de energia	Proporção do volume de petróleo refinado		ANP (Refino de Petróleo)			
	Industrial	Química	Centrais Elétricas Autoprodutoras Consumo Final Energético	Atividade industrial química, categorizada por finalidade do uso de energia	Proporção do volume de petróleo refinado		ANP (Refino de Petróleo)			
Gás Natural	Geração de Eletricidade	NÃO SE APLICA	Centrais Elétricas de Serviço Público	Geração de eletricidade em termoeletricas de serviço público	Proporção do consumo de gás natural seco em termoeletricas					MME (Consumo)
	Transportes	Rodoviário	Automóveis	Atividade de transporte na UF SP com categorização veicular	Proporção do consumo de gás natural seco no setor automotivo				SEM - SP (Consumo)	
	Residencial	NÃO SE APLICA	Consumo Final Energético	Consumo de energia em atividade residencial na UF SP	Proporção do consumo de gás natural seco no setor residencial				SEM - SP (Consumo)	
	NÃO IDENTIFICADO	NÃO IDENTIFICADO	NÃO IDENTIFICADO	Consumo de energia na UF SP sem nenhuma categorização em níveis de atividade	Proporção do consumo de gás natural seco e úmido (exceto nos setores automotivo, residencial e elétrico - serviço público)				SEM - SP (Consumo)	
Gasolina Automotiva	Transportes	Rodoviário	NÃO IDENTIFICADO	Atividade de transporte sem categorização veicular	Proporção das vendas de gasolina C		ANP (Vendas Totais)		ANP (Vendas por Atividade)	
Gasolina C	Transportes	Rodoviário	NÃO IDENTIFICADO	Atividade de transporte sem categorização veicular	Proporção das vendas de gasolina C		ANP (Vendas Totais)		ANP (Vendas por Atividade)	
Gasolina de Aviação	Transportes	Aéreo	Aeronaves	Atividade de transporte com categorização veicular	Proporção das vendas de gasolina de aviação		ANP (Vendas Totais)		ANP (Vendas por Atividade)	
GLP	NÃO IDENTIFICADO	NÃO IDENTIFICADO	Consumo Final Energético	Consumo de energia em atividades não categorizadas	Proporção das vendas de GLP		ANP (Vendas Totais)			
	DIVERSAS	DIVERSAS	Consumo Final Energético	Consumo de energia em atividades categorizadas	Proporção das vendas de GLP por categoria de atividade				ANP (Vendas por Atividade)	
Óleo Combustível	Produção de Combustíveis	Refino de petróleo	Centrais Elétricas Autoprodutoras Consumo Final Energético	Atividade de refino de petróleo para produção de combustíveis, categorizada por finalidade do uso de energia	Proporção do volume de petróleo refinado		ANP (Refino de Petróleo)			
	NÃO IDENTIFICADO	NÃO IDENTIFICADO	NÃO IDENTIFICADO	Nenhuma categorização em níveis de atividade	Proporção das vendas de óleo combustível, descontando as emissões alocadas em atividades específicas		ANP (Vendas Totais)			
	DIVERSAS	DIVERSAS	DIVERSAS	Atividades categorizadas e subcategorizadas por finalidade do uso de energia	Proporção das vendas de óleo combustível por categoria de atividade				ANP (Vendas por Atividade)	
Óleo Diesel	NÃO IDENTIFICADO	NÃO IDENTIFICADO	NÃO IDENTIFICADO	Nenhuma categorização em níveis de atividade	Proporção das vendas de óleo diesel		ANP (Vendas Totais)			
	DIVERSAS	DIVERSAS	DIVERSAS	Atividades categorizadas e subcategorizadas por finalidade do uso de energia	Proporção das vendas de óleo diesel por categoria de atividade				ANP (Vendas por Atividade)	
Querosene de Aviação	Transportes	Aéreo	Aeronaves	Atividade de transporte com categorização veicular	Proporção do consumo de querosene de aviação nos voos que partiram e/ou chegaram em cada município			ANAC / IEMA (Consumo por aeroporto)		
Petróleo	Produção de Combustíveis	Refino de Petróleo	NÃO SE APLICA	Emissões fugitivas no refino de petróleo	Proporção do volume de petróleo refinado		ANP (Refino de Petróleo)			

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ALOCAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE EMISSÕES NOS MUNICÍPIOS DO BRASIL (ANO-BASE 2022)

Setor/ Sub-Sector / Categorias	Ocorrência de alocação	Critério de Alocação	Nível de Atividade		Necessidade de Aprimoramento	Qualidade Geral da Alocação	% do total das Emissões	Emissões (ton GWP)	Proporção com Boa Qualidade (1)	Proporção com Boa Qualidade (1 e 2)
			Existência do Dado	Disponibilidade do Dado						
ENERGIA							17%	412.466.747	0,0%	84,6%
Emissões pela queima de combustíveis										
Alcatrão	3	n/a	3	3	2	n/a	0,01%	309.806	0,00%	0,00%
Alcool hidratado	2	2	2	2	2	2	0,04%	1.041.561	0,00%	0,25%
Bagaco de Cana	3	n/a	3	3	2	n/a	0,13%	2.748.324	0,00%	0,00%
Biogás	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	613	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 3100	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	3.833	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 3300	2	2	2	2	2	2	0,09%	2.072.726	0,00%	0,50%
Carvão Vapor 3700	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	16.393	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 4200	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	101.872	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 4500	2	2	2	2	2	2	0,21%	5.026.343	0,00%	1,22%
Carvão Vapor 4700	3	n/a	3	3	2	n/a	0,03%	649.821	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 5200	3	n/a	3	3	2	n/a	0,06%	1.328.043	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 5900	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Carvão Vapor 6000	2	2	2	2	2	2	0,33%	7.771.772	0,00%	1,88%
Carvão Vapor Sem Especificação	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	30.664	0,00%	0,00%
Carvão Vegetal	3	n/a	3	3	2	n/a	0,01%	199.995	0,00%	0,00%
Coque de Carvão Mineral	3	n/a	3	3	2	n/a	0,02%	364.974	0,00%	0,00%
Coque de petróleo	2	2	2	2	2	2	0,63%	14.835.408	0,00%	3,60%
Diesel de Petróleo	2	2	2	2	2	2	5,90%	139.222.756	0,00%	33,75%
Gás Canalizado RJ	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Gás Canalizado SP	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Gás de Coqueria	3	n/a	3	3	2	n/a	0,13%	3.097.329	0,00%	0,00%
Gás de Refinaria	2	3	2	2	2	3	0,40%	9.483.729	0,00%	0,00%
Gás Natural	2	2	2	2	2	2	2,99%	70.695.362	0,00%	17,14%
Gasolina Automotiva	3	2	2	2	2	2	2,64%	62.243.610	0,00%	15,09%
Gasolina C	3	2	2	2	2	2	0,11%	2.627.539	0,00%	0,64%
Gasolina de aviação	3	2	2	2	2	2	0,00%	97.232	0,00%	0,02%
GLP	3	2	2	2	2	2	0,92%	21.610.656	0,00%	5,24%
Lenha	3	n/a	3	3	2	n/a	0,42%	9.979.265	0,00%	0,00%
Lenha Carvoejamento	3	n/a	3	3	2	n/a	0,03%	597.460	0,00%	0,00%
Lixívia	3	n/a	3	3	2	n/a	0,01%	177.823	0,00%	0,00%
Nafta	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Óleo combustível	2	2	2	2	2	2	0,41%	9.741.515	0,00%	2,36%
Óleo diesel	2	2	2	2	2	2	0,08%	2.004.806	0,00%	0,49%
Outras biomassas	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	91.426	0,00%	0,00%
Outras Não Renováveis	3	n/a	3	3	2	n/a	0,08%	1.880.918	0,00%	0,00%
Outros Energéticos de Petróleo	3	n/a	3	3	2	n/a	0,29%	6.875.081	0,00%	0,00%
Querosene de aviação	3	2	2	2	2	2	0,42%	10.004.396	0,00%	2,43%
Querosene Iluminante	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	8.279	0,00%	0,00%
Emissões fugitivas										
Extração de carvão mineral: CH ₄	3	n/a	3	3	2	n/a	0,05%	1.191.530	0,00%	0,00%
Extração de carvão mineral: CO ₂	3	n/a	3	3	2	n/a	0,05%	1.167.548	0,00%	0,00%
Industrial de petróleo e gás natural	2	3	2	2	3	3	0,98%	23.166.339	0,00%	0,00%

Legenda para Análise de Qualidade da ALOCAÇÃO DE EMISSÕES POR MUNICÍPIO

Aspecto	Valores
OCORRÊNCIA DE ALOCAÇÃO	1 Alocação possível de toda emissão estadual nos municípios (não fica resíduo/montante não alocado).
	2 Alocação parcialmente possível. Parte das emissões estaduais não foi alocada.
	3 Alocação para os municípios não foi possível.
CRITÉRIO DE ALOCAÇÃO	1 Critério de alocação está diretamente relacionado com os fatores de emissão.
	2 Critério de alocação usa fatores indiretos com alta correlação com os fatores diretos.
	3 Critério de alocação usa fatores indiretos com baixa correlação com fatores diretos.
EXISTÊNCIA DE DADO DE ATIVIDADE	1 Dados existentes para cálculo de acordo com Tier do 2o inventário (inclui dados existentes em associações de classe, mesmo que não sejam públicos). Dados que só existem nas empresas ou agentes econômicos específicos não serão considerados.
	2 Dados incompletos.
	3 Dados não existentes.
DISPONIBILIDADE DE DADOS DE ATIVIDADE	1 Dados disponíveis de forma pública e gratuita.
	2 Dados disponíveis com alguma restrição (pago; em local físico específico, ou disponível apenas mediante solicitação específica).
	3 Dados não disponíveis.
NECESSIDADE APRIMORAMENTO	1 Sem necessidade de aprimoramento.
	2 Necessidade de aprimoramento de método OU obtenção dos dados para cálculo.
	3 Necessidade de aprimoramento de método E obtenção de dados para cálculo.
QUALIDADE GERAL DA ALOCAÇÃO	1 Dado confiável; capaz de reproduzir 2o inventário.
	2 Dado confiável para estimativa; inventário pode gerar diferenças significativas.
	3 Dado pouco confiável ou de difícil avaliação.

EMISSÕES ALOCADAS EM MUNICÍPIOS POR COMBUSTÍVEL			
COMBUSTÍVEIS	EMISSÕES TOTAIS EM 2022 (tCO ₂ e GWP-AR5)	PARCELA DO TOTAL NACIONAL	PARCELA ALOCADA EM MUNICÍPIOS
Emissões pela queima de combustíveis	391.924.137,02	95%	78%
Alcatrão	317.621,38	0%	0%
Álcool anidro	829.945,28	0%	100%
Álcool hidratado	775.807,83	0%	100%
Bagaço de cana	2.660.746,14	1%	0%
Biodiesel	231.135,13	0%	100%
Biogás	999,07	0%	0%
Carvão mineral	7.541.319,80	2%	100%
Carvão vapor 3100	155,94	0%	0%
Carvão vapor 3300	40.165,79	0%	0%
Carvão vapor 3700	19.104,72	0%	0%
Carvão vapor 4200	119.342,80	0%	0%
Carvão vapor 4500	485.476,02	0%	0%
Carvão vapor 4700	743.245,27	0%	0%
Carvão vapor 5200	743.569,52	0%	0%
Carvão vapor 5900	-	n/a	n/a
Carvão vapor 6000	1.229.669,50	0%	0%
Carvão vapor sem especificação	-	n/a	n/a
Carvão vegetal	199.976,70	0%	0%
Coque de carvão mineral	224.471,01	0%	0%
Coque de petróleo	13.245.082,11	3%	97%
Diesel de petróleo	155.821.133,93	38%	98%
Gás canalizado RJ	-	n/a	n/a
Gás canalizado SP	-	n/a	n/a
Gás de coqueria	3.182.962,60	1%	0%
Gás de refinaria	9.056.266,32	2%	100%
Gás natural	60.586.973,79	15%	22%
Gasolina automotiva	72.330.772,77	18%	100%
Gasolina de aviação	102.275,03	0%	100%
GLP	21.812.821,75	5%	100%
Lenha	10.551.809,13	3%	0%
Lenha carvoejamento	668.450,40	0%	0%
Lixívia	220.455,68	0%	0%
Nafta	-	n/a	n/a
Óleo combustível	8.566.149,49	2%	71%
Outras biomassas	111.363,55	0%	0%
Outras não renováveis	4.846.967,88	1%	0%
Outros energéticos de petróleo	5.195.352,10	1%	0%
Querosene de aviação	9.447.103,82	2%	100%
Querosene iluminante	15.444,78	0%	0%
Emissões fugitivas	20.561.935,57	5%	60%
Carvão mineral	1.401.539,53	0%	0%
Gás natural sem especificação	417.937,69	0%	0%
Petróleo	18.742.458,35	5%	65%
Total Nacional	412.486.072,59	100%	77%

EMISSIONS ALOCADAS EM MUNICÍPIOS POR UNIDADE DA FEDERAÇÃO

UF	EMISSIONS TOTAIS EM 2022 (tCO2e GWP-AR5)	PARCELA DO TOTAL NACIONAL	PARCELA ALOCADA EM MUNICÍPIOS
AC	750.971,91	0%	100%
AL	3.050.712,77	1%	84%
AM	8.483.789,80	2%	92%
AP	633.962,86	0%	100%
BA	21.126.842,37	5%	87%
CE	7.228.764,73	2%	94%
DF	3.956.785,01	1%	100%
ES	8.790.584,09	2%	67%
GO	13.168.232,86	3%	100%
MA	9.653.725,45	2%	99%
MG	35.829.486,90	9%	94%
MS	7.106.658,80	2%	98%
MT	13.512.780,19	3%	100%
PA	11.999.111,64	3%	100%
PB	3.415.570,70	1%	91%
PE	8.768.690,55	2%	89%
PI	2.709.305,81	1%	100%
PR	24.350.742,50	6%	98%
RJ	40.984.898,52	10%	43%
RN	4.006.272,99	1%	89%
RO	3.192.347,23	1%	100%
RR	1.281.277,31	0%	100%
RS	23.594.808,18	6%	93%
SC	19.120.663,95	5%	86%
SE	3.023.819,99	1%	78%
SP	87.724.171,71	21%	86%
TO	3.603.725,96	1%	100%
NA	41.417.367,82	10%	0%
Total Geral	412.486.072,59	100%	77%