

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
Ministério dos Transportes

INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES RODOVIÁRIOS

ANO-BASE 2024



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente da República

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

Vice-Presidente da República

GERALDO JOSÉ RODRIGUES ALCKMIN FILHO

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

Ministra

MARINA SILVA

Secretaria-Executiva

Secretário-Executivo

JOÃO PAULO RIBEIRO CAPOBIANCO

Secretaria Nacional de Meio Ambiente Urbano, Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental

Secretário

ADALBERTO FELÍCIO MALUF FILHO

Departamento de Qualidade Ambiental

Diretora

THAIANNE RESENDE HENRIQUES FÁBIO

Coordenação-Geral de Qualidade Ambiental

Coordenadora-Geral

CAYSSA PERES MARCONDES DE ARAÚJO

Ministério dos Transportes

Ministro

RENAN FILHO

Secretaria-Executiva

Secretário-Executivo

GEORGE ANDRÉ PALERMO SANTORO

Subsecretaria de Sustentabilidade

Subsecretário

CLOVES EDUARDO BENEVIDES

Coordenação-Geral de Projetos Especiais e Mudança do Clima

Coordenador-Geral

GEORGE YUN

Assessoria de Participação Social e Diversidade

Chefe da Assessoria, Substituta

FANI MAMEDE

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
Ministério dos Transportes

INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES RODOVIÁRIOS

ANO-BASE 2024

Brasília, DF
MMA
2025

© 2025 Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e Ministério dos Transportes.

Permitida a reprodução sem fins lucrativos, parcial ou total, por qualquer meio, se citados a fonte do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/qualidade-ambiental-meio-ambiente-urbano/inventario-emissoes-atmosfericas-veiculos-automotores-rodoviarios.pdf> e Ministério dos Transportes em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/sustentabilidade/mudanca-do-clima/O_ineavar_2025.pdf.

Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas Por Veículos Automotores Rodoviários

Ano-Base 2024

Dezembro de 2025

Coordenação:

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e Ministério dos Transportes

Concepção e organização:

Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA)

Equipe Técnica:

André Luis Ferreira (IEMA)

Daniel Melo (MMA)

David Tsai (IEMA)

Felipe Barcellos e Silva (IEMA)

Helen Sousa (IEMA)

Ingrid Grace (IEMA)

Jeancarlo Alberto dos Reis (MT)

João Pedro da Veiga Pacheco Neto (MT)

Juliana Tiemi Tamanaha (MT)

Luiz Mandalho (MMA)

Mirian de Oliveira (MMA)

Ricardo Luiz Medeiros Meirelles (MT)

Thiago Olante Casagrande (MT)

Comunicação:

Isis Rosa Nóbile Diniz (IEMA)

Nicole Dejarmes Silva (IEMA)

Projeto gráfico e diagramação:

Mario Kanno

Apoio:

Climate and Clean Air Coalition (CCAC)

Organizações especializadas que integraram os grupos de trabalho voltados à elaboração do conteúdo desta obra:

ABRACICLO (Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares). ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores). ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres). BRASIL (Ministério da Cidadania). Ministério das Cidades. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Ministério dos Transportes. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará. Secretaria de Estado de Sustentabilidade do Mato Grosso. CCAC (Climate and Clean Air Coalition). CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). CNT (Confederação Nacional do Transporte). EPE (Empresa de Pesquisa Energética). ICCT (International Council on Clean Transportation). INEA (Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro). Infra S.A. PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A.). PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação). PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

B823 Brasil. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima.
Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores
rodoviários [recurso eletrônico] : ano 2024. – Brasília, DF : MMA, 2025.
115 p. : il.

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-85-7738-553-9

1. Emissão de poluentes. 2. Gases de efeito estufa. 3. Gestão ambiental. I. Título.
CDU 504.7

IBAMA
Biblioteca Nacional do Meio Ambiente
Júlia G. de Menezes – CRB1/3001

Apresentação

O Brasil avança em sua trajetória de levantamento de informações sobre as emissões veiculares com a publicação do **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários: Ano-base 2024**. Este documento consolida uma série histórica robusta de **45 anos de dados (1980-2024)**, apresentando a evolução das emissões neste período e representando etapa fundamental no amadurecimento das políticas públicas voltadas à qualidade do ar e ao enfrentamento das mudanças climáticas.

Esta edição ganha especial relevância no contexto da recém-aprovada **Política Nacional de Qualidade do Ar (Lei nº 14.850/2024)**, marco legal que estabelece diretrizes, objetivos e instrumentos para a gestão da qualidade do ar em todo o território nacional. O inventário de emissões atmosféricas é um dos instrumentos estabelecidos por esta lei, constituindo ferramenta essencial para o cumprimento de suas diretrizes de monitoramento, transparência e gestão baseada em evidências científicas.

Também é peça-chave para o **Programa MelhorAR** (Portaria do Ministério dos Transportes nº 192/2025), que busca reduzir as emissões de poluentes atmosféricos provenientes do transporte rodoviário de cargas e passageiros. Ao fornecer dados precisos e estruturados, o inventário não apenas apoia a implementação do programa, mas também fortalece a tomada de decisão baseada em evidências.

A presente edição traz **inovações metodológicas significativas**. Além do monitoramento dos poluentes tradicionalmente regulamentados – monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e material particulado – e dos gases de efeito estufa – dióxido de carbono e óxido nitroso –, incorpora emissões dos **Poluentes Climáticos de Vida Curta (PCVC)**, com especial atenção ao **metano (CH₄)** e **carbono negro (BC)**. Esta inclusão reconhece a sinergia entre ações de melhoria da qualidade do ar local e mitigação do aquecimento global.

A elaboração deste inventário foi viabilizada pelo apoio financeiro da Coalizão Clima e Ar Limpo (CCAC), iniciativa global que promove ações para redução de PCVC e pelo **apoio técnico do Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA)**, responsável pela sua execução. Para sua construção, foram realizadas **três oficinas**

técnicas com a participação de setores relevantes e especialistas, garantindo a qualidade técnica e a legitimidade da informação disponibilizada.

Ao disponibilizar este inventário, o **Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima**, o **Ministério dos Transportes** e seus parceiros cumprem papel determinante na implementação da Política Nacional de Qualidade do Ar e do Programa MelhorAR, provendo informações de excelência que permitam avançar nas agendas de saúde pública, qualidade ambiental e ação climática.

O **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários: Ano-base 2024** configura-se como peça fundamental na gestão das emissões do setor, orientando a transição do Brasil rumo a um sistema de transporte mais limpo e sustentável, contribuindo para garantir o direito constitucional ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e à saúde pública.

Adalberto Maluf

Secretário Nacional de Meio Ambiente Urbano, Recursos Hídricos e Qualidade
Ambiental

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

Cloves Eduardo Benevides

Subsecretário de Sustentabilidade

Ministério dos Transportes

Lista de gráficos

Gráfico 1 - Curvas de sucateamento para automóveis, comerciais leves (exceto diesel) e motocicletas	17
Gráfico 2 - Curvas de sucateamento para caminhões, ônibus e comerciais leves Diesel	17
Gráfico 3 - Evolução da frota estimada de veículos por categoria	19
Gráfico 4 - Evolução da frota estimada de veículos pesados por categoria	20
Gráfico 5 - Evolução da frota estimada de automóveis por tipo de motor	20
Gráfico 6 - Evolução da frota estimada de comerciais leves por tipo de motor	21
Gráfico 7 - Evolução da frota estimada de motocicletas por tipo de motor	21
Gráfico 8 - Evolução da frota estimada de veículos leves por fase do PROCONVE	22
Gráfico 9 - Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE	22
Gráfico 10 - Evolução da frota estimada de motocicletas por fase do PROMOT	22
Gráfico 11 - Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Otto	52
Gráfico 12 - Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Diesel	53
Gráfico 13 - Quilometragem por litro de combustível para automóveis	54
Gráfico 14 - Evolução do consumo nacional de gasolina no transporte rodoviário	59
Gráfico 15 - Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário	60
Gráfico 16 - Evolução do consumo nacional de diesel no transporte rodoviário	60
Gráfico 17 - Evolução do consumo nacional de gasolina C no transporte rodoviário por categoria de veículo	61
Gráfico 18 - Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário por categoria de veículo	61
Gráfico 19 - Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário por categoria de veículo	62
Gráfico 20 - Emissões de CO por categoria de veículo	64
Gráfico 21 - Emissões de CO por tipo de combustível	64
Gráfico 22 - Emissões de CO por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE	65
Gráfico 23 - Emissões de CO por motocicletas por fase do PROMOT	65
Gráfico 24 - Emissões de NO _x por categoria de veículo	66
Gráfico 25 - Emissões de NO _x por combustível	66
Gráfico 26 - Emissões de NO _x por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE	67
Gráfico 27 - Emissões de NO _x por automóveis e veículos leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE	67
Gráfico 28 - Emissões de MP por combustão por categoria de veículos	68
Gráfico 29 - Emissões de MP por combustão por combustível	68
Gráfico 30 - Emissões de MP por combustão por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE	69
Gráfico 31 - Emissões totais de MP por tipo de emissão	70
Gráfico 32 - Emissões totais de MP por categoria de veículo	70
Gráfico 33 - Emissões de BC por combustão por categoria de veículos	71
Gráfico 34 - Emissão de BC total por categoria de veículo	71
Gráfico 35 - Emissões de RCHO por categoria de veículos do ciclo Otto	72
Gráfico 36 - Emissões de RCHO por tipo de combustível	72
Gráfico 37 - Emissões de NMHC por categoria de veículos do ciclo Otto	73
Gráfico 38 - Emissões de NMHC por tipo de combustível	73
Gráfico 39 - Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves por fase do PROCONVE	74
Gráfico 40 - Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por tipo de emissão	74
Gráfico 41 - Emissões de CH ₄ por categoria de veículos	75
Gráfico 42 - Emissões de CH ₄ por combustível	76
Gráfico 43 - Emissões de N ₂ O por categoria de veículos	76
Gráfico 44 - Emissões de N ₂ O por combustível	77
Gráfico 45 - Emissões de CO ₂ por categoria de veículos	78
Gráfico 46 - Emissões de CO ₂ por combustível	78
Gráfico 47 - Emissões de CO ₂ equivalente por categoria de veículo	79
Gráfico 48 - Emissões de CO ₂ equivalente por categoria de veículo	79

Lista de tabelas

Tabela 1 - Poluentes e gases inventariados por tipo de veículo, tecnologia e fonte energética	12
Tabela 2 - Categorias de veículos e motorizações consideradas.....	15
Tabela 3 - Distribuição dos ensaios de homologação de veículos leves do Ciclo Diesel.....	18
Tabela 4 - Parâmetros utilizados no cálculo dos fatores de emissão de CO ₂	24
Tabela 5 - Densidades energéticas utilizadas para cada combustível em cada ano-calendário	24
Tabela 6 - Fatores de emissão de CO ₂ por ano-calendário e combustível	25
Tabela 7 - Fatores de emissão de N ₂ O por categoria e por combustível para veículos leves, em g/km	25
Tabela 8 - Fatores de emissão de CH ₄ por combustível para automóveis, em g/km	26
Tabela 9 - Fatores de emissão de CH ₄ por combustível para comerciais leves, em g/km	29
Tabela 10 - Fatores de emissão de escapamento de CO, NO _x , RCHO, NMHC, e MP, para automóveis e veículos comerciais leves novos, movidos a gasolina C e a etanol hidratado, em g/km.....	31
Tabela 11 - Frações de Black Carbon (BC) por tipo de veículo e combustível.....	35
Tabela 12 - Fatores de emissões evaporativas de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol.....	37
Tabela 13 - Fatores de emissão de CO, NO _x , RCHO, N ₂ O, CH ₄ e COVNM, em g/km.....	39
Tabela 14 - Incremento médio de emissões por acúmulo de rodagem, em g/km a cada 80 mil km.....	40
Tabela 15 - Fontes de informação para os fatores de deterioração de automóveis e veículos comerciais leves movidos a gasolina C e a etanol hidratado	40
Tabela 16 - Fatores de emissão de CO, NO _x , NMHC, CH ₄ e MP _{comb} para motocicletas, em g/km	41
Tabela 17 - Fatores de emissões CO, NO _x , NMHC e MP _{comb} para motores Diesel, em g _{poluente} /km	43
Tabela 18 - Fatores de emissão de MP por desgaste de pneus, freios e pistas.....	47
Tabela 19 - Frações de carbono negro (BC) por desgaste de freios e pneus, por tipo de veículo	48
Tabela 20 - Frações da frota de veículos <i>flex fuel</i> que opta por cada combustível, para cada ano-calendário	51
Tabela 21 - Amostragem realizada na pesquisa de intensidade de uso pela CNT, para cada categoria de veículo diesel.....	53
Tabela 22 - Quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto (km/L)	54
Tabela 23 - Quilometragem por litro de combustível para motocicletas (km/L).....	57
Tabela 24 - Quilometragem por litro (km/L) de veículos pesados do ciclo Diesel.....	58
Tabela 25 - Quilometragem por litro (km/L) de comerciais leves/automóveis do ciclo Diesel.....	59

Lista de quadros

Quadro 1 - Notas e critérios de atribuição	80
Quadro 2 - Avaliação das variáveis, síntese dos dados e recomendações de aprimoramento	81

Lista de figuras

Figura 1 - Procedimentos adotados para estimar as emissões	14
Figura 2 - Metodologia para estimar a frota de veículos	16

Lista de siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRACICLO	Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BC	<i>Black Carbon</i> (Carbono Negro)
BEN	Balanco Energético Nacional
CC	Centímetros cúbicos
CCAC	<i>Climate & Clean Air Coalition</i>
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH ₄	Metano
CMT	Carga máxima de tração
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CQNUMC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
EEA	<i>European Environment Agency (UE)</i>
EMEP	<i>European Monitoring and Evaluation Programme (UE)</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FTP	<i>Federal Test Procedure (EUA)</i>
GNV	Gás natural veicular
HC	Hidrocarbonetos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	Material particulado
MP _{comb}	Material particulado proveniente da queima de combustíveis
MP _{desgaste}	Material particulado proveniente do desgaste de pneus, freios e pista
N ₂ O	Óxido nitroso
NHMC	Hidrocarbonetos não-metano
NHMC _{escap}	Hidrocarbonetos não-metano referentes à emissão de escapamento
NO _x	Óxidos de nitrogênio
O ₃	Ozônio
PBT	Peso bruto total
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOT	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Similares
RCHO	Aldeídos
RVEP	Relatório de Valores de Emissão da Produção
SINDIPEÇAS	Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores
Tep	Tonelada equivalente de petróleo
THC	Hidrocarbonetos totais
THC _{escap}	Hidrocarbonetos totais referentes à emissão de escapamento
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency (EUA)</i>

Sumário

1. Introdução.....	10
1.1 Escopo	11
1.1.1 Abrangência espacial e temporal	11
2. Metodologia.....	13
2.1 Equação geral.....	13
2.2 Equação para veículos convertidos para o uso de GNV.....	13
2.3 Sistematização dos procedimentos para estimar as emissões.....	14
3. Frota de veículos.....	15
3.1 Categorização da frota.....	15
3.2 Estimativa da frota de veículos.....	16
3.2.1 Curvas de sucateamento.....	17
3.2.2 Histórico de vendas de veículos novos.....	18
3.3. Evolução da frota entre 1980 a 2024.....	19
4. Fatores de emissão.....	23
4.1 Fatores de emissão para automóveis e comerciais leves do ciclo Otto	23
4.1.1 Veículos novos (zero-km) movidos à gasolina C e etanol hidratado	23
4.1.2. Veículos convertidos para o uso de GNV.....	39
4.2 Fatores de emissão para motocicletas	41
4.3. Fatores de emissão para veículos pesados do ciclo Diesel.....	43
4.4. Desgaste de pista, pneus e freios	47
5. Intensidade de Uso.....	49
5.1 Equações Gerais	49
5.2 Valores de referência para a intensidade de uso de veículos.....	52
5.2.1 Automóveis, veículos comerciais leves do ciclo Otto e motocicletas.....	52
5.2.2 Veículos do ciclo Diesel	52
5.3 Quilometragem por litro de combustível (km/L)	54
5.3.1 Automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto	54
5.3.2 Motocicletas	57
5.3.3 Veículos do ciclo Diesel	58
5.4. Comparação entre consumo de combustível estimado e observado	59
5.5 Consumo de combustível por categoria de veículos.....	61

6. Resultados	63
6.1 Emissões de monóxido de carbono (CO)	63
6.2. Emissões de óxidos de nitrogênio (NO _x)	65
6.3. Emissões de material particulado (MP)	67
6.3.1. Emissões de material particulado por combustão (MP _{comb})	67
6.3.2. Emissões de material particulado por desgaste (MP _{desgaste})	69
6.3.3. Emissões de carbono negro (BC)	70
6.4. Emissões de aldeídos (RCHO)	71
6.5. Emissões de hidrocarbonetos não metano (NMHC)	73
6.6. Emissões de metano (CH ₄)	75
6.7. Emissões de óxido nitroso (N ₂ O)	76
6.8. Emissões de dióxido de carbono (CO ₂)	77
6.9. Emissões de dióxido de carbono equivalente (CO ₂ eq)	78
7. Avaliação de qualidade dos dados e recomendações	80
8. Políticas Públicas para a Qualidade do Ar	83
8.1 Iniciativas do Setor de Transportes	87
9. Referências Bibliográficas	88
ANEXOS	90
Anexo A - Parametrização das curvas de sucateamento	90
Anexo B - Intensidade de uso	91
APÊNDICES	92
Apêndice A - Desagregação das emissões	92
Apêndice B - Tabelas de evolução do consumo de combustível por categoria de veículos	93
Apêndice C - Tabelas de emissões por categoria de veículos e tipo de combustível	97

1. Introdução

Os inventários de emissões de poluentes atmosféricos são instrumentos estratégicos de gestão ambiental que estimam as emissões em uma determinada área geográfica e em um dado período de tempo, permitindo assim, dependendo de sua escala temporal, resolução espacial ou grau de detalhamento de fontes emissoras, orientar a adoção de medidas de controle da poluição. A elaboração dessa ferramenta é **ponto de partida para o sucesso da implantação ou reorientação de quaisquer programas voltados à melhoria da qualidade do ar e redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), uma vez que se presta a:**

- **Identificar e hierarquizar as diferentes fontes de emissão e os impactos;**
- **Identificar os principais poluentes emitidos em uma área de interesse;**
- **Avaliar a efetividade de medidas de controle sobre as taxas de emissão;**
- **Auxiliar a modelagem dos impactos das emissões sobre a qualidade do ar;**
- **Identificar medidas potenciais de redução;**
- **Restituir séries históricas e determinar tendências de emissões futuras.**

Ainda que sejam instrumentalmente importantes para muitas atividades de controle e regulação, é fundamental adotar rotinas que levem à melhoria da qualidade da informação de base, das metodologias de cálculo e avaliação de sua aplicabilidade. Se baseados em dados incompletos, errôneos ou pouco confiáveis, o uso de inventários na tomada de decisões pode ter consequências negativas em termos de custo e eficácia.

O Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2025: Ano-base 2024 (doravante INEAVAR 2025) dá continuidade à referência técnico-metodológica iniciada em 2010, com o 1º INEAVAR, publicado em 2011, e posteriormente aprimorada em 2014, no INEAVAR 2013 (Ano-base 2012).

Assim, o novo inventário busca atualizar a estimativa de emissões de 1980 a 2024, incorporando aperfeiçoamentos, dentre os quais se destacam:

a)	Inclusão da segmentação de veículos elétricos e híbridos para automóveis e comerciais leves;
b)	Inclusão de motocicletas, micro-ônibus e ônibus urbanos elétricos;
c)	Inclusão da estimativa das emissões de carbono negro (BC ¹);
d)	Inclusão da estimativa das emissões de material particulado por veículos movidos a etanol;
e)	Inclusão das emissões evaporativas durante o abastecimento;
f)	Desagregação das emissões por unidade da federação.

1.1 Escopo

1.1.1 Abrangência espacial e temporal

Foram estimadas as emissões atmosféricas por veículos automotores em todo o território nacional. Este inventário também traz um exercício de desagregação das emissões por unidade da Federação, com base nos dados de vendas de combustíveis (ver Apêndice A).

Para capturar a evolução das emissões decorrentes do aumento da frota de veículos e da implantação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), são apresentadas as emissões desde o ano 1980 até 2024.

1.1.2 Poluentes inventariados

Além de contabilizar as emissões dos poluentes regulamentados pelo PROCONVE e pelo PROMOT, também foram considerados as seguintes emissões de todas as categorias de veículos:

- **Material particulado (MP):** proveniente do desgaste de freios, pneus e da pista;
- **Metano (CH₄);**
- **Óxido Nitroso (N₂O);**
- **Dióxido de carbono (CO₂);**
- **Carbono negro (BC):** proveniente do escapamento e do desgaste de freios, pneus e da pista.

1 Da sigla para *black carbon*, em inglês.

Tabela 1 - Poluentes e gases inventariados por tipo de veículo, tecnologia e fonte energética

Poluentes	Automóveis e comerciais leves do ciclo Otto		Motocicletas		Veículos do ciclo Diesel	Veículos elétricos	Veículos a GNV
	Gasolina C	Etanol hidratado	Gasolina C	Etanol hidratado			
Emissões de escapamento							
Monóxido de carbono (CO)	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Óxidos de nitrogênio (NO _x)	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Material particulado (MP)	✓	✓	✓	✓	✓		
Aldeídos (RCHO)	✓	✓					✓
Hidrocarbonetos não-metano (NMHC _{escap})	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Metano (CH ₄)	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Dióxido de carbono (CO ₂)	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Óxido Nitroso (N ₂ O)	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Emissões evaporativas (NMHC _{evap})	✓	✓					
Emissões por desgaste de freios, pneus e pistas (MP)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Emissões por desgaste de freios, pneus e pistas (BC)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Elaborado pelo autor.

2. Metodologia

2.1 Equação geral

As emissões de escapamento da frota circulante, em um determinado ano-calendário, para cada poluente e ano-modelo de veículo, foram estimadas a partir da seguinte equação:

$$E = Fr \times lu \times Fe... \text{ (Equação 2.1)}$$

Onde:

- **E** é a taxa anual de emissão do poluente considerado (g/ano);
- **Fr** é a frota circulante de veículos do ano-modelo considerado (número de veículos);
- **lu** é a intensidade de uso do veículo do ano-modelo considerado, expressa em termos de quilometragem anual percorrida (km/ano);
- **Fe** é o fator de emissão do poluente considerado, expresso em termos da massa de poluente emitida por km percorrido ($\text{g}_{\text{poluente}}/\text{km}$). É específico para o ano-modelo de veículo considerado e depende do tipo de combustível utilizado.

2.2 Equação para veículos convertidos para o uso de GNV

No Brasil, a comercialização de veículos novos movidos a GNV (Gás Natural Veicular) é pouco significativa e, em geral, a frota em circulação é composta apenas por veículos convertidos para o uso de GNV a partir da instalação de kits de conversão.

Como não estão disponíveis informações consistentes e detalhadas acerca dessa frota convertida, especialmente quanto ao número de conversões anuais por ano-modelo e o combustível original dos veículos convertidos, não é possível utilizar a Equação 2.1. Assim, diferentemente do procedimento adotado para veículos movidos a gasolina C, a etanol hidratado e a óleo diesel, as emissões dos veículos a GNV são estimadas a partir de uma abordagem *top-down*, utilizando-se a Equação 2.2:

$$E = C_{\text{GNV}} \times Fe... \text{ (Equação 2.2)}$$

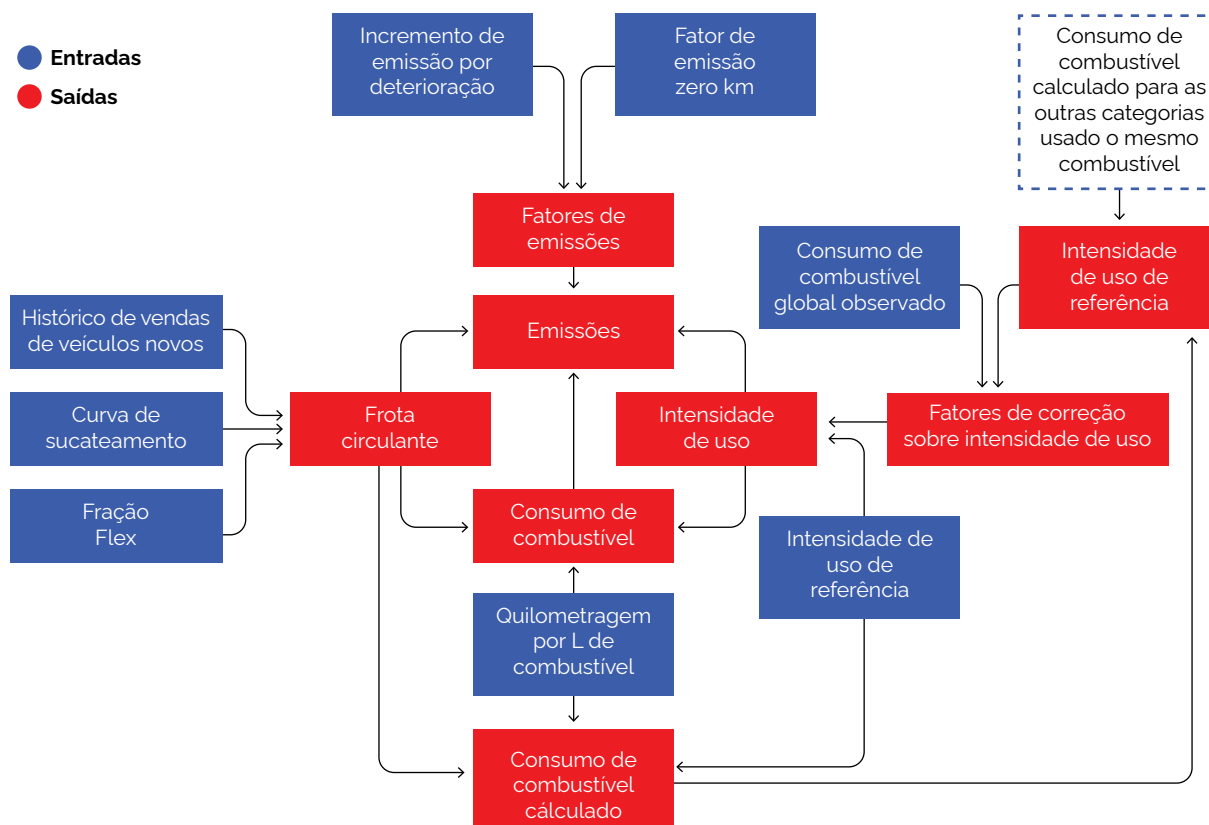
Onde:

- **E** é a taxa anual de emissão do poluente considerado, expressa em termos da massa de poluente emitida por ano (g/ano);
- **C_{GNV}** é o consumo anual de GNV (m^3/ano);
- **Fe** é o fator de emissão do poluente considerado, expresso em termos da massa de poluente emitida por volume de GNV consumido (g/m^3).

2.3 Sistematização dos procedimentos para estimar as emissões

A Figura 1 ilustra o fluxo de informações e cálculos utilizados para estimar as emissões da frota de veículos em circulação para cada ano-calendário. Conforme indicado nas Equações 2.1 e 2.2 e a própria Figura 1, a elaboração do inventário de emissões veiculares depende de quatro principais conjuntos de dados: **a frota de veículos em circulação, os fatores de emissão de poluentes, a intensidade de uso e o consumo de combustível.**

Figura 1 - Procedimentos adotados para estimar as emissões



Fonte: Elaborado pelo autor.

3. Frota de veículos

3.1 Categorização da frota

Com o objetivo de subsidiar a formulação e a avaliação de políticas públicas relacionadas à qualidade do ar e às mudanças climáticas, o Inventário busca desagregar as emissões por tipo de combustível, ano de fabricação ou geração tecnológica dos veículos, tipo de uso — transporte de cargas ou de passageiros — e por capacidade ou porte.

No INEAVAR 2024, foram incluídos no escopo os veículos elétricos e híbridos nas categorias de motocicletas, automóveis, comerciais leves, micro-ônibus e ônibus urbanos. A Tabela 2 detalha a categorização da frota considerada neste Inventário.

Tabela 2 - Categorias de veículos e motorizações consideradas

Categoria	Motor
Motocicletas	Otto / Gasolina
	Otto / <i>Flex Fuel</i>
	Elétrico
Automóveis	Otto / Gasolina
	Otto / Etanol
	Otto / <i>Flex Fuel</i>
	Otto / GNV
	Diesel
	Híbrido / Gasolina
	Elétrico
Comerciais leves	Otto / Gasolina
	Otto / Etanol
	Otto / <i>Flex Fuel</i>
	Híbrido / Gasolina
	Elétrico
Micro-ônibus	Diesel
	Elétrico
Ônibus urbanos	Diesel
	Elétrico
Ônibus rodoviários	Diesel
Caminhões semileves (PBT > 3,5 t. < 6 t.)	Diesel
Caminhões leves (PBT ≥ 6t. < 10 t.)	Diesel
Caminhões médios (PBT ≥ 10 t. < 15 t.)	Diesel
Caminhões semipesados (PBT ≥ 15 t.; PBTC < 40 t.)	Diesel
Caminhões pesados (PBT ≥ 15 t.; PBTC ≥ 40 t.)	Diesel

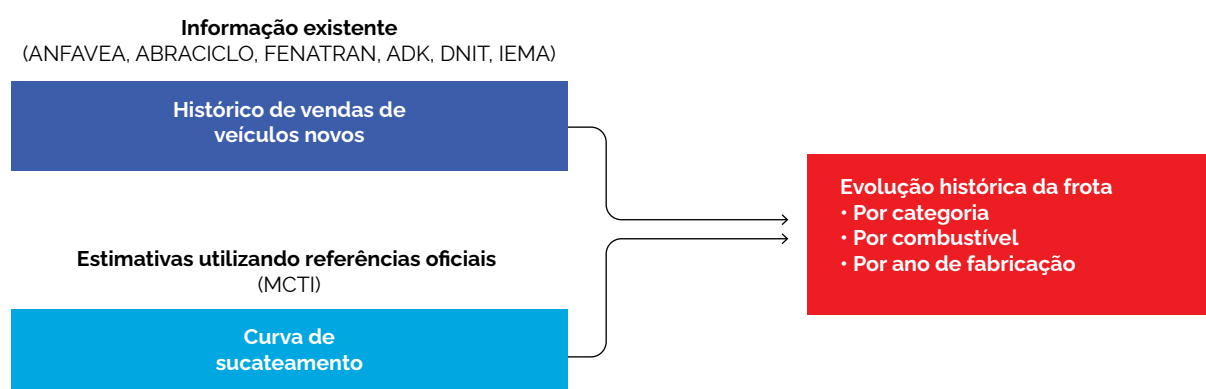
Fonte: Elaborado pelo autor.

Por simplificação, não foram considerados os ônibus e caminhões do ciclo Otto, vendidos apenas no passado² e em quantidades pouco significativas para um inventário de emissões em nível nacional. Os caminhões elétricos também não foram considerados na análise, uma vez que não foram identificados dados que permitissem a sua classificação nas categorias de porte. Além disso, esses veículos representam, até o presente momento, uma participação residual nas vendas, não impactando de forma significativa o inventário de emissões a nível nacional.

3.2 Estimativa da frota de veículos

O cálculo da frota de veículos foi realizado a partir da aplicação de taxas de sucateamento, ano a ano, sobre os veículos novos comercializados no país. A metodologia está representada na Figura 2 e na Equação 3.2, que descrevem o fluxo de informações e fontes de dados adotadas para estimar a evolução da frota.

Figura 2 - Metodologia para estimar a frota de veículos



Fonte: Elaborado pelo autor.

$$Fr_{\text{ano-calendário } i, \text{ ano-modelo } k} = V_{\text{ano-modelo } k} \times (1 - S_{\text{ano-calendário } i, \text{ ano-modelo } k}) \dots \text{ (Equação 3.2)}$$

Onde:

- $Fr_{\text{ano-calendário } i, \text{ ano-modelo } k}$ é a frota circulante do ano-modelo k no ano-calendário i ;
- $V_{\text{ano-modelo } k}$ é o número de veículos do ano-modelo k que entraram em circulação no ano-calendário i (veículos novos vendidos no ano-calendário k);
- $S_{\text{ano-calendário } i, \text{ ano-modelo } k}$ é a fração de veículos do ano-modelo k já sucateados e que, portanto, não circulam no ano-calendário i .

² A partir do final da década de 1970, a comercialização de caminhões movidos a gasolina foi descontinuada no Brasil em decorrência da consolidação do uso do óleo diesel como combustível preferencial para o transporte de carga. O Decreto nº 76.593, de 14 de novembro de 1975, e normas subsequentes estabeleceram incentivos fiscais e restrições ao uso da gasolina em veículos com peso bruto total superior a 3,5 toneladas, consolidando o diesel como combustível exclusivo para essa categoria (BRASIL, 2023).

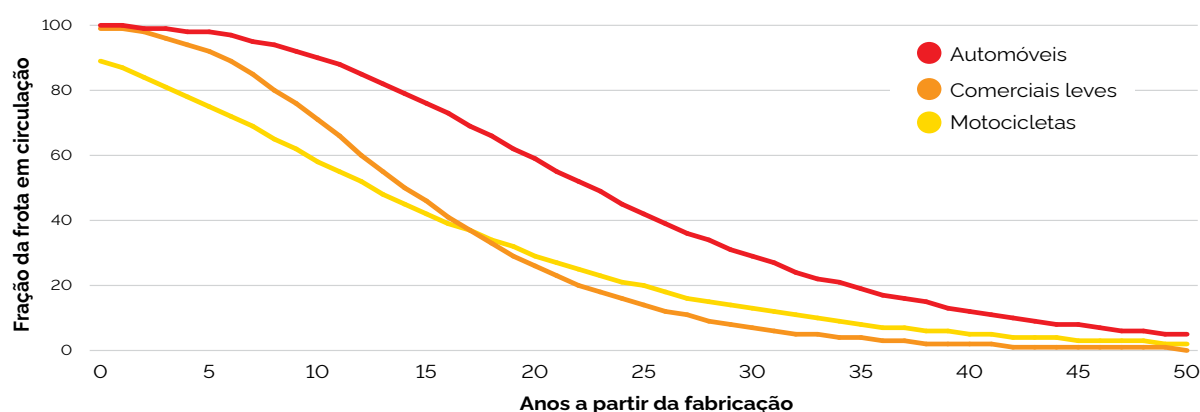
3.2.1 Curvas de sucateamento

As curvas de sucateamento definem a proporção de veículos que deixam de circular a cada ano de vida útil. Essas curvas foram elaboradas com base na metodologia apresentada no Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatório de Referência, Setor Energia, Subsetor Queima de Combustíveis Fósseis, Categoria Transporte Rodoviário (BRASIL, 2020).

Nos gráficos a seguir, são apresentadas as curvas de sucateamento utilizadas na estimativa da frota em circulação de veículos dos ciclos Diesel e Otto. O Anexo A descreve a parametrização adotada para o levantamento dessas curvas.

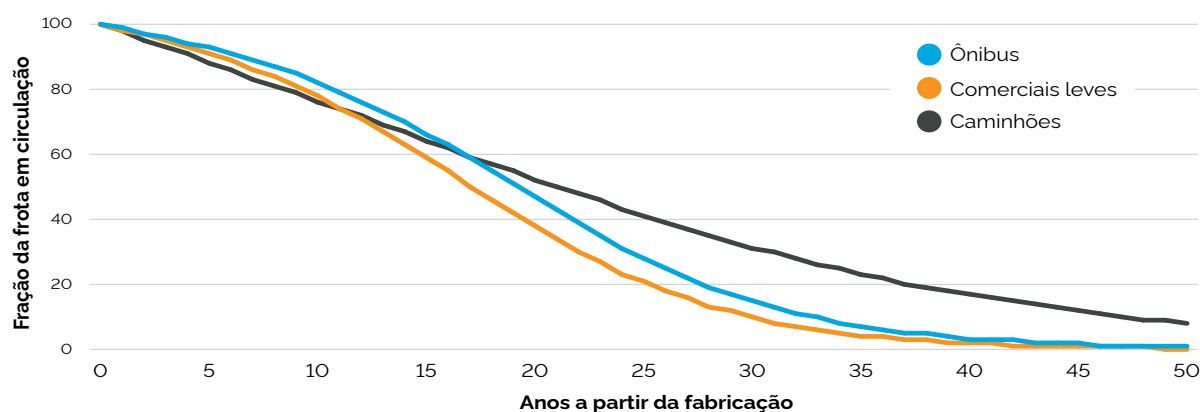
Para as motocicletas, diferente do considerado pelo MCTI, foi aplicada uma única equação. Neste inventário, optou-se por utilizar a equação que emprega para essa categoria a partir do quarto ano de uso. Essa modificação foi adotada devido à uma aparente inconsistência entre as duas equações adotadas no material de referência.

Gráfico 1 - Curvas de sucateamento para automóveis, comerciais leves (exceto diesel) e motocicletas



Fonte: Elaborado pelo autor com base na Quarta Comunicação Nacional do Brasil à CQNUMC - Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE (2020).

Gráfico 2 - Curvas de sucateamento para caminhões, ônibus e comerciais leves Diesel



Fonte: Elaborado pelo autor com base na Quarta Comunicação Nacional do Brasil à CQNUMC - Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE (2020).

Na ausência de curvas específicas para veículos elétricos e híbridos, foram utilizadas as mesmas curvas de sucateamento definidas para os veículos dos ciclos Otto e Diesel, conforme a categoria do veículo.

3.2.2 Histórico de vendas de veículos novos

3.2.2.1 Automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas

- **Automóveis e comerciais:** Para toda a série temporal do Inventário, os dados de vendas foram obtidos do Anuário da ANFAVEA (2025).
- **Motocicletas:** As informações históricas de vendas foram obtidas nos anuários disponíveis na seção "Publicações" do site da ABRACICLO.
- **Participação de veículos elétricos e híbridos:** A partir do anuário com ano-base 2021, os dados do Anuário da FENABRAVE passaram a distinguir automóveis e comerciais leves elétricos e híbridos. A proporção entre veículos elétricos e híbridos identificada na FENABRAVE foi aplicada sobre o total de vendas de veículos elétricos (que incluem híbridos) reportados pela ANFAVEA.
- **Comerciais leves do Ciclo Diesel:** O número total de veículos vendidos nesta categoria foi obtido do Anuário da ANFAVEA (2025), abrangendo toda a série temporal do inventário. Porém, a porcentagem de veículos homologados como leves e como pesados foi proposta pela CETESB (2022), com base nos dados de ensaios de homologação. As frações de cada tipo de homologação estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Distribuição dos ensaios de homologação de veículos leves do Ciclo Diesel

Ano calendário	Fração dos veículos comerciais leves homologados como leves	Fração dos veículos comerciais leves homologados como pesados
Até 2007	0%	100%
2008	7%	93%
2009	60%	40%
2010	81%	19%
2011	67%	33%
2012	100%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2022).

3.2.2.2 Caminhões e ônibus

Para efetuar a classificação das vendas de caminhões segundo as cinco categorias de porte da ANFAVEA (semileves, leves, médios, semipesados e pesados), realizou-se um trabalho de tratamento de dados que compreendeu informações da ANFAVEA, do DNIT e da ADK Automotive, empresa fornecedora de dados do setor automotivo.

Na indisponibilidade de informações públicas com o nível de detalhamento necessário, foi adquirida uma base de dados da empresa privada ADK Automotive, que reúne informações sobre vendas de veículos pesados de 1990 a 2012, por modelo. Essa base também inclui diversas características de cada modelo comercializado, como o Peso Bruto Total (PBT) e a Carga Máxima de Tração (CMT) para caminhões — critérios utilizados pela ANFAVEA para a categorização desses veículos.

Com base nessas informações, foi possível reclassificar todos os modelos e obter as vendas por categoria de caminhão, segundo os critérios definidos pela ANFAVEA. Assim, o histórico de vendas de veículos pesados novos foi obtido da seguinte maneira:

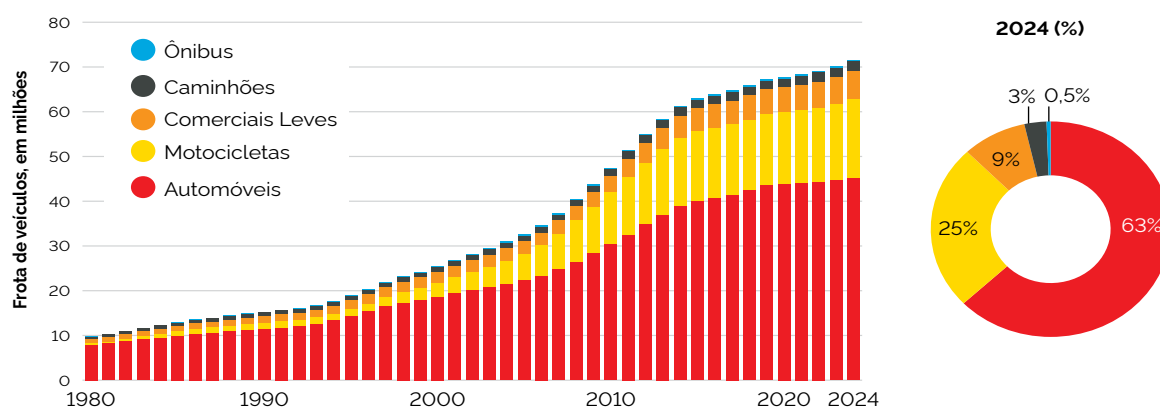
- **Caminhões:** o total de vendas de caminhões no período de 1957 a 2024 foi obtido a partir do Anuário da ANFAVEA (2025). A distribuição dessas vendas entre as categorias foi definida com base em diferentes fontes de informação: para os anos de 1957 a 1989, utilizou-se o cruzamento entre o banco de dados da ANFAVEA e o Quadro de Fabricantes do DNIT; para os anos de 1990 a 2001, adotou-se a base de dados da ADK Automotive; e, para os anos posteriores, empregaram-se os dados disponíveis no próprio Anuário da ANFAVEA (2025).
- **Ônibus e micro-ônibus:** o volume total de vendas de ônibus foi obtido a partir do Anuário da ANFAVEA (2025). A distribuição entre ônibus urbanos (convencionais e micro-ônibus) e ônibus rodoviários é resultado de estatísticas da ANFAVEA nos anos de 2005 a 2010. Com base nessas estatísticas, assumiu-se, para os demais anos, que dos ônibus vendidos, 90% são urbanos e 10% são rodoviários. A distribuição entre ônibus urbanos convencionais e micro-ônibus foi determinada pelo cruzamento entre o banco de dados da ANFAVEA e o Quadro de Fabricantes do DNIT, para os anos de 1957 a 1989; e pela base da ADK Automotive, para o período de 1990 a 2024.

3.3. Evolução da frota entre 1980 a 2024

Os gráficos a seguir apresentam a evolução da frota de veículos leves, pesados e motocicletas de diferentes maneiras: desagregada pelo tipo de veículo, pelo tipo de motor ou de acordo com as fases tecnológicas implantadas pelos Programas PROCONVE e PROMOT.

Com uma frota em constante crescimento desde 1980, observa-se, no gráfico a seguir, que em 2024 o volume de veículos atingiu um número superior a 71 milhões. Desse total, 63% correspondem a automóveis, 25% a motocicletas, 9% a veículos comerciais leves, 3% a caminhões e menos de 1% a ônibus.

Gráfico 3 - Evolução da frota estimada de veículos por categoria

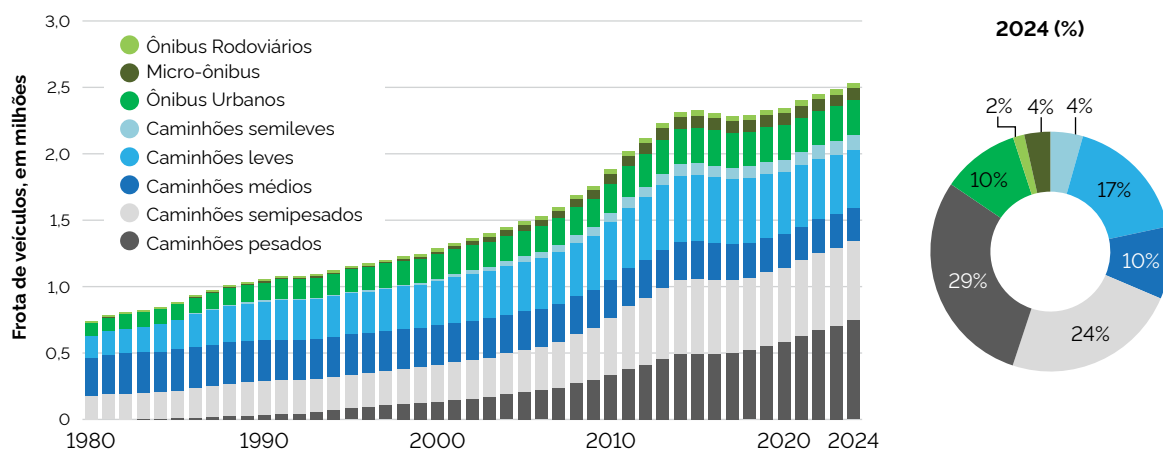


Fonte: Elaborado pelo autor.

No gráfico seguinte, observa-se que, em 2024, a frota de veículos pesados (ônibus e caminhões), totalizava mais de 2,5 milhões. Os caminhões pesados representaram 29% da frota, sempe-

sados 24%, médios 10%, leves 17%, semileves 4%, ônibus urbanos 10%, ônibus rodoviários 2% e micro-ônibus 4%. Ainda no mesmo gráfico, vale destacar a evolução histórica dessa frota, o surgimento dos caminhões pesados no final da década de 80 e a expansão da sua participação nas últimas décadas.

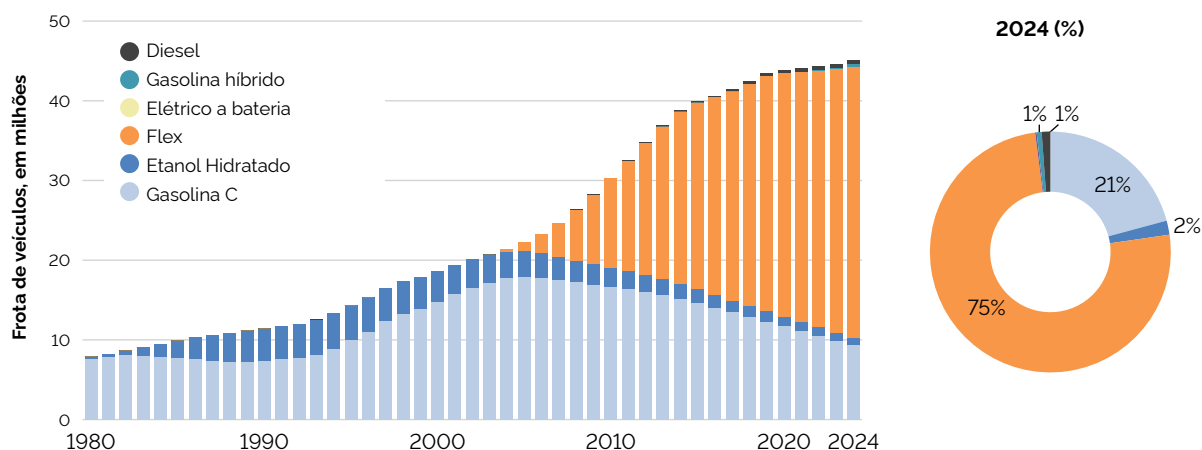
Gráfico 4 - Evolução da frota estimada de veículos pesados por categoria



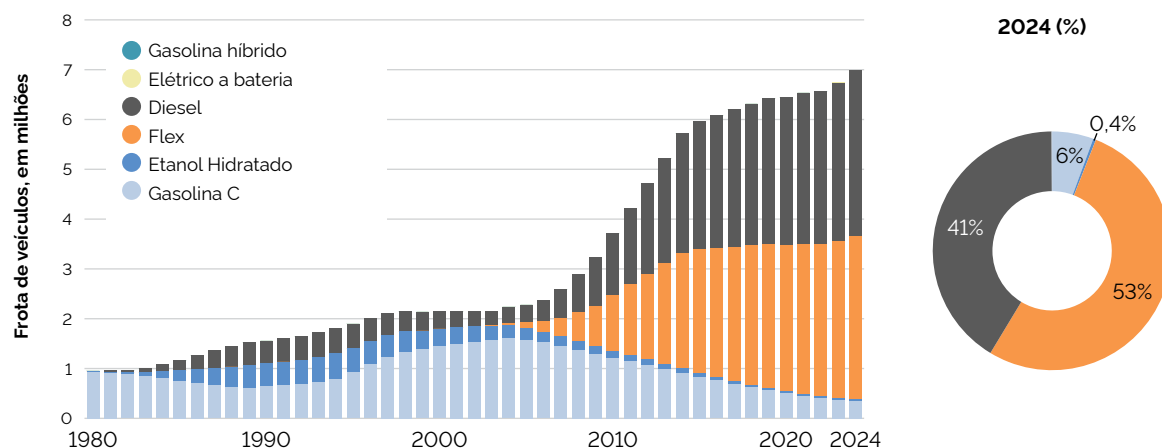
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos três gráficos subsequentes, é possível observar a composição das frotas de automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas segundo o tipo de motor. O Gráfico 5 mostra que, em 2024, a frota de automóveis alcançou a marca aproximada de 45 milhões de unidades, sendo 75% com motorização *flex fuel*, 21% com motorização dedicada à gasolina, apenas 2% com motorização dedicada a etanol hidratado e os 3% restantes distribuídos entre outros tipos de motorização. Já no Gráfico 6, que trata da frota de comerciais leves, a distribuição segundo a motorização e tipo de combustível é relativamente mais equilibrada que nos automóveis. Das cerca de 6,2 milhões de unidades que compunham a frota em 2024, 53% eram de veículos *flex fuel*, 41% com motorização diesel e 6% de veículos dedicados à gasolina. Já no Gráfico 7, que apresenta a frota de motocicletas, observa-se o crescimento acentuado dessa categoria, principalmente nos anos 2000 e 2015, e destacando-se também a introdução de motos tipo *flex fuel* a partir de 2009.

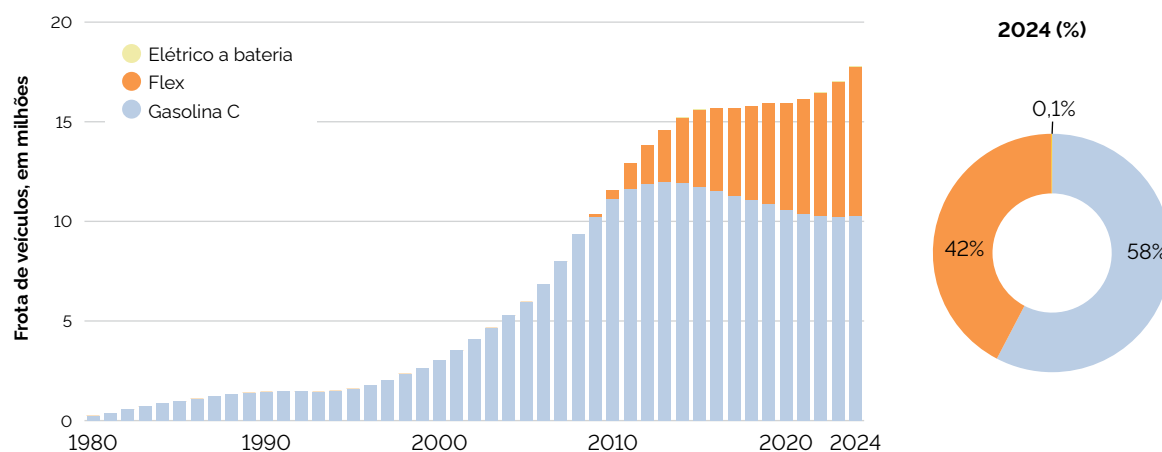
Gráfico 5 - Evolução da frota estimada de automóveis por tipo de motor



Fonte: Elaborado pelo autor.

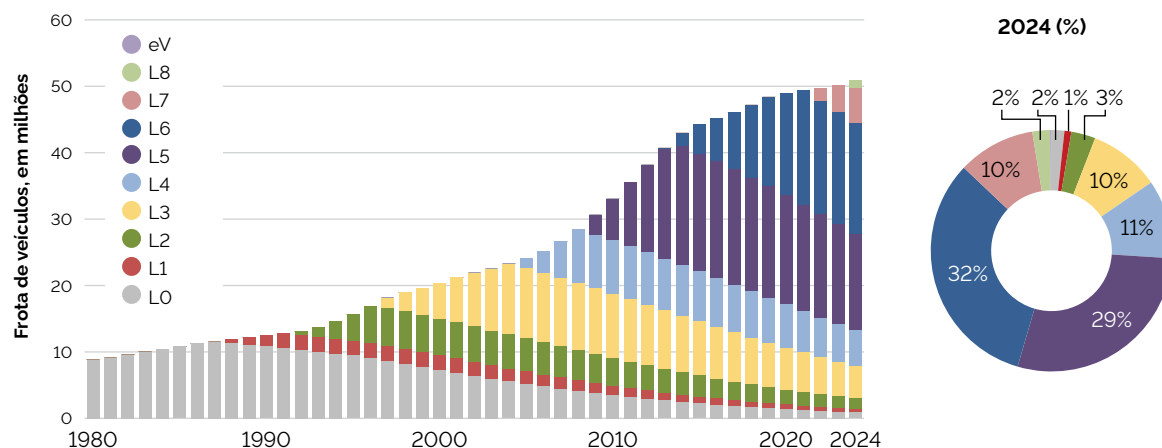
Gráfico 6 - Evolução da frota estimada de comerciais leves por tipo de motor

Fonte: Elaborado pelo autor.

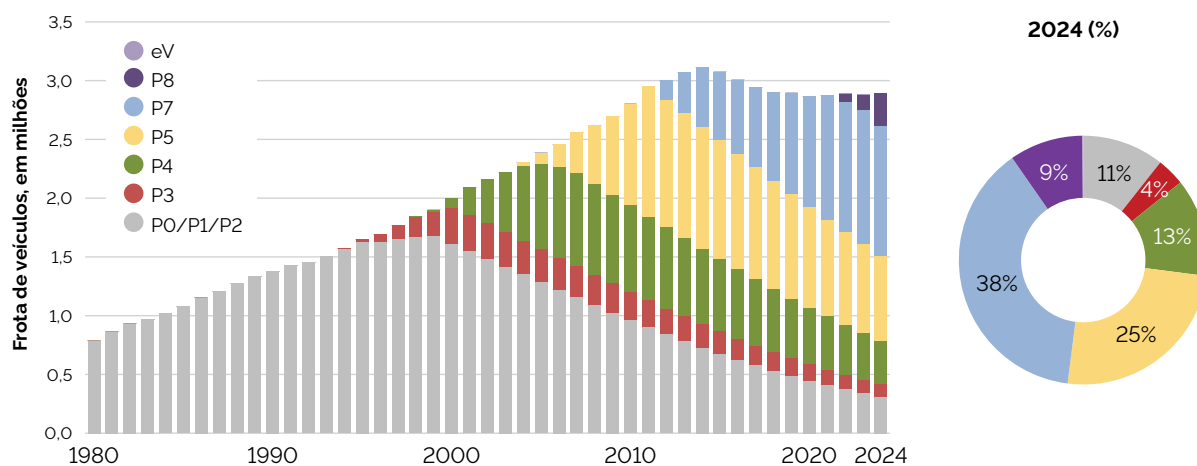
Gráfico 7 - Evolução da frota estimada de motocicletas por tipo de motor

Fonte: Elaborado pelo autor.

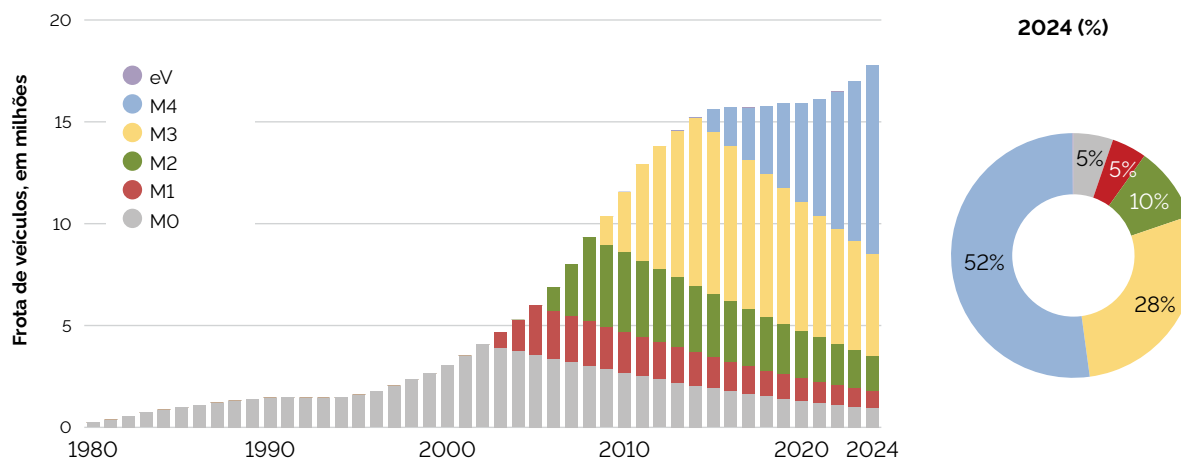
Por fim, os Gráficos 8, 9 e 10 apresentam a composição da frota nacional segundo as fases dos Programas PROCONVE e PROMOT. Vale lembrar que este Inventário captura a entrada da fase mais recente do PROCONVE para veículos pesados, P8, iniciada em 2022; além da entrada das fases L8 do PROCONVE para veículos leves, em 2024, e da fase M4 do PROMOT, implementada em 2014.

Gráfico 8 - Evolução da frota estimada de veículos leves por fase do PROCONVE

Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 9 - Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE

Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 10 - Evolução da frota estimada de motocicletas por fase do PROMOT

Fonte: Elaborado pelo autor.

4. Fatores de emissão

4.1 Fatores de emissão para automóveis e comerciais leves do ciclo Otto

4.1.1 Veículos novos (zero-km) movidos à gasolina C e etanol hidratado

4.1.1.1. Emissões de escapamento

Os fatores de emissão são calculados e publicados anualmente pela CETESB, com base nas informações fornecidas pelos fabricantes ou importadores de veículos e motores, por meio dos Relatórios de Valores de Emissão de Produção (RVEP) e dos Relatórios de Vendas, elaborados em cumprimento ao Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE).

Assim, para fins deste inventário, utilizam-se os fatores médios de emissão disponibilizados pela CETESB — referentes a CO, NO_x, MP, N₂O, CH₄, THC_{escap}/NMHC_{escap} e RCHO — por ano de fabricação, ponderados pelo volume de vendas de cada modelo de veículo, conforme apresentado nos Relatórios de Emissões Veiculares (CETESB, 2025).

4.1.1.1.1. Dióxido de carbono (CO₂)

O cálculo das emissões de dióxido de carbono segue a metodologia do "Relatório de Referência - Emissões por Queima de Combustíveis, Abordagem *bottom-up*" presente na Terceira Comunicação Nacional (BRASIL, 2015). A unidade original dos fatores apresentados neste Relatório é ton CO₂/TJ, a conversão para unidades de massa de CO₂ por volume de combustível é feita por meio da Equação 4.1.1.1:

$$\text{kgCO}_2/\text{L} = \text{tCO}_2/\text{TJ} \times \text{TJ/tep} \times \text{tep/m}^3 \times \text{m}^3/1000\text{L} \dots \text{ (Equação 4.1.1.1)}$$

Onde,

- **kgCO₂/L** é o fator de emissão calculado em kg de dióxido de carbono por litro de combustível;
- **tCO₂/TJ** é o fator de emissão apresentado na Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - CQNUMC, em toneladas de dióxido de carbono por Terajoule para cada combustível;
- **TJ/tep** é o fator de conversão de unidades de energia, de Terajoules para toneladas equivalentes de petróleo (tep), disponível no Balanço Energético Nacional 2024 (EPE, 2025);
- **tep/m³** é a densidade energética, expressa em toneladas equivalentes de petróleo (tep) por metro cúbico (m³) de combustível.

A Tabela 4 apresenta uma síntese dos parâmetros utilizados para o cálculo dos fatores de emissão de CO₂ enquanto a Tabela 5 apresenta as densidades energéticas utilizadas para cada combustível em cada ano-calendário. A Tabela 6 mostra os valores obtidos para os fatores de emissão em kgCO₂/L e em kgCO₂/m³ (para o GNV).

Tabela 4 - Parâmetros utilizados no cálculo dos fatores de emissão de CO₂

Combustível	Fator de Emissão (KgCO ₂ /TJ)	TJ/tep
Gasolina Automotiva	69300	0,04187
Etanol Anidro	70800	
Etanol Hidratado	70800	
Diesel Mineral	74100	
Biodiesel*	74100	
GNV	56100	

* Para o biodiesel, foi considerado o mesmo fator de emissão, em tC/TJ, do diesel mineral

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 - Densidades energéticas utilizadas para cada combustível em cada ano-calendário

Ano-calendário	Gasolina Automotiva	Etanol Anidro	Etanol Hidratado	Diesel Mineral	Biodiesel	GNV
1980	0,769	0,534	0,510	0,857	0,792	0,001
1981	0,769			0,862		
1982	0,770			0,865		
1983	0,787			0,863		
1984	0,786			0,871		
1985	0,793			0,868		
1986	0,792			0,875		
1987	0,787			0,873		
1988	0,794			0,870		
1989	0,789			0,875		
1990	0,787			0,875		
1991-1997	0,787			0,871		
1998	0,781			0,862		
1999	0,777			0,857		
2000	0,773			0,851		
2001-2004	0,770			0,848		
2005-2024	0,770			0,848		

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da EPE (2025).

Tabela 6 - Fatores de emissão de CO₂ por ano-calendário e combustível

Ano-calendário	Gasolina Automotiva (kg/L)	Etanol Anidro (kg/L)	Etanol Hidratado (kg/L)	Diesel Mineral (kg/L)	Biodiesel (kg/L)
1980	2,23			2,66	
1981	2,23			2,67	
1982	2,23			2,68	
1983	2,28			2,68	
1984	2,28			2,70	
1985	2,30			2,69	
1986	2,30			2,72	
1987	2,28			2,71	
1988	2,30	1,58	1,51	2,70	
1989	2,29			2,71	
1990	2,28			2,71	
1991-1997	2,28			2,70	
1998	2,27			2,67	
1999	2,25			2,66	
2000	2,24			2,64	
2001-2004	2,23			2,63	
2004-2024	2,23			2,63	2,46

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1.1.2 Óxido Nitroso (N₂O)

Os fatores de emissão de N₂O utilizados neste estudo foram aqueles disponíveis na base de fatores de emissão que compõem o Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2024 da CETESB (2025), conforme apresentados na tabela abaixo.

Tabela 7 - Fatores de emissão de N₂O por categoria e por combustível para veículos leves, em g/km

Ano-calendário	Combustível	Automóveis	Comerciais Leves	Motocicleta
Até 1982	Etanol hidratado	0,007	0,007	-
Até 1983	Gasolina C	0,005	0,005	0,002
1983	Etanol hidratado	0,007	0,007	-
1984-1986	Etanol hidratado	0,006	0,007	-
1984	Gasolina C	0,004	0,005	0,002
1985-1993	Gasolina C	0,004	0,004	0,002
1987-1993	Etanol hidratado	0,006	0,006	-
1994	Etanol hidratado	0,017	0,006	-
1994 - 2002	Gasolina C	0,022	0,022	0,002
1995-2006	Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2003-2021	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2003	Flex - Gasolina C	0,023	0,023	-
2003-2007	Gasolina C	0,021	0,021	0,002
2004	Flex - Gasolina C	0,022	0,021	-
2005	Flex - Gasolina C	0,021	0,021	-
2006	Flex - Gasolina C	0,020	0,023	-
2007	Flex - Gasolina C	0,020	0,020	-
2008	Flex - Gasolina C	0,021	0,020	-
2008	Gasolina C	0,024	0,024	0,002
2009	Flex - Gasolina C	0,021	0,028	-
2009	Gasolina C	0,024	0,028	0,002

Ano-calendário	Combustível	Automóveis	Comerciais Leves	Motocicleta
2010	Flex - Gasolina C	0,019	0,024	-
2010	Gasolina C	0,023	0,027	0,002
2011	Flex - Gasolina C	0,019	0,026	-
2011-2012	Gasolina C	0,021	0,024	0,002
2012	Flex - Gasolina C	0,019	0,026	0,002
2013-2014	Flex - Gasolina C	0,019	0,027	0,002
2013	Gasolina C	0,022	0,025	0,002
2014	Gasolina C	0,021	0,022	0,002
2015-2021	Flex - Gasolina C	0,018	0,024	-
2015-2021	Gasolina C	0,020	0,022	0,002
2022	Flex - Etanol hidratado	0,020	0,017	-
2022	Gasolina C	0,017	0,022	0,002
2023	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2023	Gasolina C	0,020	0,022	0,002
2024	Flex - Etanol hidratado	0,020	0,017	-
2022-2024	Flex - Gasolina C	0,018	0,024	-
2024	Gasolina C	0,017	0,022	0,002

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

4.1.1.1.3. Metano (CH₄)

Os fatores de emissão de CH₄ utilizados neste Inventário foram obtidos a partir da base de fatores de emissão que compõem o Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2024 da CETESB (2025). Assim como os fatores de CO₂ e N₂O, os valores de CH₄ foram organizados por categoria de veículo, combustível e ano-calendário, permitindo sua aplicação direta nas estimativas de emissões. As Tabelas 8 e 9 apresentam os fatores adotados neste Inventário.

Tabela 8 - Fatores de emissão de CH₄ por combustível para automóveis, em g/km

Ano-calendário	Combustível	Automóveis
Até 1982	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,450
1983	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,450
1984	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,360
1985	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,360
1986	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,300
1987	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,300
1988	Etanol hidratado	0,255
	Gasolina C	0,255
1989	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,240
1990	Etanol hidratado	0,195
	Gasolina C	0,210
1991	Etanol hidratado	0,165
	Gasolina C	0,195
1992	Etanol hidratado	0,090
	Gasolina C	0,090

Ano-calendário	Combustível	Automóveis
1993	Etanol hidratado	0,105
	Gasolina C	0,090
1994	Etanol hidratado	0,186
	Gasolina C	0,149
1995	Etanol hidratado	0,186
	Gasolina C	0,149
1996	Etanol hidratado	0,160
	Gasolina C	0,100
1997	Etanol hidratado	0,080
	Gasolina C	0,050
1998	Etanol hidratado	0,051
	Gasolina C	0,035
1999	Etanol hidratado	0,045
	Gasolina C	0,035
2000	Etanol hidratado	0,048
	Gasolina C	0,032
2001	Etanol hidratado	0,040
	Gasolina C	0,027
2002	Etanol hidratado	0,043
	Gasolina C	0,027
2003	Etanol hidratado	0,043
	Flex - Etanol hidratado	0,040
	Flex - Gasolina C	0,012
	Gasolina C	0,027
2004	Etanol hidratado	0,045
	Flex - Etanol hidratado	0,037
	Flex - Gasolina C	0,020
	Gasolina C	0,027
2005	Etanol hidratado	0,045
	Flex - Etanol hidratado	0,037
	Flex - Gasolina C	0,027
	Gasolina C	0,025
2006	Etanol hidratado	0,032
	Flex - Etanol hidratado	0,039
	Flex - Gasolina C	0,041
	Gasolina C	0,005
2007	Flex - Etanol hidratado	0,039
	Flex - Gasolina C	0,041
	Gasolina C	0,005
2008	Flex - Etanol hidratado	0,035
	Flex - Gasolina C	0,015
	Gasolina C	0,004
2009	Flex - Etanol hidratado	0,039
	Flex - Gasolina C	0,003
	Gasolina C	0,008
2010	Flex - Etanol hidratado	0,031
	Flex - Gasolina C	0,007
	Gasolina C	0,006
2011	Flex - Etanol hidratado	0,040
	Flex - Gasolina C	0,009
	Gasolina C	0,007
2012	Flex - Etanol hidratado	0,027
	Flex - Gasolina C	0,010
	Gasolina C	0,005
2013	Flex - Etanol hidratado	0,026
	Flex - Gasolina C	0,006
	Gasolina C	0,006

Ano-calendário	Combustível	Automóveis
2014	Flex - Etanol hidratado	0,020
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,006
2015	Flex - Etanol hidratado	0,015
	Flex - Gasolina C	0,003
	Gasolina C	0,004
2016	Flex - Etanol hidratado	0,028
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,006
2017	Flex - Etanol hidratado	0,023
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,004
2018	Flex - Etanol hidratado	0,023
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,004
2019	Flex - Etanol hidratado	0,023
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,003
2020	Flex - Etanol hidratado	0,022
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,003
2021	Flex - Etanol hidratado	0,022
	Flex - Gasolina C	0,005
	Gasolina C	0,003
2022	Flex - Etanol hidratado	0,015
	Flex - Gasolina C	0,003
	Gasolina C	0,003
2023	Flex - Etanol hidratado	0,017
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,004
2024	Flex - Etanol hidratado	0,016
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,003

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

Tabela 9 - Fatores de emissão de CH₄ por combustível para comerciais leves, em g/km

Ano-calendário	Combustível	Comerciais Leves
Até 1983	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,450
1984	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,450
1985	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,360
1986	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,360
1987	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,300
1988	Etanol hidratado	0,255
	Gasolina C	0,300
1989	Etanol hidratado	0,240
	Gasolina C	0,255
1990	Etanol hidratado	0,195
	Gasolina C	0,240
1991	Etanol hidratado	0,165
	Gasolina C	0,210
1992	Etanol hidratado	0,090
	Gasolina C	0,195
1993	Etanol hidratado	0,105
	Gasolina C	0,090
1994	Etanol hidratado	0,091
	Gasolina C	0,090
1995	Etanol hidratado	0,091
	Gasolina C	0,080
1996	Etanol hidratado	0,165
	Gasolina C	0,250
1997	Etanol hidratado	0,173
	Gasolina C	0,181
1998	Etanol hidratado	0,155
	Gasolina C	0,030
1999	Etanol hidratado	0,156
	Gasolina C	0,026
2000	Etanol hidratado	0,050
	Gasolina C	0,024
2001	Etanol hidratado	0,040
	Gasolina C	0,031
2002	Etanol hidratado	0,059
	Gasolina C	0,028
2003	Etanol hidratado	0,040
	Flex - Etanol hidratado	0,040
	Flex - Gasolina C	0,010
	Gasolina C	0,028
2004	Etanol hidratado	0,050
	Flex - Etanol hidratado	0,040
	Flex - Gasolina C	0,020
	Gasolina C	0,030
2005	Etanol hidratado	0,037
	Flex - Etanol hidratado	0,040
	Flex - Gasolina C	0,030
	Gasolina C	0,003
2006	Etanol hidratado	0,030
	Flex - Etanol hidratado	0,035
	Flex - Gasolina C	0,024
	Gasolina C	0,012

Ano-calendário	Combustível	Comerciais Leves
2007	Flex - Etanol hidratado	0,056
	Flex - Gasolina C	0,045
	Gasolina C	0,013
2008	Flex - Etanol hidratado	0,056
	Flex - Gasolina C	0,050
	Gasolina C	0,057
2009	Flex - Etanol hidratado	0,008
	Flex - Gasolina C	0,024
	Gasolina C	0,001
2010	Flex - Etanol hidratado	0,049
	Flex - Gasolina C	0,003
	Gasolina C	0,002
2011	Flex - Etanol hidratado	0,048
	Flex - Gasolina C	0,012
	Gasolina C	0,008
2012	Flex - Etanol hidratado	0,043
	Flex - Gasolina C	0,009
	Gasolina C	0,006
2013	Flex - Etanol hidratado	0,034
	Flex - Gasolina C	0,010
	Gasolina C	0,005
2014	Flex - Etanol hidratado	0,022
	Flex - Gasolina C	0,006
	Gasolina C	0,003
2015	Flex - Etanol hidratado	0,018
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,002
2016	Flex - Etanol hidratado	0,016
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,003
2017	Flex - Etanol hidratado	0,015
	Flex - Gasolina C	0,005
	Gasolina C	0,003
2018	Flex - Etanol hidratado	0,019
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,003
2019	Flex - Etanol hidratado	0,015
	Flex - Gasolina C	0,005
	Gasolina C	0,003
2020	Flex - Etanol hidratado	0,022
	Flex - Gasolina C	0,007
	Gasolina C	0,003
2021	Flex - Etanol hidratado	0,023
	Flex - Gasolina C	0,004
	Gasolina C	0,005
2022	Flex - Etanol hidratado	0,020
	Flex - Gasolina C	0,005
	Gasolina C	0,004
2023	Flex - Etanol hidratado	0,017
	Flex - Gasolina C	0,007
	Gasolina C	0,004
2024	Flex - Etanol hidratado	0,017
	Flex - Gasolina C	0,007
	Gasolina C	0,001

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

4.1.1.1.4. Poluentes locais

A Tabela 10, apresentada a seguir, resume os fatores de emissão no escapamento de CO, NO_x, RCHO, NMHC_{escap} e MP_{comb} aplicados para automóveis e veículos comerciais leves novos, movidos a gasolina C e a etanol hidratado.

Tabela 10 - Fatores de emissão de escapamento de CO, NO_x, RCHO, NMHC, e MP, para automóveis e veículos comerciais leves novos, movidos a gasolina C e a etanol hidratado, em g/km

Ano-calendário	Veículo	Combustível	CO	NO _x	RCHO	NMHC _{escap}	MP _{comb}
Até 1982	Comerciais leves	Etanol	18,000	1,000	0,160	1,360	0,001
		Gasolina	33,000	1,400	0,050	2,550	0,002
Até 1983	Automóveis	Etanol	18,000	0,830	0,160	1,360	0,001
		Gasolina	33,000	1,400	0,050	2,550	0,002
1983	Automóveis	Etanol	18,000	1,000	0,160	1,360	0,001
		Gasolina	33,000	1,400	0,050	2,550	0,002
1984	Automóveis	Etanol	16,900	1,200	0,180	1,360	0,001
		Gasolina	28,000	1,600	0,050	2,040	0,002
	Comerciais leves	Etanol	16,900	0,830	0,180	1,360	0,001
		Gasolina	33,000	1,400	0,050	2,550	0,002
1985	Automóveis	Etanol	16,900	1,200	0,180	1,360	0,001
		Gasolina	28,000	1,600	0,050	2,040	0,002
	Comerciais leves	Etanol	16,900	0,830	0,180	1,360	0,001
		Gasolina	28,000	1,600	0,050	2,040	0,002
1986	Automóveis	Etanol	16,000	1,800	0,110	1,360	0,001
		Gasolina	22,000	1,900	0,040	1,700	0,002
	Comerciais leves	Etanol	16,000	0,830	0,110	1,360	0,001
		Gasolina	28,000	1,600	0,050	2,040	0,002
1987	Automóveis	Etanol	16,000	1,800	0,110	1,360	0,001
		Gasolina	22,000	1,900	0,040	1,700	0,002
	Comerciais leves	Etanol	16,000	1,800	0,110	1,360	0,001
		Gasolina	22,000	1,900	0,040	1,700	0,002
1988	Automóveis	Etanol	13,300	0,830	0,110	1,445	0,001
		Gasolina	22,000	1,900	0,040	1,700	0,002
	Comerciais leves	Etanol	13,300	1,400	0,110	1,445	0,001
		Gasolina	18,500	1,800	0,040	1,445	0,002
1989	Automóveis	Etanol	12,800	0,830	0,110	1,360	0,001
		Gasolina	18,500	1,800	0,040	1,445	0,002
	Comerciais leves	Etanol	12,800	1,100	0,110	1,360	0,001
		Gasolina	15,200	1,600	0,040	1,360	0,002
1990	Automóveis	Etanol	10,800	0,830	0,110	1,105	0,001
		Gasolina	15,200	1,600	0,040	1,360	0,002
	Comerciais leves	Etanol	10,800	1,200	0,110	1,105	0,001
		Gasolina	13,300	1,400	0,040	1,190	0,002
1991	Automóveis	Etanol	8,400	0,830	0,110	0,935	0,001
		Gasolina	13,300	1,400	0,040	1,190	0,002
	Comerciais leves	Etanol	8,400	1,000	0,110	0,935	0,001
		Gasolina	11,500	1,300	0,040	1,105	0,002
1992	Automóveis	Etanol	3,600	0,830	0,035	0,510	0,001
		Gasolina	11,500	1,300	0,040	1,105	0,002
	Comerciais leves	Etanol	3,600	0,500	0,035	0,510	0,001
		Gasolina	6,200	0,600	0,013	0,510	0,002
1993	Automóveis	Etanol	4,200	0,830	0,040	0,595	0,001
		Gasolina	9,670	0,600	0,013	0,510	0,002
	Comerciais leves	Etanol	4,200	0,600	0,040	0,595	0,001
		Gasolina	6,300	0,800	0,022	0,510	0,002
1994	Automóveis	Etanol	4,600	0,830	0,042	0,514	0,001
		Gasolina	9,670	0,800	0,022	0,510	0,002
	Comerciais leves	Etanol	4,600	0,700	0,042	0,514	0,001
		Gasolina	6,000	0,700	0,036	0,451	0,002

Ano-calendário	Veículo	Combustível	CO	NO _x	RCHO	NMHC _{escp}	MP _{comb}
1995	Automóveis	Etanol	4,600	0,830	0,042	0,514	0,001
		Gasolina	9,670	0,700	0,036	0,451	0,002
	Comerciais leves	Etanol	4,600	0,700	0,042	0,514	0,001
		Gasolina	4,700	0,600	0,025	0,451	0,002
1996	Automóveis	Etanol	2,786	0,828	0,020	0,455	0,001
		Gasolina	9,668	0,882	0,008	0,754	0,002
	Comerciais leves	Etanol	3,900	0,700	0,040	0,440	0,001
		Gasolina	3,800	0,500	0,019	0,300	0,002
1997	Automóveis	Etanol	0,900	0,300	0,012	0,220	0,001
		Gasolina	1,200	0,300	0,007	0,150	0,001
	Comerciais leves	Etanol	3,281	0,767	0,021	0,477	0,001
		Gasolina	6,605	0,584	0,006	0,546	0,001
1998	Automóveis	Etanol	0,670	0,240	0,014	0,139	0,001
		Gasolina	0,790	0,230	0,004	0,105	0,001
	Comerciais leves	Etanol	2,534	0,834	0,019	0,427	0,001
		Gasolina	0,643	0,172	0,003	0,089	0,001
1999	Automóveis	Etanol	0,600	0,220	0,013	0,125	0,001
		Gasolina	0,740	0,230	0,004	0,105	0,001
	Comerciais leves	Etanol	2,547	0,828	0,019	0,431	0,001
		Gasolina	0,614	0,187	0,004	0,078	0,001
2000	Automóveis	Etanol	0,630	0,210	0,014	0,132	0,001
		Gasolina	0,730	0,210	0,004	0,098	0,001
	Comerciais leves	Etanol	0,630	0,210	0,014	0,130	0,001
		Gasolina	0,689	0,208	0,004	0,072	0,001
2001	Automóveis	Etanol	0,660	0,080	0,017	0,110	0,001
		Gasolina	0,480	0,140	0,004	0,083	0,001
	Comerciais leves	Etanol	0,660	0,080	0,017	0,110	0,001
		Gasolina	0,956	0,246	0,004	0,095	0,001
2002	Automóveis	Etanol	0,740	0,080	0,017	0,117	0,001
		Gasolina	0,430	0,120	0,004	0,083	0,001
	Comerciais leves	Etanol	0,830	0,282	0,020	0,161	0,001
		Gasolina	0,814	0,149	0,004	0,086	0,001
2003	Automóveis	Etanol	0,770	0,090	0,019	0,117	0,001
		Flex - Etanol hidratado	0,510	0,140	0,020	0,110	0,001
		Flex - Gasolina C	0,500	0,040	0,004	0,038	0,001
		Gasolina	0,400	0,120	0,004	0,083	0,001
	Comerciais leves	Etanol	0,770	0,090	0,019	0,120	0,001
		Flex - Etanol hidratado	0,510	0,140	0,020	0,110	0,001
		Flex - Gasolina C	0,500	0,040	0,004	0,040	0,001
		Gasolina	0,916	0,143	0,003	0,083	0,001
2004	Automóveis	Etanol	0,820	0,080	0,016	0,125	0,001
		Flex - Etanol hidratado	0,460	0,140	0,014	0,103	0,001
		Flex - Gasolina C	0,390	0,050	0,003	0,060	0,001
		Gasolina	0,350	0,090	0,004	0,083	0,001
	Comerciais leves	Etanol	0,820	0,080	0,016	0,120	0,001
		Flex - Etanol hidratado	0,460	0,140	0,014	0,100	0,001
		Flex - Gasolina C	0,390	0,050	0,003	0,060	0,001
		Gasolina	0,926	0,134	0,003	0,092	0,001
2005	Automóveis	Etanol	0,820	0,080	0,016	0,125	0,001
		Flex - Etanol hidratado	0,390	0,100	0,014	0,103	0,001
		Flex - Gasolina C	0,450	0,050	0,003	0,083	0,001
		Gasolina	0,340	0,090	0,004	0,075	0,001
	Comerciais leves	Etanol	0,689	0,295	0,022	0,167	0,001
		Flex - Etanol hidratado	0,390	0,100	0,014	0,100	0,001
		Flex - Gasolina C	0,450	0,050	0,003	0,080	0,001
		Gasolina	0,782	0,215	0,003	0,109	0,001
2006	Automóveis	Etanol	0,670	0,050	0,014	0,088	0,001
		Flex - Etanol hidratado	0,492	0,061	0,021	0,087	0,001
		Flex - Gasolina C	0,509	0,043	0,002	0,073	0,001
		Gasolina	0,302	0,066	0,002	0,063	0,001
	Comerciais leves	Etanol	0,670	0,050	0,014	0,090	0,001
		Flex - Etanol hidratado	0,347	0,128	0,018	0,085	0,001
		Flex - Gasolina C	0,501	0,062	0,002	0,112	0,001
		Gasolina	0,707	0,238	0,002	0,073	0,001

Ano-calendário	Veículo	Combustível	CO	NO _x	RCHO	NMHC _{escp}	MP _{comb}
2007	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,492	0,061	0,021	0,087	0,001
		Flex - Gasolina C	0,509	0,043	0,002	0,073	0,001
		Gasolina	0,302	0,066	0,002	0,063	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,405	0,094	0,017	0,069	0,001
		Flex - Gasolina C	0,537	0,059	0,002	0,082	0,001
		Gasolina	0,654	0,070	0,002	0,097	0,001
2008	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,558	0,049	0,014	0,080	0,001
		Flex - Gasolina C	0,519	0,039	0,002	0,080	0,001
		Gasolina	0,369	0,045	0,002	0,053	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,432	0,069	0,017	0,073	0,001
		Flex - Gasolina C	0,487	0,056	0,002	0,078	0,001
		Gasolina	0,494	0,048	0,002	0,062	0,001
2009	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,544	0,031	0,011	0,037	0,001
		Flex - Gasolina C	0,317	0,027	0,002	0,034	0,001
		Gasolina	0,199	0,021	0,001	0,020	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,448	0,030	0,011	0,011	0,001
		Flex - Gasolina C	0,220	0,033	0,002	0,037	0,001
		Gasolina	0,282	0,019	0,004	0,025	0,001
2010	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,508	0,038	0,009	0,040	0,001
		Flex - Gasolina C	0,278	0,030	0,002	0,031	0,001
		Gasolina	0,204	0,028	0,001	0,023	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,520	0,035	0,011	0,020	0,001
		Flex - Gasolina C	0,211	0,041	0,001	0,024	0,001
		Gasolina	0,291	0,013	0,002	0,021	0,001
2011	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,488	0,031	0,009	0,044	0,001
		Flex - Gasolina C	0,284	0,029	0,002	0,032	0,001
		Gasolina	0,274	0,025	0,003	0,028	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,666	0,019	0,009	0,039	0,001
		Flex - Gasolina C	0,241	0,032	0,001	0,026	0,001
		Gasolina	0,299	0,017	0,002	0,024	0,001
2012	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,476	0,029	0,008	0,054	0,001
		Flex - Gasolina C	0,267	0,027	0,001	0,026	0,001
		Gasolina	0,274	0,022	0,002	0,023	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,732	0,045	0,010	0,052	0,001
		Flex - Gasolina C	0,239	0,044	0,002	0,029	0,001
		Gasolina	0,302	0,010	0,002	0,020	0,001
2013	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,423	0,023	0,008	0,051	0,001
		Flex - Gasolina C	0,227	0,026	0,001	0,024	0,001
		Gasolina	0,241	0,020	0,002	0,019	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,643	0,035	0,011	0,051	0,001
		Flex - Gasolina C	0,221	0,039	0,002	0,027	0,001
		Gasolina	0,195	0,012	0,001	0,017	0,001
2014	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,398	0,018	0,008	0,053	0,001
		Flex - Gasolina C	0,228	0,019	0,002	0,020	0,001
		Gasolina	0,211	0,015	0,001	0,015	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,547	0,033	0,012	0,068	0,001
		Flex - Gasolina C	0,284	0,025	0,003	0,025	0,001
		Gasolina	0,225	0,009	0,001	0,018	0,001
2015	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,360	0,016	0,008	0,058	0,001
		Flex - Gasolina C	0,217	0,015	0,001	0,018	0,001
		Gasolina	0,155	0,025	0,001	0,012	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,350	0,028	0,008	0,046	0,001
		Flex - Gasolina C	0,372	0,020	0,002	0,017	0,001
		Gasolina	0,197	0,010	0,001	0,015	0,001
2016	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,363	0,013	0,007	0,047	0,001
		Flex - Gasolina C	0,251	0,012	0,001	0,018	0,001
		Gasolina	0,114	0,022	0,001	0,010	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,440	0,038	0,010	0,061	0,001
		Flex - Gasolina C	0,351	0,010	0,002	0,017	0,001
		Gasolina	0,218	0,008	0,001	0,016	0,001
2017	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,340	0,012	0,006	0,046	0,001
		Flex - Gasolina C	0,229	0,011	0,001	0,018	0,001
		Gasolina	0,141	0,013	0,001	0,011	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,194	0,015	0,008	0,026	0,001
		Flex - Gasolina C	0,249	0,015	0,002	0,014	0,001
		Gasolina	0,160	0,011	0,001	0,013	0,001

Ano-calendário	Veículo	Combustível	CO	NO _x	RCHO	NMHC _{escp}	MP _{comb}
2018	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,338	0,012	0,007	0,047	0,001
		Flex - Gasolina C	0,253	0,012	0,001	0,019	0,001
		Gasolina	0,173	0,010	0,001	0,012	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,190	0,009	0,007	0,026	0,001
		Flex - Gasolina C	0,215	0,014	0,002	0,017	0,001
		Gasolina	0,145	0,010	0,001	0,010	0,001
2019	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,339	0,010	0,007	0,045	0,001
		Flex - Gasolina C	0,275	0,011	0,001	0,020	0,001
		Gasolina	0,166	0,014	0,001	0,011	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,301	0,014	0,008	0,037	0,001
		Flex - Gasolina C	0,208	0,016	0,001	0,016	0,001
		Gasolina	0,116	0,007	0,001	0,008	0,001
2020	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,315	0,012	0,006	0,044	0,001
		Flex - Gasolina C	0,264	0,011	0,001	0,022	0,001
		Gasolina	0,135	0,015	0,001	0,012	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,436	0,013	0,008	0,040	0,001
		Flex - Gasolina C	0,215	0,013	0,001	0,016	0,001
		Gasolina	0,150	0,007	0,001	0,012	0,001
2021	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,293	0,012	0,007	0,044	0,001
		Flex - Gasolina C	0,251	0,011	0,001	0,020	0,001
		Gasolina	0,140	0,015	0,001	0,012	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,302	0,015	0,009	0,041	0,001
		Flex - Gasolina C	0,197	0,014	0,001	0,014	0,001
		Gasolina	0,305	0,005	0,002	0,021	0,001
2022	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,164	0,007	0,004	0,023	0,002
		Flex - Gasolina C	0,156	0,007	0,001	0,013	0,003
		Gasolina	0,079	0,007	nd	0,008	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,155	0,005	0,006	0,028	0,002
		Flex - Gasolina C	0,140	0,011	0,001	0,015	0,003
		Gasolina	0,229	0,007	0,001	0,012	0,002
2023	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,160	0,008	0,005	0,025	0,002
		Flex - Gasolina C	0,157	0,008	0,001	0,014	0,003
		Gasolina	0,155	0,007	0,001	0,013	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,087	0,004	0,008	0,042	0,001
		Flex - Gasolina C	0,213	0,008	0,001	0,020	0,003
		Gasolina	0,150	0,010	nd	0,006	0,002
2024	Automóveis	Flex - Etanol hidratado	0,167	0,007	0,004	0,024	0,002
		Flex - Gasolina C	0,168	0,007	0,001	0,014	0,002
		Gasolina	0,163	0,005	0,001	0,012	0,001
	Comerciais leves	Flex - Etanol hidratado	0,087	0,004	0,008	0,042	0,001
		Flex - Gasolina C	0,213	0,008	0,001	0,020	0,003
		Gasolina	0,065	0,005	nd	0,008	0,002

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

A CETESB publica fatores de MP referentes a veículos flex rodando com etanol hidratado fabricados a partir de 2022. Para preencher as lacunas dos anos anteriores na série histórica, aplicou-se, simplificada, uma razão de proporcionalidade: a relação entre os fatores de emissão de veículos flex rodando com gasolina C observada para o ano de 2022.

A partir dos fatores e cálculos de emissão de material particulado (MP), foi possível estimar as emissões de *Black Carbon* (BC), um componente do $MP_{2,5}$ associado a impactos climáticos e à qualidade do ar (EMEP/EEA, 2025b; EMEP/EEA, 2025c). O BC é um poluente climático de vida curta (PCVC, ou inglês *Short-Lived Climate Pollutant – SLCP*), ou seja, permanece na atmosfera por um período relativamente breve (de dias a semanas, mas possui um alto potencial de aquecimento, devido à sua capacidade de absorver radiação solar) (CCAC, 2017).

Para realizar os cálculos, adotou-se a metodologia do Guia Europeu para Inventário de Emissões (EMEP/EEA, 2025b), que permite estimar o BC como uma fração do $MP_{2,5}$ na ausência de fatores específicos. A Tabela 11 apresenta as frações de BC consideradas para cada tipo de veículo e combustível.

Vale destacar que, por se tratar de referências europeias, não existem fatores específicos para etanol. Nesses casos, aplicou-se uma proporcionalidade baseada nos fatores da gasolina, considerando a fração de BC correspondente.

Tabela 11 - Frações de Black Carbon (BC) por tipo de veículo e combustível

Categoria	Combustível	f-BC
Automóveis	Gasolina C	0,12
	Diesel	0,57
	Etanol hidratado	0,12
Caminhões	Diesel	0,53
Comerciais leves	Gasolina C	0,05
	Diesel	0,55
	Etanol hidratado	0,05
Motocicletas	Gasolina C	0,11
	Etanol hidratado	0,11

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da EMEP/EEA (2025b).

4.1.1.2. Emissões evaporativas (NMHC_{evap})

A legislação brasileira estabelece limites para emissões evaporativas provenientes do sistema de alimentação de combustíveis dos automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, para fins de homologação dos modelos de veículos, com medições conforme as normas NBR 11481 e NBR 16927 da ABNT. No entanto, a forma como as emissões são reportadas a partir desses ensaios, não apresenta correspondência direta com as classes de emissões dos métodos de estimativa de emissões do Guia Europeu para Inventário de Emissões - *Emission Inventory Guidebook* (EMEP/EEA, 2025a). O guia classifica as emissões evaporativas conforme os seguintes processos:

- emissões diurnas (ed);
- perdas em movimento (er);
- emissões evaporativas do veículo em repouso (es).

Embora o ensaio de homologação, realizado em câmara fechada, meça as emissões evaporativas devida ao aquecimento do veículo por insolação e a que se desprende após o veículo ser desligado, não contempla a emissão que ocorre enquanto o veículo está em movimento. De igual maneira, também não considera como variáveis a temperatura ambiente e o número de viagens diárias, o que torna necessário adaptar os valores obtidos nos ensaios em câmara fechada para fatores aplicáveis em inventários. Em função disso, utilizou-se um método de cálculo próprio baseado na metodologia Tier 2, do Guia Europeu, complementada pelos resultados dos ensaios de homologação nacionais. Essa metodologia encontra-se detalhada em Vicentini (2010).

A Tabela 12 apresenta os valores obtidos pelo método e valores indicados pela CETESB. A fim de transformar os fatores das emissões er e es, de g/viagem para g/km, foi dividido o primeiro fator por 8 km, que é, segundo o Sistema de Informações da Mobilidade Urbana, ANTP (2009), a distância média nacional percorrida por viagem no transporte individual³.

Além das emissões evaporativas dos veículos em repouso e em circulação, este Inventário considera também as emissões que ocorrem durante o processo de abastecimento de gasolina e etanol nos veículos. Essas últimas ocorrem quando o combustível é transferido para o tanque do veículo nos postos, expulsando os vapores contidos no tanque. Consideraram-se apenas gasolina e etanol, foram aplicadas as taxas de evaporação de 1,14 gNMHC_{evap}/L e 0,37 gNMHC_{evap}/L, respectivamente ao volume de combustível calculado (CETESB, 2024).

³ O Sistema de Informações da Mobilidade Urbana, elaborado pela Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), tem como último relatório geral disponível o de 2018, que indica uma distância média de aproximadamente 7,5 km por viagem no transporte individual. Considerando que os padrões de mobilidade urbana se modificam continuamente em função de fatores econômicos e da ampliação do uso de aplicativos de transporte, seria recomendável a atualização periódica desses dados, preferencialmente em bases anuais, para capturar eventuais variações nos deslocamentos. Na ausência de informações mais recentes e de abrangência nacional, adotaram-se os valores utilizados no último inventário rodoviário produzido.

Tabela 12 - Fatores de emissões evaporativas de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol

Ano/modelo	Combustível	ed (g/dia)	es (g/viag)	er (g/viag)
Até 1989	Gasolina C	4,90	15,04	12,67
Até 1989	Etanol hidratado	2,13	6,54	5,51
1990	Gasolina C	0,49	1,42	0,14
	Etanol hidratado	0,33	0,94	0,06
1991	Gasolina C	0,49	1,42	0,14
	Etanol hidratado	0,33	0,94	0,06
1992	Gasolina C	0,63	0,94	0,14
	Etanol hidratado	0,28	0,42	0,06
1993	Gasolina C	0,53	0,81	0,14
	Etanol hidratado	0,34	0,52	0,06
1994	Gasolina C	0,51	0,75	0,14
	Etanol hidratado	0,29	0,42	0,06
1995	Gasolina C	0,51	0,75	0,14
	Etanol hidratado	0,29	0,42	0,06
1996	Gasolina C	0,39	0,56	0,14
	Etanol hidratado	0,26	0,37	0,06
1997	Gasolina C	0,33	0,46	0,14
	Etanol hidratado	0,36	0,51	0,06
1998	Gasolina C	0,27	0,37	0,14
	Etanol hidratado	0,45	0,60	0,06
1999	Gasolina C	0,26	0,36	0,14
	Etanol hidratado	0,54	0,75	0,06
2000	Gasolina C	0,24	0,33	0,14
	Etanol hidratado	0,45	0,61	0,06
2001	Gasolina C	0,23	0,31	0,14
	Etanol hidratado	0,44	0,60	0,06
2002	Gasolina C	0,20	0,28	0,14
	Etanol hidratado	0,30	0,57	0,16
2003	Gasolina C	0,24	0,35	0,14
	Etanol hidratado	0,29	0,54	0,15
	Flex - Gasolina C	0,13	0,36	0,14
	Flex - Etanol hidratado	0,23	0,54	0,06
2004	Gasolina C	0,23	0,32	0,14
	Etanol hidratado	0,27	0,52	0,15
	Flex - Gasolina C	0,09	0,27	0,14
	Flex - Etanol hidratado	0,18	0,54	0,06
2005	Gasolina C	0,29	0,41	0,14
	Etanol hidratado	0,26	0,50	0,14
	Flex - Gasolina C	0,14	0,23	0,14
	Flex - Etanol hidratado	0,15	0,31	0,06
2006	Gasolina C	0,15	0,21	0,14
	Etanol hidratado	0,25	0,48	0,13
	Flex - Gasolina C	0,41	0,59	0,06
	Flex - Etanol hidratado	0,20	0,29	0,14
2007	Gasolina C	0,15	0,21	0,14
	Etanol hidratado	0,24	0,46	0,13
	Flex - Gasolina C	0,41	0,59	0,06
	Flex - Etanol hidratado	0,20	0,29	0,14
2008	Gasolina C	0,21	0,31	0,14
	Flex - Gasolina C	0,35	0,51	0,06
	Flex - Etanol hidratado	0,13	0,20	0,14

Ano/modelo	Combustível	ed (g/dia)	es (g/viag)	er (g/viag)
2009	Gasolina C	0,21	0,31	0,14
	Flex - Gasolina C	0,35	0,51	0,06
	Flex - Etanol hidratado	0,13	0,20	0,14
2010	Gasolina C	0,07	0,08	0,06
	Flex - Gasolina C	0,11	0,22	0,12
	Flex - Etanol hidratado	0,19	0,33	0,20
2011	Gasolina C	0,16	0,15	0,10
	Flex - Gasolina C	0,25	0,28	0,18
	Flex - Etanol hidratado	0,35	0,37	0,24
2012	Gasolina C	0,14	0,14	0,06
	Flex - Gasolina C	0,16	0,21	0,07
	Flex - Etanol hidratado	0,25	0,32	0,11
2013	Gasolina C	0,09	0,12	0,04
	Flex - Gasolina C	0,16	0,22	0,07
	Flex - Etanol hidratado	0,21	0,32	0,10
2014	Gasolina C	0,07	0,09	0,03
	Flex - Gasolina C	0,13	0,18	0,06
	Flex - Etanol hidratado	0,19	0,32	0,10
2015	Gasolina C	0,05	0,08	0,02
	Flex - Gasolina C	0,10	0,15	0,05
	Flex - Etanol hidratado	0,16	0,24	0,08
2016	Gasolina C	0,07	0,10	0,03
	Flex - Gasolina C	0,12	0,14	0,05
	Flex - Etanol hidratado	0,15	0,19	0,07
2017	Gasolina C	0,05	0,08	0,03
	Flex - Gasolina C	0,12	0,13	0,05
	Flex - Etanol hidratado	0,17	0,20	0,07
2018	Gasolina C	0,04	0,06	0,02
	Flex - Gasolina C	0,11	0,11	0,04
	Flex - Etanol hidratado	0,14	0,18	0,06
2019	Gasolina C	0,04	0,06	0,02
	Flex - Gasolina C	0,10	0,11	0,04
	Flex - Etanol hidratado	0,13	0,17	0,06
2020	Gasolina C	0,04	0,06	0,02
	Flex - Gasolina C	0,08	0,09	0,03
	Flex - Etanol hidratado	0,09	0,13	0,04
2021	Gasolina C	0,02	0,04	0,01
	Flex - Gasolina C	0,09	0,08	0,03
	Flex - Etanol hidratado	0,08	0,10	0,03
2022	Gasolina C	0,08	0,04	0,03
	Flex - Gasolina C	0,16	0,03	0,04
	Flex - Etanol hidratado	0,17	0,03	0,05
2023	Gasolina C	0,14	0,04	0,04
	Flex - Gasolina C	0,16	0,03	0,04
	Flex - Etanol hidratado	0,18	0,03	0,05
2024	Gasolina C	0,14	0,04	0,04
	Flex - Gasolina C	0,16	0,03	0,04
	Flex - Etanol hidratado	0,18	0,03	0,05

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

4.1.2. Veículos convertidos para o uso de GNV

A metodologia para estimar as emissões por veículos convertidos para o uso de GNV foi a mesma dos Inventários anteriores — uma abordagem *top-down*, na qual os fatores de emissão em $\text{g}_{\text{poluente}}/\text{m}^3_{\text{combustível}}$ são aplicados diretamente ao consumo de combustível relatado no Balanço Energético Nacional 2024 (EPE, 2025).

Para aplicação no Inventário, calculou-se um fator médio de emissões para cada poluente a partir dos valores divulgados em CETESB (2025), e considerou-se que eles são homogêneos ao longo de todo o período considerado. Os fatores de emissão são disponíveis apenas para os kits de conversão comercializados a partir de 2002, tratando-se de valores típicos de emissão de veículos da Fase L-3 do PROCONVE convertidos para o uso de GNV.

Os fatores de emissão de NMHC e CH_4 foram estimados a partir do fator de emissão de Hidrocarbonetos Totais - THC, considerando-se o valor de 0,895 para a razão CH_4/THC , conforme proposto por BORSARI (2005).

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 13. De acordo com a Equação 2.2, as emissões dos veículos a GNV são calculadas a partir de fatores de emissão em g/m^3 . Para a conversão dos fatores de emissão em g/km para g/m^3 , foi adotado o valor médio de quilometragem por m^3 igual a $12 \text{ km}/\text{m}^3$, utilizado no primeiro e segundo inventário. No que se refere às emissões de CO_2 , o procedimento e os valores adotados são os mesmos da Seção 4.1.1.1., ao passo que os valores utilizados para estimar as emissões de N_2O foram propostos por BORSARI (2009).

Tabela 13 - Fatores de emissão de CO, NO_x , RCHO, N_2O , CH_4 e COVNM, em g/km

CO	NO_x	RCHO	N_2O	CH_4	COVNM
0,560	0,290	0,004	0,031	0,224	0,026

Fonte: Elaboração do autor, com base em BORSARI (2009).

4.1.3. Deterioração de emissões por acúmulo de rodagem

Como nas edições anteriores, este inventário considera a deterioração de emissões com base nos valores gerados nos ensaios de durabilidade estabelecidos pelo PROCONVE a partir de 2003. Esses ensaios têm o objetivo de verificar se os limites de emissão estabelecidos são respeitados por, no mínimo, 80.000 km de uso, considerando-se as condições de manutenção recomendadas pelos fabricantes.

A partir dos valores obtidos nesses ensaios e dos fatores de emissão de veículos novos, estimou-se o incremento médio do fator de emissão por acúmulo de rodagem. Nestas estimativas assumiu-se, ainda, que o incremento tem um comportamento linear, fazendo-se uma extrapolação para quilometragens superiores a 80.000 km.

Analisando resultados de 200 ensaios de durabilidade feitos de 2003 a 2007, constatou-se que os incrementos das emissões por acúmulo de rodagem de veículos de diferentes anos de fabricação não apresentavam diferenças significativas. Deste modo, calculou-se a diferença entre a média aritmética dos fatores de emissão de veículos novos (zero km), e a média aritmética dos fatores de emissão de veículos com 80.000km, obtendo-se, assim, os valores de incrementos de emissões por tipo de combustível mostrados na Tabela 14.

Tabela 14 - Incremento médio de emissões por acúmulo de rodagem, em g/km a cada 80 mil km

Combustível	Poluente			
	CO	NO _x	NHMC	RCHO
Gasolina C	0,263	0,030	0,023	0,001
Eatnol hidratado	0,224	0,020	0,024	0,003

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados de ensaio do PROCONVE.

Cabe destacar que o PROCONVE, em suas fases mais recentes (L7 e L8), passou a incorporar novas determinações relacionadas à deterioração das emissões, incluindo a exigência de atendimento aos limites máximos de emissão de poluentes por até 160.000 km de uso. Entretanto, não foi possível aplicar neste inventário os fatores de deterioração levantados nos ensaios de homologação, em razão do sistema de dados do IBAMA estar passando atualmente por uma transição.

Para os veículos fabricados entre 1995 e 2002, que não dispõem de dados medidos de ensaios de acúmulo de rodagem, adotou-se o mesmo fator de deterioração de emissões obtido nos ensaios feitos entre 2003 e 2007, dado que as tecnologias adotadas nestes períodos são similares (injeção eletrônica e catalisador de 3 vias).

Para os veículos fabricados anteriormente a 1995, quando parcela majoritária deles não era equipada com catalisadores, foram adotados os seguintes valores propostos pela CETESB:

- Para CO, NMHC_{escap} e RCHO: deterioração linear de 20% em relação ao fator de emissão do veículo novo (zero km) ao atingir os 160.000 km, permanecendo constante a partir daí;
- Para NO_x considerou-se que não há deterioração.

A Tabela 15 sintetiza as premissas adotadas e as fontes de dados consultadas para estimar a deterioração das emissões por acúmulo de rodagem. Por absoluta falta de informações e pela incompatibilidade em relação à metodologia *top-down* adotada para veículos a GNV, não foi considerada a deterioração de emissões nessa categoria.

Tabela 15 - Fontes de informação para os fatores de deterioração de automóveis e veículos comerciais leves movidos a gasolina C e a etanol hidratado

Anos -modelos	≤ 1988	≥ 1989; ≥1993	≥ 1994; ≥2002	≥ 2003; ≥2008
Tecnologia	Veículos não-equipados com catalizadores		Veículos equipados com catalizadores	
Fonte de informação	CETESB		Ensaio de durabilidade do PROCONVE (extrapolação)	Ensaio de durabilidade do PROCONVE

Fonte: Elaboração do autor.

4.2 Fatores de emissão para motocicletas

Os fatores de emissão para os poluentes regulamentados pelo PROMOT resultam dos processos de homologação de novos modelos de motocicletas fabricadas a partir de 2003 e são apresentados no Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2024, da CETESB. Para as motocicletas fabricadas até 2002, foram considerados os fatores de emissão do ano de 2003.

Nos dados reportados pela CETESB (2025), os fatores de emissão médios são apresentados por ano/modelo, subdividindo as motocicletas por faixa de cilindrada: inferior, ou igual, a 150 cc, de 151 a 500 cc e acima, ou igual, a 501 cc. Portanto, para obter fatores únicos para cada ano-modelo, é necessário conhecer a distribuição do perfil da frota em termos das cilindradas. A partir dos dados da ABRACICLO (2025), foi possível calcular uma média dos fatores de emissão ponderada pela participação de cada faixa de cilindradas nas vendas anuais, obtendo-se, assim, o fator único para cada ano-modelo.

A Tabela 16 apresenta os fatores de emissão adotados para motocicletas. Quanto às emissões de CO₂, o procedimento e os valores já foram detalhados na Seção 4.1.1.1.1. Os fatores de deterioração por acúmulo de rodagem para motocicletas não foram considerados devido à ausência de informações.

Tabela 16 – Fatores de emissão de CO, NO_x, NMHC, CH₄ e MP_{comb} para motocicletas, em g/km

Ano-calendário	Combustível	CO	NO _x	NMHC _{escp}	CH ₄	MP _{comb}
Até 2002	Gasolina C	19,700	0,100	2,210	0,390	0,029
2003	Gasolina C	4,785	0,145	0,616	0,109	0,014
2004	Gasolina C	6,065	0,175	0,693	0,122	0,014
2005	Gasolina C	2,610	0,160	0,391	0,069	0,0035
2006	Gasolina C	2,235	0,175	0,285	0,050	0,0035
2007	Gasolina C	1,795	0,170	0,272	0,048	0,0035
2008	Gasolina C	1,355	0,115	0,196	0,035	0,0035
	Gasolina C	1,090	0,100	0,124	0,041	0,0035
2009	Flex - Gasolina C	0,754	0,052	0,111	0,037	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,579	0,066	0,117	0,039	0,0035
	Gasolina C	0,684	0,065	0,131	0,044	0,0035
2010	Flex - Gasolina C	0,754	0,052	0,111	0,037	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,579	0,066	0,117	0,039	0,0035
	Gasolina C	0,610	0,080	0,150	0,050	0,0035
2011	Flex - Gasolina C	0,760	0,060	0,105	0,035	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,680	0,060	0,120	0,040	0,0035
	Gasolina C	0,500	0,067	0,125	0,042	0,0035
2012	Flex - Gasolina C	0,741	0,041	0,103	0,034	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,897	0,039	0,122	0,040	0,0035
	Gasolina C	0,492	0,063	0,120	0,040	0,0035
2013	Flex - Gasolina C	0,681	0,046	0,107	0,035	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,828	0,038	0,114	0,038	0,0035
	Gasolina C	0,492	0,063	0,120	0,040	0,0035
2014	Flex - Gasolina C	0,681	0,046	0,107	0,035	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,828	0,038	0,114	0,038	0,0035
	Gasolina C	0,570	0,043	0,097	0,032	0,0035
2015	Flex - Gasolina C	0,708	0,037	0,085	0,028	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,789	0,029	0,102	0,034	0,0035

Ano-calendário	Combustível	CO	NO _x	NMHC _{escp}	CH ₄	MP _{comb}
2016	Gasolina C	0,606	0,013	0,093	0,031	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,649	0,038	0,098	0,032	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,517	0,039	0,120	0,040	0,0035
2017	Gasolina C	0,580	0,024	0,083	0,027	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,731	0,031	0,090	0,030	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,476	0,024	0,113	0,038	0,0035
2018	Gasolina C	0,608	0,023	0,081	0,027	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,834	0,030	0,085	0,028	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,502	0,027	0,104	0,035	0,0035
2019	Gasolina C	0,566	0,023	0,083	0,028	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,834	0,029	0,093	0,031	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,524	0,023	0,105	0,035	0,0035
2020	Gasolina C	0,566	0,023	0,083	0,028	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,834	0,029	0,093	0,031	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,524	0,023	0,105	0,035	0,0035
2021	Gasolina C	0,566	0,023	0,083	0,028	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,834	0,029	0,093	0,031	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,524	0,023	0,105	0,035	0,0035
2022	Gasolina C	0,566	0,023	0,083	0,028	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,834	0,029	0,093	0,031	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,524	0,023	0,105	0,035	0,0035
2023	Gasolina C	0,566	0,023	0,083	0,028	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,834	0,029	0,093	0,031	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,524	0,023	0,105	0,035	0,0035
2024	Gasolina C	0,566	0,023	0,083	0,028	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,834	0,029	0,093	0,031	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,524	0,023	0,105	0,035	0,0035

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

4.3. Fatores de emissão para veículos pesados do ciclo Diesel

Os fatores de emissão médios para motores pesados do ciclo Diesel, apresentados pela CETESB, são gerados nos ensaios de homologação segundo os ciclos estabelecidos nas normas técnicas ABNT-NBR 14489 e ABNT-NBR 15634. As emissões são disponibilizadas tanto em termos da massa de poluentes gerados por unidade de trabalho realizado pelo motor, expressas em $g_{\text{poluente}}/\text{kWh}$, quanto em $g_{\text{poluente}}/\text{km}$.

Tabela 17 - Fatores de emissões CO, NO_x, NMHC e MP_{comb} para motores Diesel, em $g_{\text{poluente}}/\text{km}$

Ano/ modelo	Fase PROCONVE	Categoria	CO	NO _x	NMHC	MP _{comb}	CH ₄
Até 1999	P0/P1/P2/ P3/P4	Caminhões	Caminhões semileves	0,764	4,395	0,279	0,271
			Caminhões leves	1,249	7,185	0,457	0,443
			Caminhões médios	1,250	7,190	0,457	0,444
			Caminhões semipesados	2,014	11,585	0,736	0,715
			Caminhões pesados	2,014	11,585	0,736	0,715
		Ônibus	Ônibus rodoviários	2,292	13,182	0,838	0,813
			Ônibus urbanos	3,019	17,368	1,104	1,071
			Micro-ônibus	1,546	4,761	0,201	0,109
		Comerciais leves/ Automóveis	0,274	2,459	0,124	0,076	0,019
2000-2001	P3/P4	Caminhões	Caminhões semileves	0,687	2,777	0,229	0,135
			Caminhões leves	1,123	4,539	0,374	0,220
			Caminhões médios	1,124	4,543	0,375	0,221
			Caminhões semipesados	1,810	7,319	0,603	0,355
			Caminhões pesados	1,810	7,319	0,603	0,355
		Ônibus	Ônibus rodoviários	2,060	8,329	0,687	0,404
			Ônibus urbanos	2,714	10,973	0,905	0,533
			Micro-ônibus	1,546	4,761	0,201	0,109
		Comerciais leves/ Automóveis	0,315	2,490	0,112	0,082	0,017
2002-2003	P4	Caminhões	Caminhões semileves	0,374	2,711	0,128	0,053
			Caminhões leves	0,612	4,432	0,209	0,086
			Caminhões médios	0,612	4,435	0,209	0,086
			Caminhões semipesados	0,986	7,146	0,336	0,139
			Caminhões pesados	0,986	7,146	0,336	0,139
		Ônibus	Ônibus rodoviários	1,122	8,131	0,383	0,158
			Ônibus urbanos	1,478	10,713	0,504	0,209
			Micro-ônibus	1,546	4,761	0,201	0,109
		Comerciais leves/ Automóveis	0,277	2,516	0,085	0,071	0,017
2004-2005	P4	Caminhões	Caminhões semileves	0,360	2,280	0,100	0,042
			Caminhões leves	0,580	3,720	0,160	0,069
			Caminhões médios	0,580	3,720	0,160	0,069
			Caminhões semipesados	0,940	6,000	0,250	0,111
			Caminhões pesados	0,940	6,000	0,250	0,111
		Ônibus	Ônibus rodoviários	1,070	6,830	0,290	0,126
			Ônibus urbanos	1,410	9,000	0,380	0,166
			Micro-ônibus	1,546	4,761	0,201	0,109
		Comerciais leves/ Automóveis	0,499	2,018	0,088	0,054	0,013

Ano/ modelo	Fase PROCONVE	Categoria	CO	NO _x	NMHC	MP _{comb}	CH ₄	
2006-2007	P4	Caminhões	Caminhões semileves	0,563	1,890	0,116	0,044	0,060
			Caminhões leves	0,793	3,464	0,228	0,069	
			Caminhões médios	0,789	3,106	0,127	0,067	
			Caminhões semipesados	1,004	5,292	0,247	0,103	
			Caminhões pesados	0,808	5,209	0,218	0,094	
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,974	5,622	0,254	0,103	
			Ônibus urbanos	1,801	8,205	0,351	0,163	
			Micro-ônibus	1,546	4,761	0,201	0,109	
		Comerciais leves/ Automóveis	0,616	1,827	0,128	0,042	0,014	
2008	P5	Caminhões	Caminhões semileves	0,361	1,717	0,071	0,040	0,060
			Caminhões leves	0,685	3,072	0,124	0,062	
			Caminhões médios	0,494	2,921	0,075	0,054	
			Caminhões semipesados	1,030	4,920	0,104	0,089	
			Caminhões pesados	0,713	5,397	0,149	0,085	
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,718	5,674	0,117	0,092	
			Ônibus urbanos	2,164	8,607	0,330	0,158	
			Micro-ônibus	0,836	4,508	0,077	0,085	
		Comerciais leves/ Automóveis	0,658	1,738	0,113	0,044	0,017	
2009	P5	Caminhões	Caminhões semileves	0,381	1,685	0,069	0,029	0,060
			Caminhões leves	0,647	3,060	0,116	0,054	
			Caminhões médios	0,499	2,980	0,077	0,058	
			Caminhões semipesados	0,936	5,018	0,085	0,085	
			Caminhões pesados	0,906	5,349	0,117	0,080	
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,595	5,669	0,134	0,084	
			Ônibus urbanos	1,842	8,262	0,291	0,146	
			Micro-ônibus	0,783	4,743	0,082	0,082	
		Comerciais leves/ Automóveis	0,517	1,660	0,096	0,037	0,015	
2010	P5	Caminhões	Caminhões semileves	0,401	1,730	0,086	0,032	0,060
			Caminhões leves	0,489	2,977	0,088	0,048	
			Caminhões médios	0,503	2,792	0,041	0,052	
			Caminhões semipesados	0,886	5,036	0,128	0,096	
			Caminhões pesados	0,643	5,312	0,168	0,066	
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,668	5,448	0,180	0,093	
			Ônibus urbanos	1,827	8,380	0,307	0,151	
			Micro-ônibus	1,188	4,738	0,143	0,082	
		Comerciais leves/ Automóveis	0,751	1,955	0,137	0,044	0,021	
2011	P5	Caminhões	Caminhões semileves	0,369	1,686	0,061	0,036	0,060
			Caminhões leves	0,499	2,972	0,086	0,048	
			Caminhões médios	0,515	3,066	0,114	0,057	
			Caminhões semipesados	1,007	4,782	0,099	0,085	
			Caminhões pesados	0,789	5,188	0,157	0,071	
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,704	5,474	0,160	0,085	
			Ônibus urbanos	1,672	8,471	0,212	0,150	
			Micro-ônibus	1,188	4,871	0,137	0,095	
		Comerciais leves/ Automóveis	0,496	1,464	0,093	0,033	0,014	
2012	L5/P7	Caminhões	Caminhões semileves	0,005	0,513	0,005	0,003	0,060
			Caminhões leves	0,128	1,090	0,010	0,007	
			Caminhões médios	0,141	1,052	0,007	0,007	
			Caminhões semipesados	0,136	1,620	0,016	0,015	
			Caminhões pesados	0,256	1,590	0,030	0,015	
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,344	1,695	0,033	0,016	
			Ônibus urbanos	0,626	2,810	0,018	0,020	
			Micro-ônibus	0,153	1,448	0,039	0,015	
		Comerciais leves/ Automóveis	0,050	0,311	0,017	0,018	0,012	

Ano/ modelo	Fase PROCONVE	Categoria	CO	NO _x	NMHC	MP _{comb}	CH ₄
2013	L6/P7	Caminhões	Caminhões semileves	0,011	0,484	0,005	0,003
			Caminhões leves	0,116	0,957	0,007	0,008
			Caminhões médios	0,087	1,086	0,010	0,009
			Caminhões semipesados	0,106	1,602	0,017	0,016
			Caminhões pesados	0,281	1,542	0,029	0,016
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,400	1,702	0,046	0,017
			Ônibus urbanos	0,528	2,683	0,018	0,021
			Micro-ônibus	0,128	1,211	0,031	0,011
		Comerciais leves/ Automóveis		0,075	0,276	0,014	0,015
							0,014
2014	L6/P7	Caminhões	Caminhões semileves	0,011	0,484	0,005	0,003
			Caminhões leves	0,116	0,957	0,007	0,008
			Caminhões médios	0,087	1,086	0,010	0,009
			Caminhões semipesados	0,106	1,602	0,017	0,016
			Caminhões pesados	0,281	1,542	0,029	0,016
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,400	1,702	0,046	0,017
			Ônibus urbanos	0,528	2,683	0,018	0,021
			Micro-ônibus	0,128	1,211	0,031	0,011
		Comerciais leves/ Automóveis		0,080	0,276	0,010	0,015
							0,013
2015	L6/P7	Caminhões	Caminhões semileves	0,044	0,528	0,007	0,004
			Caminhões leves	0,200	0,993	0,009	0,009
			Caminhões médios	0,091	0,986	0,009	0,009
			Caminhões semipesados	0,111	1,602	0,019	0,016
			Caminhões pesados	0,275	1,633	0,029	0,016
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,363	1,639	0,028	0,017
			Ônibus urbanos	0,530	2,710	0,021	0,024
			Micro-ônibus	0,085	1,385	0,026	0,010
		Comerciais leves/ Automóveis		0,051	0,282	0,008	0,018
							0,012
2016	L6/P7	Caminhões	Caminhões semileves	0,036	0,515	0,008	0,003
			Caminhões leves	0,172	0,994	0,012	0,008
			Caminhões médios	0,091	0,975	0,005	0,009
			Caminhões semipesados	0,124	1,469	0,011	0,014
			Caminhões pesados	0,292	1,690	0,033	0,016
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,352	1,832	0,028	0,016
			Ônibus urbanos	0,566	2,873	0,016	0,021
			Micro-ônibus	0,072	1,303	0,012	0,010
		Comerciais leves/ Automóveis		0,043	0,281	0,012	0,012
							0,012
2017	L6/P7	Caminhões	Caminhões semileves	0,030	0,484	0,004	0,003
			Caminhões leves	0,214	0,942	0,008	0,008
			Caminhões médios	0,102	0,906	0,012	0,008
			Caminhões semipesados	0,080	1,652	0,022	0,014
			Caminhões pesados	0,233	1,630	0,025	0,014
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,351	1,525	0,028	0,017
			Ônibus urbanos	0,462	2,645	0,024	0,021
			Micro-ônibus	0,081	1,362	0,009	0,008
		Comerciais leves/ Automóveis		0,042	0,275	0,010	0,014
							0,010
2018	L6/P7	Caminhões	Caminhões semileves	0,024	0,484	0,003	0,002
			Caminhões leves	0,230	0,875	0,009	0,009
			Caminhões médios	0,208	0,849	0,009	0,007
			Caminhões semipesados	0,099	1,593	0,017	0,014
			Caminhões pesados	0,289	1,598	0,023	0,014
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,374	1,678	0,028	0,018
			Ônibus urbanos	0,538	2,021	0,010	0,022
			Micro-ônibus	0,122	1,421	0,008	0,008
		Comerciais leves/ Automóveis		0,045	0,253	0,008	0,012
							0,011

Ano/ modelo	Fase PROCONVE	Categoria	CO	NO _x	NMHC	MP _{comb}	CH ₄
2019	L6/P7	Caminhões	Caminhões semileves	0,015	0,512	0,003	0,002
			Caminhões leves	0,276	1,001	0,006	0,009
			Caminhões médios	0,203	0,829	0,009	0,008
			Caminhões semipesados	0,120	1,662	0,021	0,015
			Caminhões pesados	0,186	1,462	0,013	0,013
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,250	1,544	0,019	0,014
			Ônibus urbanos	0,434	2,610	0,023	0,023
			Micro-ônibus	0,154	1,472	0,008	0,008
		Comerciais leves/ Automóveis		0,035	0,248	0,008	0,014
							0,010
2020	L6/P7	Caminhões	Caminhões semileves	0,021	0,719	0,003	0,001
			Caminhões leves	0,157	1,194	0,012	0,008
			Caminhões médios	0,141	0,945	0,016	0,008
			Caminhões semipesados	0,139	1,759	0,025	0,017
			Caminhões pesados	0,191	1,648	0,013	0,014
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,158	1,439	0,005	0,015
			Ônibus urbanos	0,393	2,634	0,039	0,024
			Micro-ônibus	0,143	1,325	0,015	0,009
		Comerciais leves/ Automóveis		0,032	0,221	0,008	0,009
							0,017
2021	L6/P7	Caminhões	Caminhões semileves	0,013	0,606	0,002	0,001
			Caminhões leves	0,168	1,100	0,013	0,007
			Caminhões médios	0,155	1,007	0,018	0,009
			Caminhões semipesados	0,143	1,719	0,027	0,017
			Caminhões pesados	0,193	1,571	0,016	0,012
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,158	1,439	0,005	0,015
			Ônibus urbanos	0,472	2,687	0,033	0,025
			Micro-ônibus	0,196	1,526	0,013	0,007
		Comerciais leves/ Automóveis		0,037	0,225	0,012	0,010
							0,015
2022	L7/P7/P8	Caminhões	Caminhões semileves	0,007	0,599	0,002	0,001
			Caminhões leves	0,265	0,906	0,010	0,009
			Caminhões médios	0,178	0,890	0,020	0,008
			Caminhões semipesados	0,152	1,694	0,029	0,017
			Caminhões pesados	0,195	1,508	0,017	0,013
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,263	1,773	0,011	0,013
			Ônibus urbanos	0,435	2,581	0,043	0,028
			Micro-ônibus	0,248	1,624	0,018	0,010
		Comerciais leves/ Automóveis		0,016	0,179	0,004	0,002
							0,008
2023	L7/P7/P8	Caminhões	Caminhões semileves	0,013	0,354	0,002	0,000
			Caminhões leves	0,023	0,162	0,017	0,002
			Caminhões médios	0,012	0,129	0,016	0,001
			Caminhões semipesados	0,038	0,132	0,024	0,003
			Caminhões pesados	0,020	0,135	0,019	0,003
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,099	0,034	0,030	0,003
			Ônibus urbanos	0,099	0,244	0,043	0,005
			Micro-ônibus	0,039	0,748	0,017	0,002
		Comerciais leves/ Automóveis		0,017	0,141	0,003	0,001
							0,007
2024	L7/L8/P8	Caminhões	Caminhões semileves	0,018	0,036	0,003	0,001
			Caminhões leves	0,032	0,068	0,020	0,002
			Caminhões médios	0,004	0,172	0,020	0,002
			Caminhões semipesados	0,031	0,083	0,018	0,003
			Caminhões pesados	0,017	0,141	0,014	0,003
		Ônibus	Ônibus rodoviários	0,049	0,028	0,025	0,003
			Ônibus urbanos	0,070	0,199	0,034	0,005
			Micro-ônibus	0,027	0,236	0,033	0,003
		Comerciais leves/ Automóveis		0,015	0,124	0,003	0,001
							0,007

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

4.4. Desgaste de pista, pneus e freios

Além das emissões provenientes do escapamento veicular, o material particulado (MP) — incluindo o carbono negro (BC) — também é emitido a partir do desgaste de pistas, pneus e freios. Os fatores de emissão de MP devido a esses processos são apresentados na Tabela 18 conforme dados disponíveis no Guia Europeu para Inventário de Emissões (EMEP/EEA, 2025c).

Tabela 18 - Fatores de emissão de MP por desgaste de pneus, freios e pistas

Categoria	MP₁₀ Desgaste de Pneus e Freios (g/km)	MP₁₀ Desgaste de Pista (g/km)
Motocicletas	0,006	0,003
Automóveis	0,014	0,008
Comerciais Leves	0,022	0,008
Caminhões Semileves	0,590	0,038
Caminhões Leves	0,590	0,038
Caminhões Médios	0,590	0,038
Caminhões Semipesados	0,590	0,038
Caminhões Pesados	0,590	0,038
Ônibus Rodoviários	0,590	0,038
Ônibus Urbano / Micro-ônibus	0,590	0,038

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da EMEP/EEA (2025c).

O cálculo das emissões foi realizado conforme a Equação 2.1. Por se tratarem de fatores de emissão representativos de condições europeias, esses valores podem não refletir integralmente a realidade brasileira, em razão das diferenças na qualidade da pavimentação, nos materiais empregados em pneus e freios e nas condições de tráfego. Apesar dessas limitações, os resultados obtidos evidenciam a relevância de considerar essas fontes de emissão de MP nos inventários nacionais.

A partir desses cálculos, também foi possível estimar a fração de material particulado (MP) correspondente ao carbono negro presente na composição de pneus e superfícies viárias. Para fins de consistência e harmonização metodológica neste Inventário, esse material foi incluído na categoria Black Carbon (BC), aplicando-se a mesma abordagem utilizada para estimar as emissões de BC provenientes do escapamento veicular, conforme o guia europeu⁴ (EMEP/EEA, 2025c).

Na Tabela 19 apresenta os valores de f-BC indicados no guia europeu. Cabe destacar que, embora o material derivado do desgaste de pneus, freios e pavimentos tenha sido agregado à categoria BC para fins de apresentação, essas partículas podem também ser classificadas como Carbon Black (CB) ou carbono elementar (EC), uma vez que apresentam características físicas e químicas distintas (KIM, Jisue et al., 2022).

⁴ No guia europeu (EMEP/EEA, 2025c), é apresentada a seguinte orientação: "Para efeitos deste guia, assume-se que os fatores de emissão de carbono negro (BC) são iguais aos do carbono elementar (EC)."

Tabela 19 - Frações de carbono negro (BC) por desgaste de freios e pneus, por tipo de veículo

Categoria	f-BC proveniente do desgaste de freios/pneus
Motocicletas	0,12
Automóveis	0,1
Comerciais leves	0,1
Caminhões	0,1

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da EMEP/EEA (2025c).

5. Intensidade de Uso

5.1 Equações Gerais

Já nas conclusões do 1º Inventário havia sido destacada a carência de informações referentes à intensidade de uso da frota circulante no país, em função tanto do baixo número de estudos e pesquisas disponíveis, quanto da limitação da baixa à sua no que se refere à composição da frota e/ou sua abrangência. No 2º Inventário, essa limitação foi parcialmente superada, mas ainda permanecem incertezas relevantes.

Os dados de intensidade de uso continuam a ser aqueles que mais apresentam incerteza no INEAVAR. Em especial, as inovações como o advento dos veículos elétricos e o transporte por aplicativos (de pessoas e delivery), não são particularmente caracterizadas neste estudo, o que impõe limitações na análise e na precisão dos resultados. Buscando contornar este problema, o INEAVAR continua adotando o procedimento de ajuste da intensidade de uso dos veículos, ano-calendário a ano-calendário, com base nos dados de consumo de combustível rodoviário reportados no Balanço Energético Nacional (EPE, 2025). A metodologia de tal ajuste é a mesma apresentada nas edições anteriores do INEAVAR.

A partir de valores de intensidade de uso de referência (km/ano) e de autonomia (km/L), estimou-se o consumo de combustível de cada categoria de veículos e seus respectivos ano-modelo, aplicando-se a Equação 5.1.a.

$$C_{i, \text{estimado}} = Fr_i \times lu_{i, \text{referência}} \div QL_i \dots \text{(Equação 5.1.a)}$$

Onde:

- **$C_{i, \text{estimado}}$** é o consumo anual de combustível do veículo do tipo i (L/ano);
- **Fr_i** é a frota em circulação no ano do veículo do tipo i (número de veículos);
- **$lu_{i, \text{referência}}$** é a intensidade de uso de referência do veículo do tipo i, expressa em termos de quilometragem anual percorrida (km/ano);
- **QL_i** é a quilometragem por litro de combustível do veículo do tipo i (km/L).

A partir da soma do consumo de combustível das várias categorias, estimou-se o consumo total de cada combustível (Equação 5.1.b). Esse consumo estimado é, então, comparado com aquele observado para todo o setor rodoviário — informação presente no BEN.

A razão entre o consumo estimado e o consumo observado gera um fator de correção necessário ao ajuste dos valores de intensidade de uso e, a partir destes novos valores, são calculados os valores ajustados de consumo de combustível para cada tipo de veículo (Equação 5.1.b e Equação 5.1.c) e suas respectivas emissões (Equação 5.1.a).

$$C_{\text{estimado}} = \sum C_{i, \text{estimado}} \dots \text{(Equação 5.1.a)}$$

Onde:

- C_{estimado} é o consumo anual total de um tipo de combustível (de todas as categorias de veículos), estimado a partir dos valores de intensidade de uso de referência (L/ano);

$$lu_{i, \text{ajustada}} = lu_{i, \text{referência}} \times C_{\text{observado}} / C_{\text{estimado}} \dots \text{(Equação 5.1.b)}$$

Onde:

- $lu_{i, \text{ajustada}}$ é a intensidade de uso anual ajustada do veículo do tipo, expressa em termos de quilometragem anual percorrida (km/ano);
- $C_{\text{observado}}$ é o consumo anual total de um tipo de combustível (de todas as categorias de veículos), apresentado no BEN (L/ano).

$$C_{i, \text{ajustado}} = Fr_i \times lu_{i, \text{ajustado}} / Ql_i \dots \text{(Equação 5.1.c)}$$

Onde:

- $C_{i, \text{ajustado}}$ é o consumo anual de combustível do veículo do tipo i , calculado a partir do seu valor de intensidade de uso de referência (L/ano).

Os procedimentos descritos anteriormente são realizados para cada tipo de combustível (exceto GNV, que, como visto na Seção 4.1.2, tem suas emissões estimadas a partir de uma metodologia *top-down*).

A partir da introdução dos veículos *flex fuel* em 2003, e de sua rápida penetração no mercado de veículos novos, tornou-se necessário conhecer em que proporção os mesmos estão utilizando etanol hidratado ou gasolina C. Em termos concretos, a frota de veículos *flex fuel* deve ser desagregada entre aquela que opta por utilizar gasolina C e aquela que opta pelo etanol hidratado.

Para estimar qual fração da frota *flex fuel* opta por gasolina C ou etanol hidratado, foi proposto um ajuste que leva em conta a intensidade de uso. Partindo da premissa de que, independentemente do combustível escolhido, a distância percorrida pelos veículos será a mesma, tomou-se como restrição a igualdade entre os fatores de correção do combustível ($C_{\text{observado}}/C_{\text{estimado}}$) para gasolina C e etanol hidratado. A fração de veículos que optou por um dos combustíveis foi ajustada, de modo iterativo, até que os fatores de correção se tornassem iguais para cada ano-calendário. A Tabela 20 apresenta os resultados do ajuste empregado.

Tabela 20 - Frações da frota de veículos *flex fuel* que opta por cada combustível, para cada ano-calendário

Anos calendário	Frações da frota usando gasolina C	Frações da frota usando etanol hidratado
2003	15%	85%
2004	15%	85%
2005	16%	84%
2006	17%	83%
2007	17%	83%
2008	18%	82%
2009	27%	73%
2010	46%	54%
2011	67%	33%
2012	74%	26%
2013	73%	27%
2014	75%	25%
2015	66%	34%
2016	73%	27%
2017	76%	24%
2018	65%	35%
2019	62%	38%
2020	66%	34%
2021	72%	28%
2022	75%	25%
2023	75%	25%
2024	68%	32%

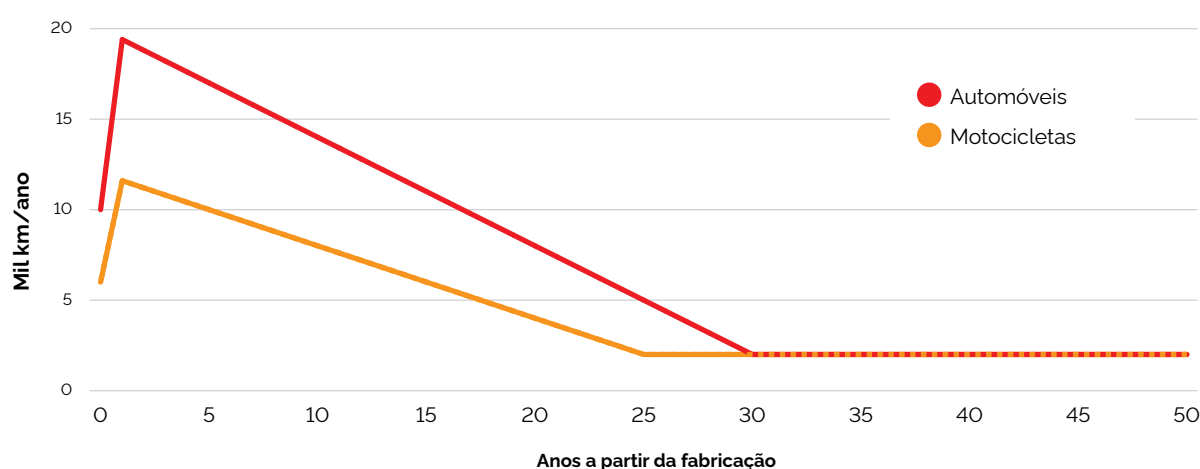
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Valores de referência para a intensidade de uso de veículos

5.2.1 Automóveis, veículos comerciais leves do ciclo Otto e motocicletas

No que diz respeito às curvas que relacionam a idade com intensidade de uso, tanto de veículos leves quanto de motocicletas, foram mantidas as dos inventários anteriores. Assim, o Gráfico 11 mostra as curvas de referência para veículos do ciclo Otto, e que têm seus valores tabelados no Anexo C.

Gráfico 11 - Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Otto



Fonte: Elaborado pelo autor com base dos dados do MMA (2014).

5.2.2 Veículos do ciclo Diesel

Os valores de referência para a intensidade de uso dos veículos do ciclo Diesel, mantidos em relação ao inventário anterior, foram obtidos por meio da pesquisa realizada pela CNT — Confederação Nacional do Transporte — junto às federações estaduais, aproveitando a infraestrutura e capilaridade de seu Programa DESPOLUIR. Nesse levantamento, a CNT aplicou questionários a motoristas autônomos e de transportadoras para saber, entre outras coisas, qual a quilometragem média percorrida mensal e anualmente em diferentes categorias de veículos.

Em virtude do Programa DESPOLUIR ter a característica de atender mais facilmente os veículos com rotas interestaduais, pode-se observar, na Tabela 20, que os veículos pesados e semipe-sados representaram cerca de 58% da amostra, indicando maior incerteza sobre a intensidade de uso dos veículos de menor capacidade.

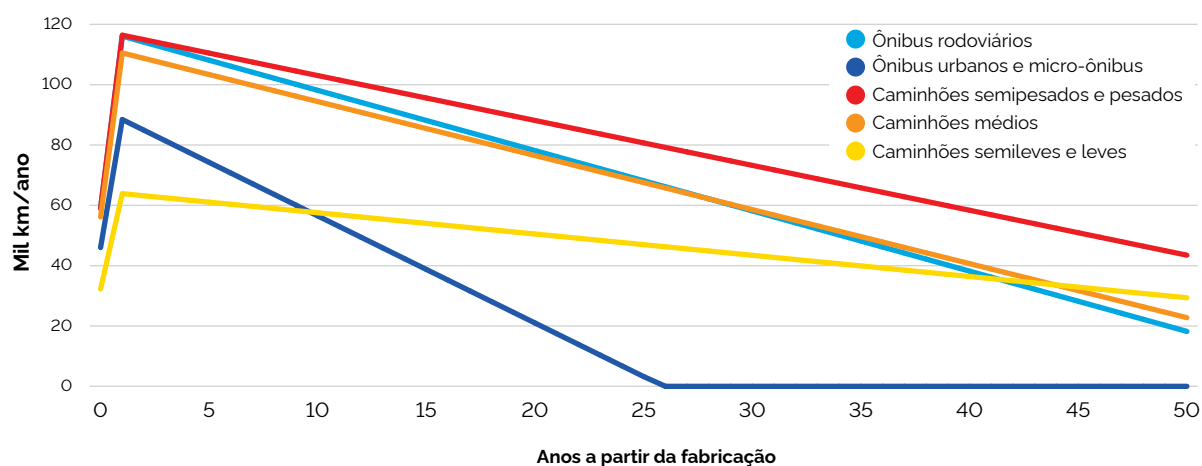
As curvas de intensidade de uso para as diferentes categorias de veículos do ciclo Diesel estão apresentadas no Gráfico 12, devendo-se ressaltar que foi adotada a mesma curva para ônibus urbanos e micro-ônibus.

Tabela 21 - Amostragem realizada na pesquisa de intensidade de uso pela CNT, para cada categoria de veículo diesel

Semileve	Leve	Médio	Semi-pesado	Pesado	Ônibus urbano	Ônibus rodoviário
68	187	108	360	346	138	82

Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 12 - Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Diesel



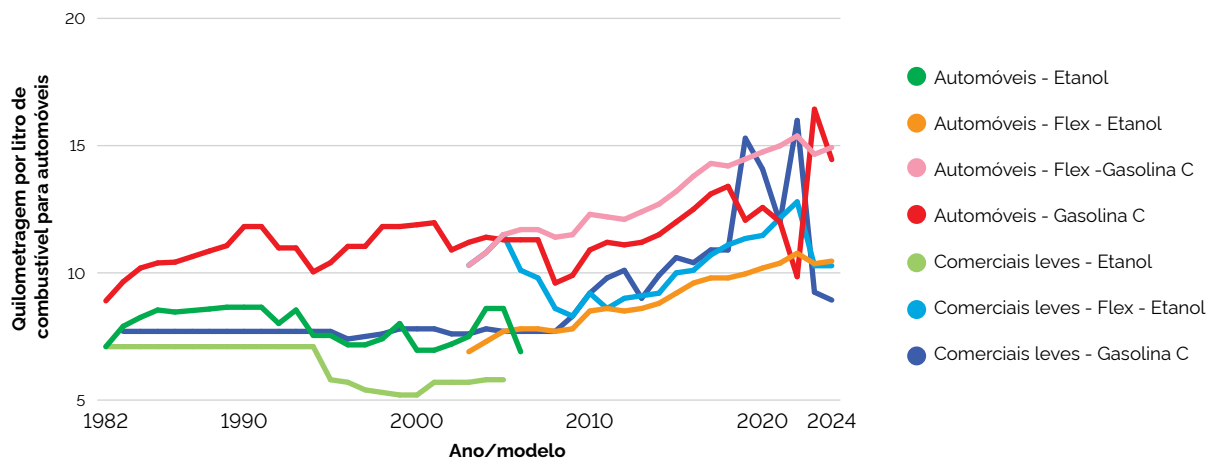
Fonte: Elaborado pelo autor com base dos dados do MMA (2014).

5.3 Quilometragem por litro de combustível (km/L)

5.3.1 Automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto

A fonte de informação para quilometragem por litro são os fatores que compõem o Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo, (CETESB, 2025). Os dados são apresentados como valores médios de quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves fabricados entre 2002 e 2012, utilizando gasolina C ou etanol hidratado, no ciclo de condução urbano. Tais valores têm sua origem nos Relatórios de Valores de Emissão da Produção (RVEP)⁵.

Gráfico 13 - Quilometragem por litro de combustível para automóveis



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 22 - Quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto (km/L)

Ano de fabricação	Categoria	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex fuel	
				Gasolina C	Etanol Hidratado
Até 1982	Automóveis	8,90	7,10	-	-
Até 1983	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
1983	Automóveis	9,65	7,90	-	-
1984	Automóveis	10,19	8,25	-	-
	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
1985	Automóveis	10,39	8,54	-	-
	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
1986	Automóveis	10,42	8,46	-	-
	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
1987	Automóveis	10,64	8,52	-	-
	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-

⁵ As Resoluções CONAMA nº 18, de 1986, e nº 229, de 2001, obrigam os fabricantes ou importadores de veículos a apresentarem semestralmente ao órgão ambiental competente o Relatório de Valores de Emissão da Produção (RVEP), contendo os valores típicos de emissão de poluentes das diferentes configurações de veículos em produção ou importados, assim como os critérios usados para a obtenção e produção desses valores. Embora não seja obrigatório, alguns fabricantes e importadores informam os valores de quilometragem por litro de combustível dos seus veículos (e/ou informam fatores de emissão de CO₂, a partir dos quais se pode calcular a quilometragem por litro de combustível por balanço de carbono).

Ano de fabricação	Categoria	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex fuel	
				Gasolina C	Etanol Hidratado
1988	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
	Automóveis	10,86	8,58	-	-
1989	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
	Automóveis	11,07	8,65	-	-
1990	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
	Automóveis	11,82	8,65	-	-
1991	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
	Automóveis	11,82	8,65	-	-
1992	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
	Automóveis	10,98	8,01	-	-
1993	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
	Automóveis	10,98	8,54	-	-
1994	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
	Automóveis	10,04	7,54	-	-
1995	Comerciais leves	7,70	7,10	-	-
	Automóveis	10,40	7,54	-	-
1996	Comerciais leves	7,40	5,80	-	-
	Automóveis	11,04	7,17	-	-
1997	Comerciais leves	7,50	5,70	-	-
	Automóveis	11,04	7,17	-	-
1998	Automóveis	11,82	7,41	-	-
	Comerciais leves	7,60	5,40	-	-
1999	Automóveis	11,82	8,01	-	-
	Comerciais leves	7,80	5,30	-	-
2000	Automóveis	11,89	6,96	-	-
	Comerciais leves	7,80	5,20	-	-
2001	Automóveis	11,97	6,96	-	-
	Comerciais leves	7,80	5,20	-	-
2002	Automóveis	10,90	7,20	-	-
	Comerciais leves	7,60	5,70	-	-
2003	Automóveis	11,20	7,50	10,30	6,90
	Comerciais leves	7,60	5,70	10,30	6,90
2004	Automóveis	11,40	8,60	10,80	7,30
	Comerciais leves	7,80	5,70	10,80	7,30
2005	Automóveis	11,30	8,60	11,50	7,70
	Comerciais leves	7,70	5,80	11,50	7,70
2006	Automóveis	11,30	6,90	11,70	7,80
	Comerciais leves	7,70	5,80	10,10	7,10
2007	Automóveis	11,30	-	11,70	7,80
	Comerciais leves	7,70	-	9,80	7,10
2008	Automóveis	9,60	-	11,40	7,70
	Comerciais leves	7,70	-	8,60	6,10
2009	Automóveis	9,90	-	11,50	7,80
	Comerciais leves	8,30	-	8,30	7,00
2010	Automóveis	10,90	-	12,30	8,50
	Comerciais leves	9,20	-	9,20	6,70

Ano de fabricação	Categoria	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex fuel	
				Gasolina C	Etanol Hidratado
2011	Automóveis	11,20	-	12,20	8,60
	Comerciais leves	9,80	-	8,60	6,20
2012	Automóveis	11,10	-	12,10	8,50
	Comerciais leves	10,10	-	9,00	6,20
2013	Automóveis	11,20	-	12,40	8,60
	Comerciais leves	9,00	-	9,10	6,30
2014	Automóveis	11,50	-	12,70	8,80
	Comerciais leves	9,90	-	9,20	6,30
2015	Automóveis	12,00	-	13,20	9,20
	Comerciais leves	10,60	-	10,00	6,80
2016	Automóveis	12,50	-	13,80	9,60
	Comerciais leves	10,40	-	10,10	6,70
2017	Automóveis	13,10	-	14,30	9,80
	Comerciais leves	10,90	-	10,70	7,40
2018	Automóveis	13,40	-	14,20	9,80
	Comerciais leves	10,90	-	11,10	7,80
2019	Automóveis	12,07	-	14,47	9,96
	Comerciais leves	15,29	-	11,35	7,55
2020	Automóveis	12,57	-	14,75	10,19
	Comerciais leves	14,07	-	11,47	7,99
2021	Automóveis	12,01	-	14,99	10,38
	Comerciais leves	11,98	-	12,15	9,36
2022	Automóveis	9,85	-	15,38	10,77
	Comerciais leves	15,99	-	12,79	9,23
2023	Automóveis	16,43	-	14,66	10,36
	Comerciais leves	9,24	-	10,28	7,45
2024	Automóveis	14,45	-	14,93	10,46
	Comerciais leves	8,93	-	10,28	7,45

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

5.3.2 Motocicletas

Segundo os fatores disponibilizados pela CETESB (2025), é possível encontrar as quilometragens por litro para motocicletas movidas a gasolina C ou flex, de acordo com a cilindrada. A partir desses valores, foi feita a média ponderada pela distribuição de cilindradas das motocicletas vendidas, disponível nos relatórios da ABRACICLO. Assumiu-se que a quilometragem por litro daquelas produzidas em 2003, foi a mesma para anos anteriores. Os valores por ano e por tipo de combustível podem ser analisados na Tabela 23.

Tabela 23 - Quilometragem por litro de combustível para motocicletas (km/L)

Ano de fabricação	Gasolina C	Flex fuel	
		Gasolina C	Etanol Hidratado
Até 2002	49,56	-	-
2003	49,56	-	-
2004	45,46	-	-
2005	49,90	-	-
2006	40,49	-	-
2007	36,07	-	-
2008	39,30	-	-
2009	35,09	41,68	26,81
2010	40,89	41,68	26,81
2011	38,54	42,84	28,01
2012	37,80	43,20	29,30
2013	40,90	42,50	29,40
2014	40,90	42,50	29,40
2015	44,24	47,20	32,50
2016	45,20	45,70	31,20
2017	57,10	51,90	35,80
2018	58,50	51,50	35,60
2019	55,93	53,92	36,39
2020	50,92	50,80	35,40
2021	53,44	52,84	35,98
2022	57,09	57,48	38,37
2023	56,41	52,34	35,49
2024	55,97	51,40	35,33

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

5.3.3 Veículos do ciclo Diesel

Nas Tabelas 24 e 25 são apresentados os valores de quilometragem por litro de combustível (km/L) para veículos pesados do ciclo Diesel e para comerciais leves/automóveis, adotados neste inventário com base nas informações disponibilizadas pela CETESB (2025).

Tabela 24 - Quilometragem por litro (km/L) de veículos pesados do ciclo Diesel

Ano/modelo	Categoria		Diesel
Até 1999	Caminhões	Caminhões semileves	9,10
		Caminhões leves	5,56
		Caminhões médios	5,60
		Caminhões semipesados	3,45
		Caminhões pesados	3,45
	Ônibus	Ônibus rodoviários	3,03
		Ônibus urbanos	2,30
		Micro-ônibus	3,40
2000-2005	Caminhões	Caminhões semileves	9,10
		Caminhões leves	5,56
		Caminhões médios	5,60
		Caminhões semipesados	3,45
		Caminhões pesados	3,45
	Ônibus	Ônibus rodoviários	3,00
		Ônibus urbanos	2,30
		Micro-ônibus	3,40
2006-2011	Caminhões	Caminhões semileves	9,09
		Caminhões leves	5,56
		Caminhões médios	5,56
		Caminhões semipesados	3,45
		Caminhões pesados	3,45
	Ônibus	Ônibus rodoviários	3,23
		Ônibus urbanos	2,10
		Micro-ônibus	3,40
2012-2024	Caminhões	Caminhões semileves	9,09
		Caminhões leves	5,56
		Caminhões médios	5,81
		Caminhões semipesados	3,61
		Caminhões pesados	3,61
	Ônibus	Ônibus rodoviários	3,38
		Ônibus urbanos	2,10
		Micro-ônibus	3,40

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

Tabela 25 - Quilometragem por litro (km/L) de comerciais leves/automóveis do ciclo Diesel

Ano/modelo	Comerciais Leves/Automóveis
Até 1999	9,09
2000-2009	9,09
2010	8,50
2011	10,00
2012	10,60
2013-2014	10,40
2015	10,60
2016-2017	10,80
2018	11,10
2019	11,27
2020	11,34
2021	11,47
2022	11,71
2023	11,30
2024	11,15

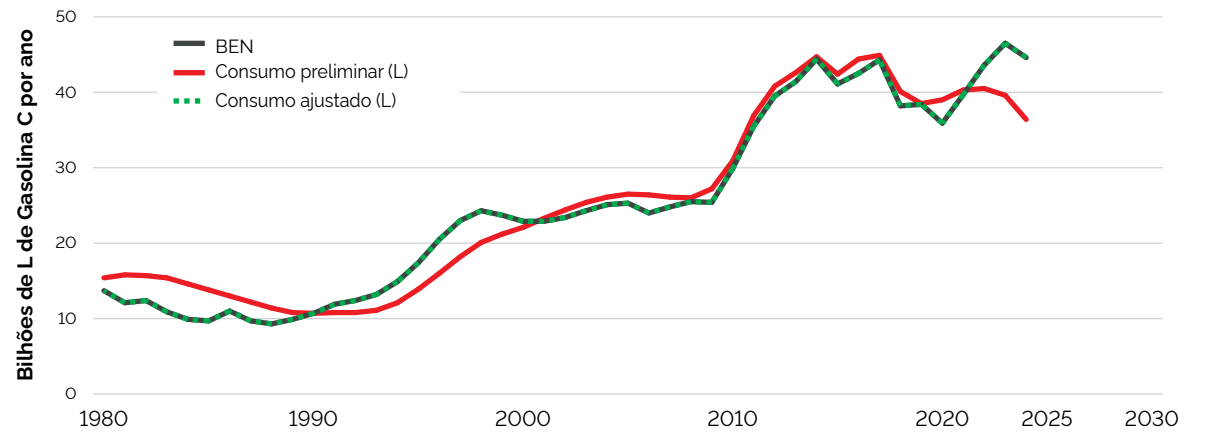
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da CETESB (2025).

5.4. Comparação entre consumo de combustível estimado e observado

Conforme visto na Seção 5.1, o consumo de combustível estimado a partir das Equações 5.1.b e 5.1.c foi ajustado com base no consumo de combustível publicado no Balanço Energético Nacional 2024 (EPE, 2025). Os Gráficos 14, 15 e 16 mostram as comparações entre os consumos estimados e observados para a gasolina C, para o etanol hidratado e para o diesel.

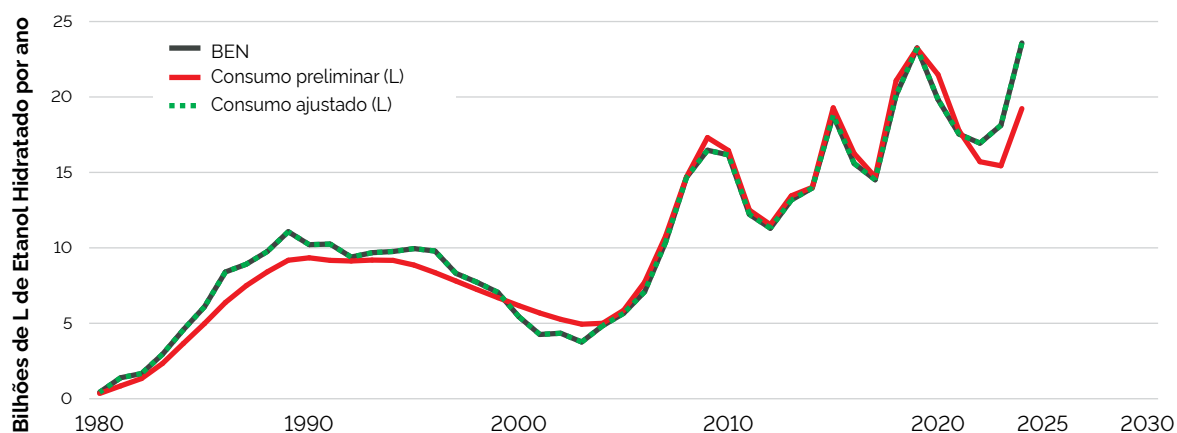
A revisão dos dados de vendas de caminhões e ônibus, descrita na seção 3.2.2.2, propiciou uma estimativa do consumo de óleo diesel rodoviário.

Gráfico 14 - Evolução do consumo nacional de gasolina no transporte rodoviário



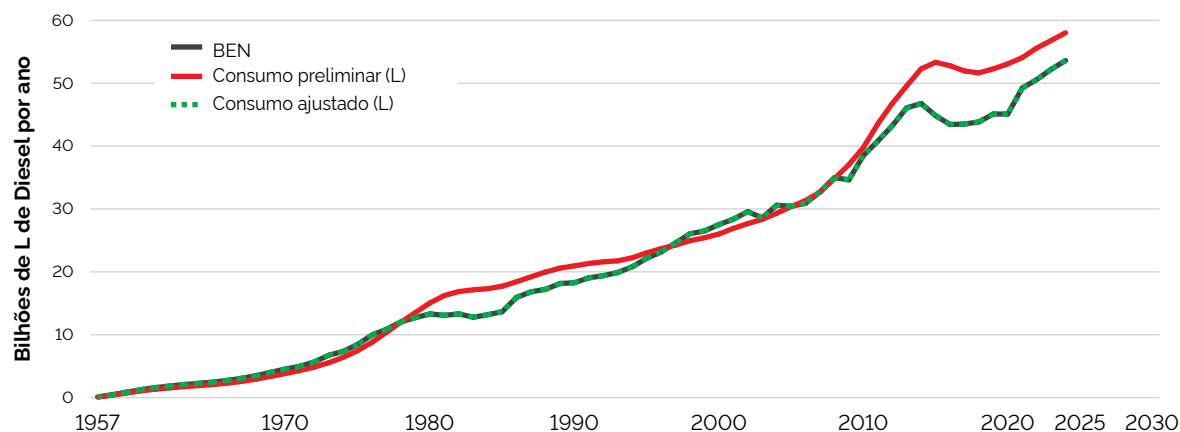
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da EPE (2025).

Gráfico 15 - Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da EPE (2025).

Gráfico 16 - Evolução do consumo nacional de diesel no transporte rodoviário

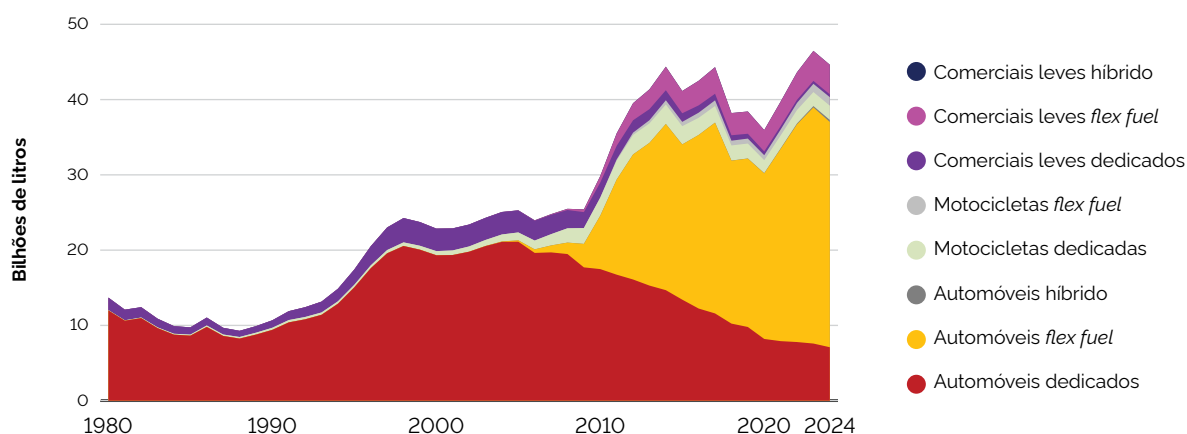


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da EPE (2025).

5.5 Consumo de combustível por categoria de veículos

Os Gráficos 17, 18 e 19 mostram, para gasolina C, etanol hidratado e diesel, o consumo de combustível por categoria de veículos. No caso da gasolina C, observa-se, desde 2009, um aumento do consumo em todas as categorias de veículos *flex fuel* (automóveis e comerciais leves), bem como nas motocicletas e comerciais leves dedicados. Entre os automóveis dedicados, observa-se uma redução do consumo, possivelmente associada ao sucateamento da frota, mas que ainda assim, em 2024, responderam por mais de 7 bilhões de litros. Já a frota de automóveis flex, por sua vez, apresentou aumento no consumo de gasolina nos últimos anos, chegando, em 2024, a cerca de 30 bilhões de litros consumidos.

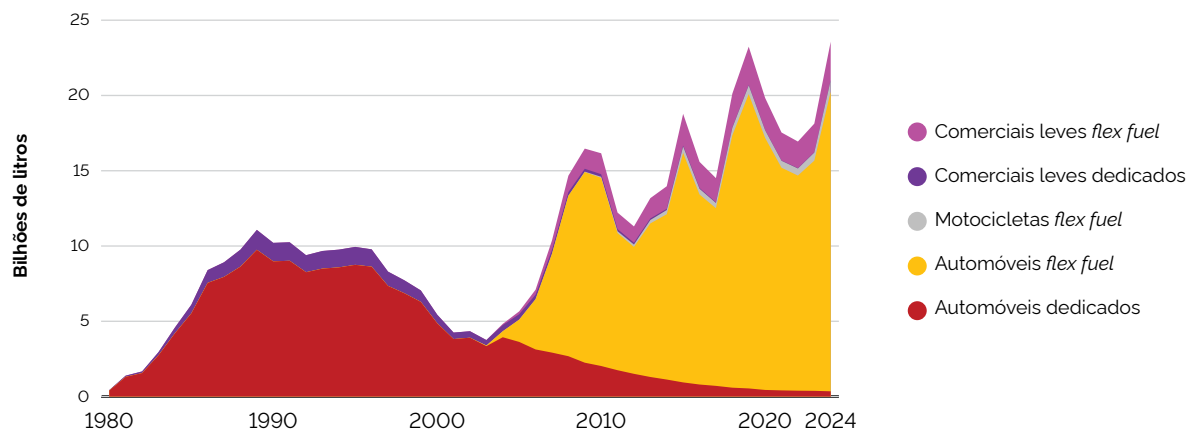
Gráfico 17 - Evolução do consumo nacional de gasolina C no transporte rodoviário por categoria de veículo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao consumo de etanol hidratado no transporte rodoviário, observa-se que, a partir de 2009, o consumo oscilou ao longo dos anos, refletindo, principalmente, a competitividade de preços entre gasolina C e etanol hidratado, e a disponibilidade do etanol no mercado. Em 2024, os automóveis flex, responsáveis pela maior parcela do consumo, responderam por cerca de 20 bilhões de litros (Gráfico 18).

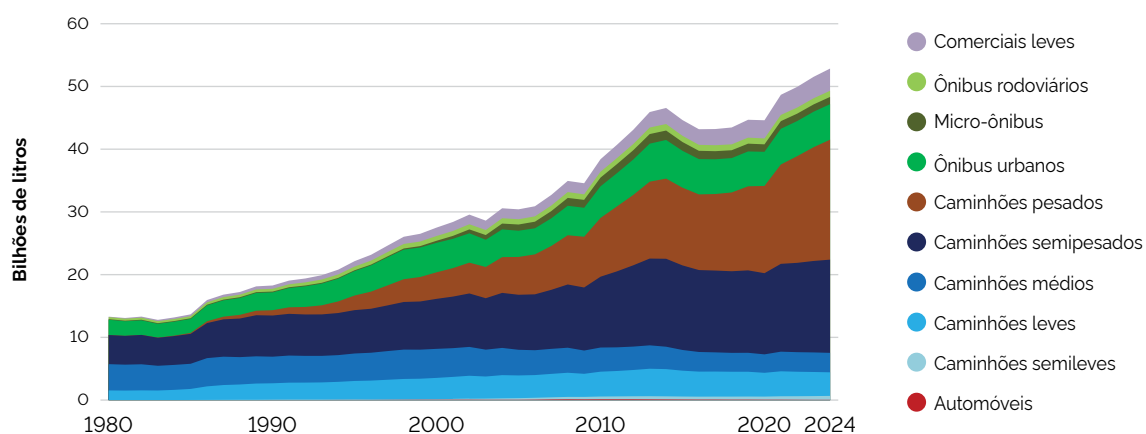
Gráfico 18 - Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário por categoria de veículo



Fonte: Elaborado pelo autor.

No caso do diesel (Gráfico 19), a maior parcela do consumo em 2024 concentrou-se nos caminhões pesados, semipesados e ônibus urbanos, com aproximadamente 19, 15 e 6 bilhões de litros consumidos, respectivamente.

Gráfico 19 - Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário por categoria de veículo



Fonte: Elaborado pelo autor.

6. Resultados

Os resultados do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2025 estão organizados de modo a permitir múltiplas análises das emissões inventariadas entre 1980 e o ano-base 2024.

Os gráficos apresentam as emissões de CO, NO_x, MP, RCHO, NMHC⁶, CH₄, N₂O e CO₂, por categoria de veículo, por combustível e por fase tecnológica definida pelo PROCONVE e pelo PROMOT. Além das representações gráficas no corpo principal do documento, o Anexo D apresenta as tabelas contendo os resultados numéricos das emissões, por categoria de veículos e combustível.

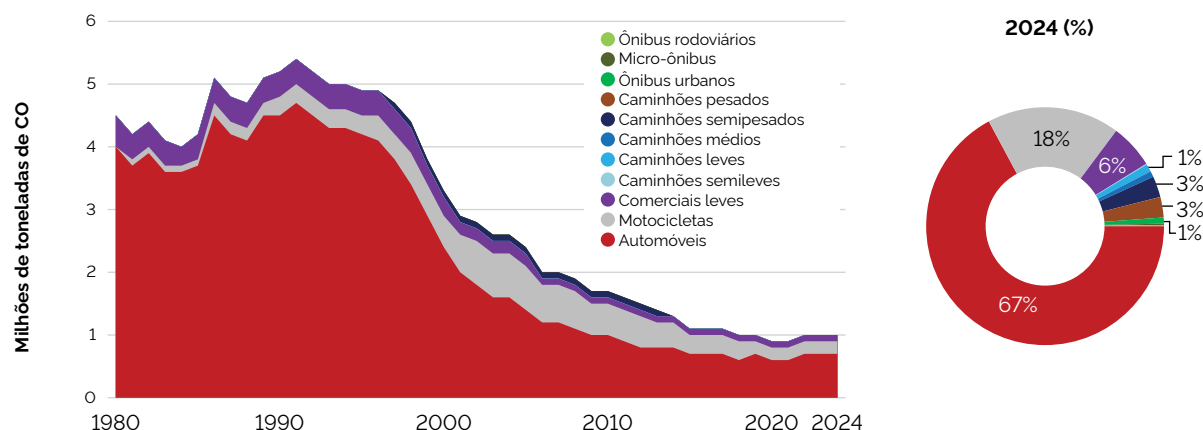
6.1 Emissões de monóxido de carbono (CO)

O Gráfico 6.1.a apresenta as emissões de CO por categoria de veículo. Observa-se uma acentuada queda nas emissões de CO a partir de 1991, passando de cerca de 5,5 milhões para 1 milhão de toneladas em 2024. Não por acaso, a redução nas emissões de CO é frequentemente citada como caso de sucesso nos programas de controle de poluição veicular, como o PROCONVE e o PROMOT. Entretanto, é possível observar uma estabilidade das emissões nos últimos anos.

O mesmo gráfico mostra a contribuição relativa das categorias de veículos em 2024, evidenciando que os veículos do ciclo Otto — automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas — foram responsáveis por aproximadamente 91% das emissões, com os automóveis representando 67% do total. Outras análises dos resultados podem ser realizadas correlacionando-os às diferentes fases tecnológicas introduzidas pelo PROCONVE e pelo PROMOT, conforme detalhado nos Gráficos 20 e 21 mais adiante.

6 NMHC = NMHCescap + NMHCevap (no caso de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado).

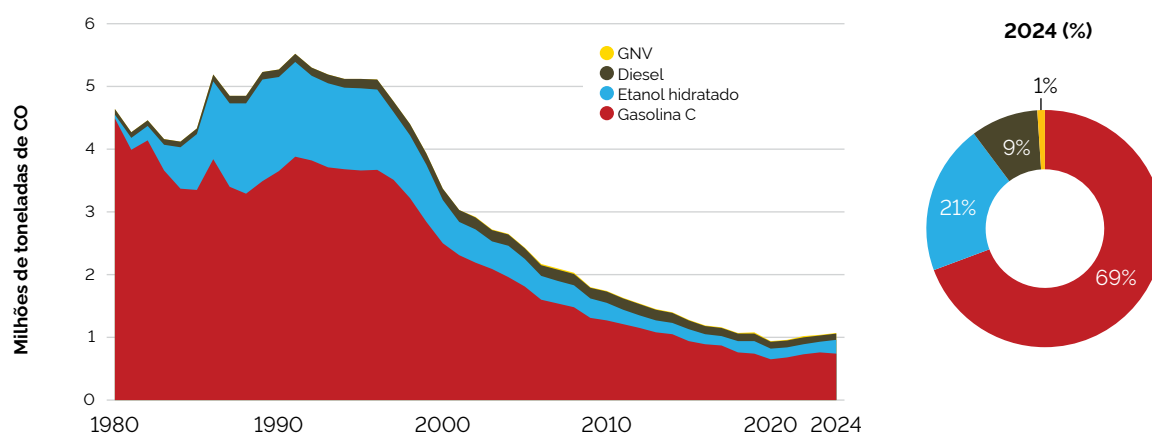
Gráfico 20 - Emissões de CO por categoria de veículo



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 21 apresenta as emissões de CO decorrentes do uso dos diferentes combustíveis. Observa-se que a gasolina C tem sido, historicamente, a principal responsável por essas emissões, representando, em 2024, cerca de 69% do total.

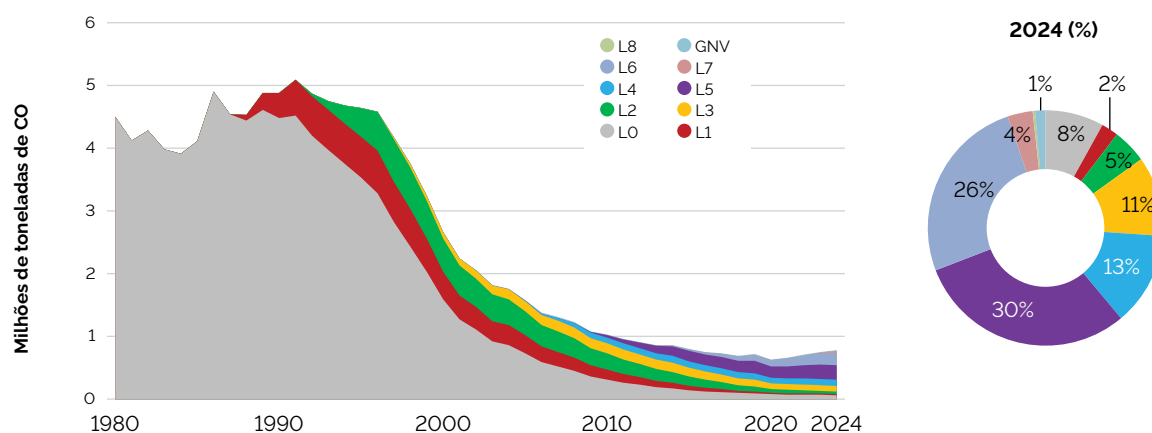
Gráfico 21 - Emissões de CO por tipo de combustível



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 22 apresenta o comportamento das emissões de CO em relação às fases do PRO-CONVE para os veículos leves. Nota-se queda acentuada a partir do início da década de 1990, com a adoção de novas tecnologias de controle de emissões, como uso de catalisadores e melhorias nos sistemas de alimentação de combustível.

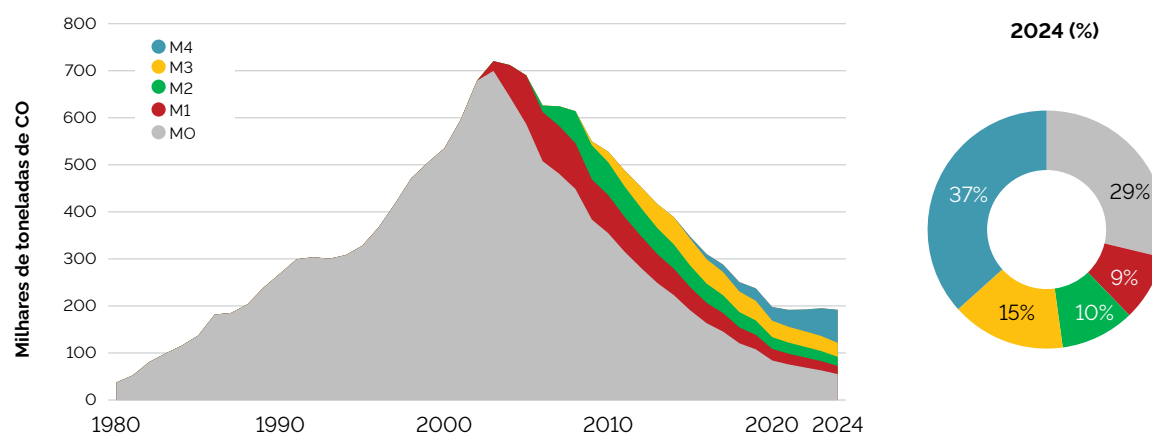
Gráfico 22 - Emissões de CO por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação às emissões de CO pelas motocicletas, após o pico de emissão observado em 2003 (cerca de 700 mil toneladas), nota-se um declínio com a entrada em vigor das primeiras fases do PROMOT (PROMOT 1 e 2), e que se intensificou na terceira fase do Programa, conforme ilustra o Gráfico 23. Os veículos fabricados anteriormente ao início do PROMOT foram, ainda em 2024, responsáveis por 29% da emissão total.

Gráfico 23 - Emissões de CO por motocicletas por fase do PROMOT



Fonte: Elaborado pelo autor.

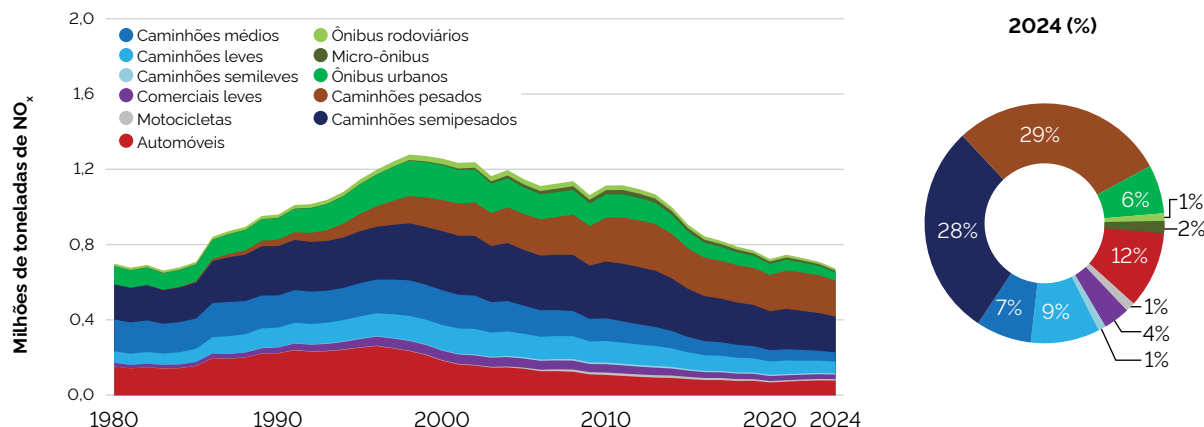
6.2. Emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x)

As estimativas de emissão de NO_x, por categoria de veículos e por tipo de combustível (Gráficos 24 e 25) indicam, em linhas gerais, que os veículos pesados movidos a diesel são os maiores emissores desse poluente.

O Gráfico 6.2.a mostra que houve um acentuado crescimento das emissões de NO_x entre 1985 e 1998, atingindo um pico em torno de 1,3 milhão de toneladas ao final da década de 1990, devido principalmente, ao crescimento da frota de veículos do ciclo Diesel anteriores à entrada em vigor do PROCONVE. Um ponto a destacar é a grande importância dos caminhões pesados

e semipesados que, em 2024, responderam por quase 60% das emissões. Quanto aos ônibus e micro-ônibus, em 2024, responderam por 9% das emissões.

Gráfico 24 - Emissões de NO_x por categoria de veículo



Fonte: Elaborado pelo autor.

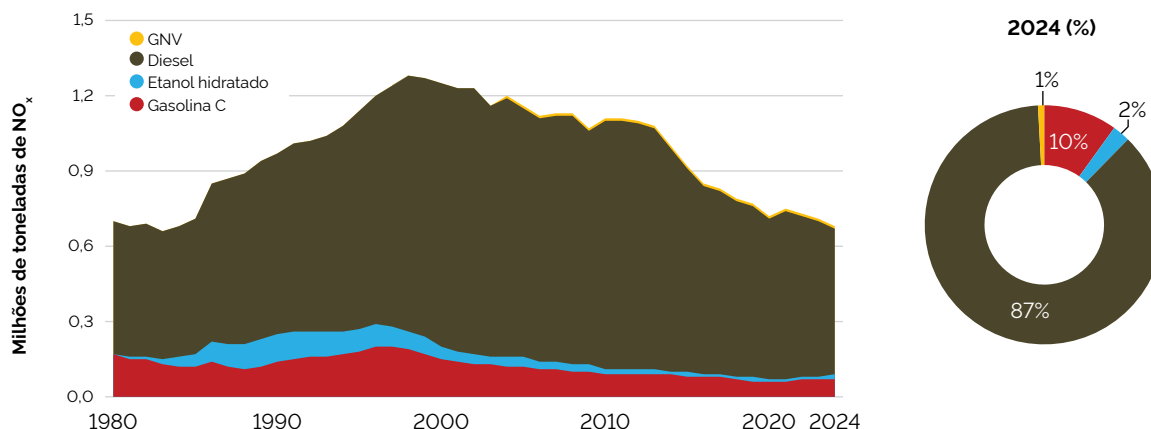
O Gráfico 25 evidencia a participação expressiva do diesel nas emissões de NO_x. Ao longo de todo o período coberto pelo inventário, as emissões associadas a esse combustível foram a principal fonte do poluente, respondendo em 2024 por 87%, contra 10% da gasolina C, 2% do etanol hidratado e 1% do GNV.

Em nível nacional, as emissões concentram-se nos veículos de transporte de carga, enquanto a contribuição do transporte de passageiros é menor.

Entretanto, em escala regional, essa lógica se inverte, devido à maior presença de veículos de transporte de passageiros.

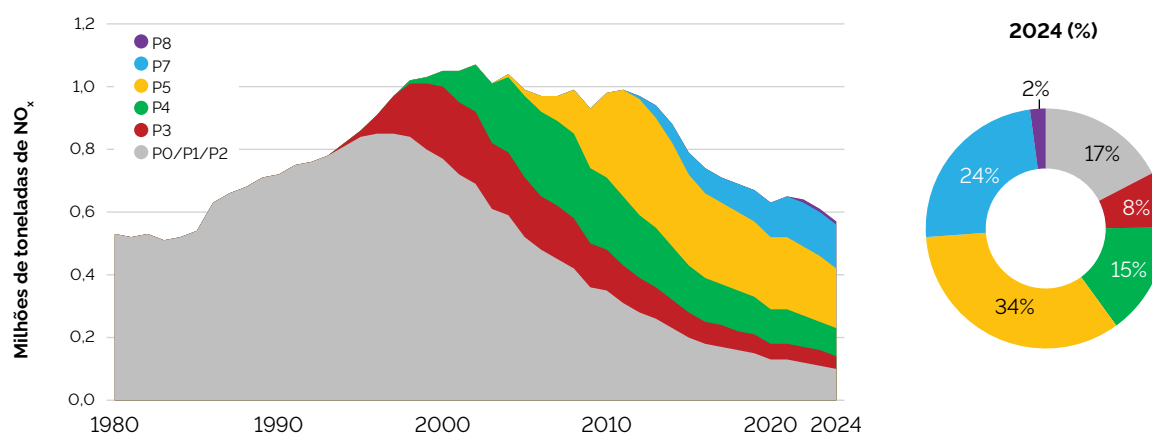
Além de permitir avaliar a magnitude e o comportamento geral das emissões de NO_x, essas representações possibilitam desagregações importantes, que auxiliam na compreensão da influência das diferentes fases do PROCONVE, tanto nas emissões de veículos pesados movidos a diesel quanto nas de automóveis e comerciais leves do ciclo Otto.

Gráfico 25 - Emissões de NO_x por combustível



Fonte: Elaborado pelo autor.

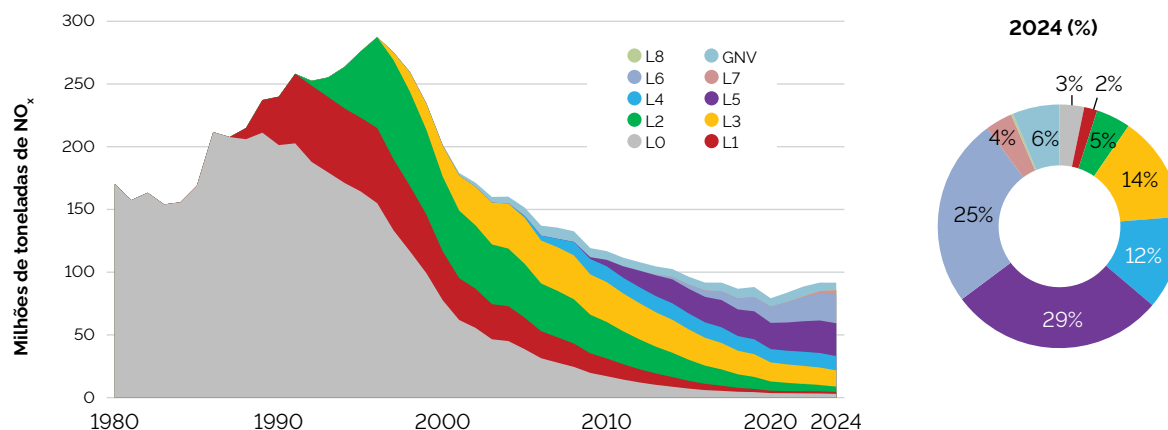
Gráfico 26 - Emissões de NO_x por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto às emissões de NO_x dos automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, nota-se no Gráfico 27 que as mesmas tiveram redução muito expressiva somente a partir de 1997, ano da entrada em vigor da fase L3 do PROCONVE, caracterizada pela utilização plena dos catalisadores de três vias. Entretanto, observa-se uma estabilização das emissões a partir de 2020, com um leve aumento, compatível com o crescimento da frota de veículos.

Gráfico 27 - Emissões de NO_x por automóveis e veículos leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE



Fonte: Elaborado pelo autor.

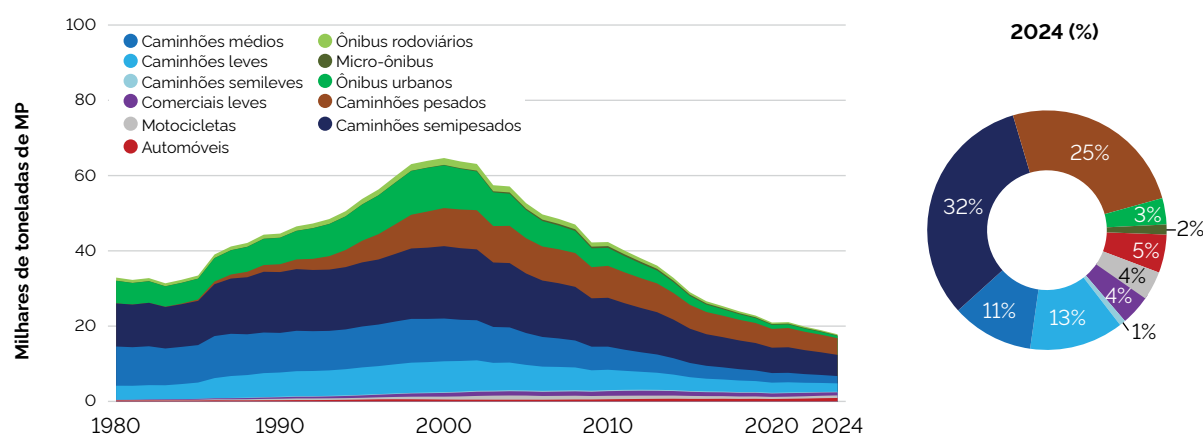
6.3. Emissões de material particulado (MP)

6.3.1. Emissões de material particulado por combustão (MP_{comb})

Assim como ocorreu com as emissões de NO_x, no caso do material particulado (MP), as frotas de veículos pesados do ciclo Diesel, especialmente aquelas destinadas ao transporte de carga, também se destacam nas análises deste poluente.

O Gráfico 28 ilustra o comportamento temporal das emissões de MP por categoria de veículos, evidenciando uma curva crescente que persistiu até 2000, ano em que foram lançadas mais de 64 mil toneladas do poluente. A partir desse ponto, observa-se uma contínua queda nas emissões, de modo que, em 2024, as emissões totalizaram menos de 18 mil toneladas. Apesar da redução, a participação relativa das categorias veiculares manteve-se praticamente inalterada. Em 2024, o segmento de caminhões pesados e semipesados respondeu por 57% das emissões, enquanto os ônibus urbanos e micro-ônibus foram responsáveis por 6% do MP lançado à atmosfera.

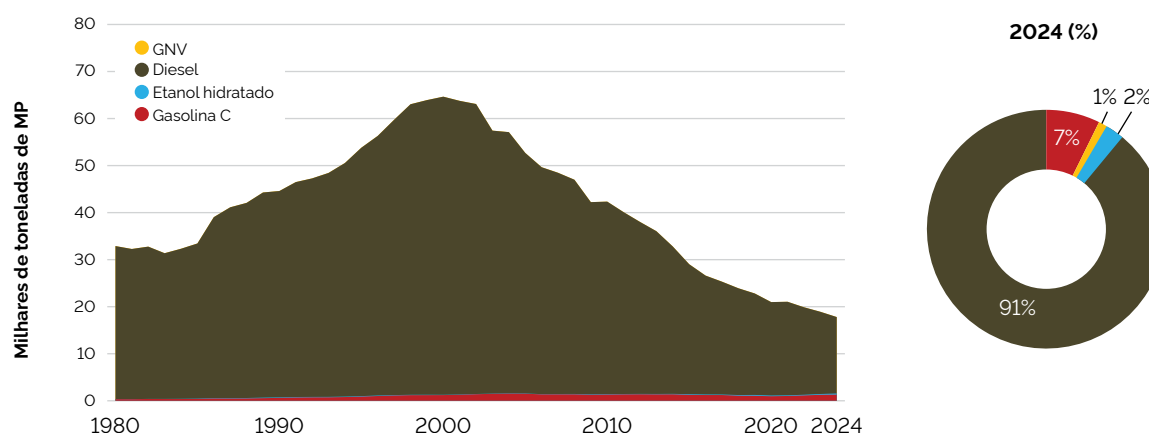
Gráfico 28 - Emissões de MP por combustão por categoria de veículos



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 29 apresenta os mesmos dados sob a perspectiva da participação por tipo de combustível, reforçando as conclusões observadas na desagregação por categoria de frota. Verifica-se que 91% de todo o MP emitido em 2024 pelo transporte rodoviário teve origem no diesel, contra apenas 7% da gasolina C.

Gráfico 29 - Emissões de MP por combustão por combustível

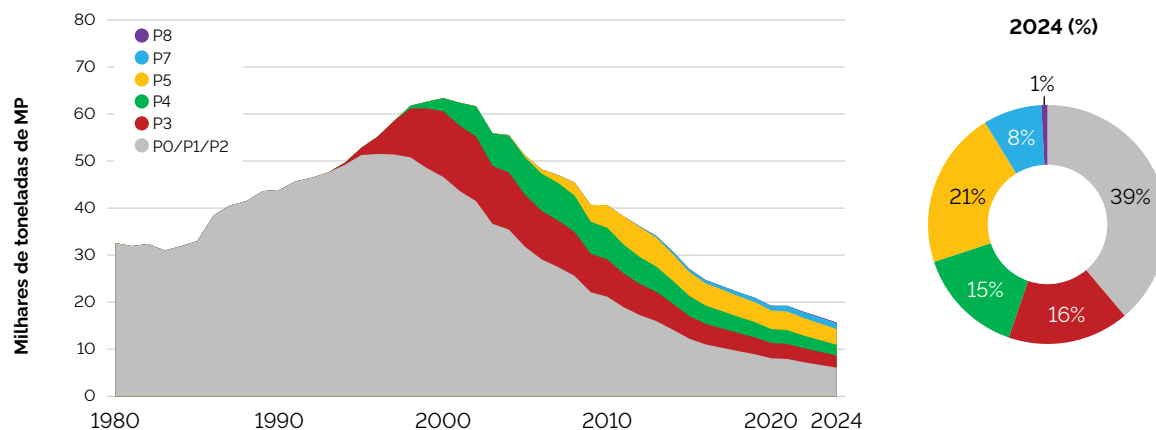


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os efeitos da adoção de limites de emissão cada vez mais restritivos por parte do PROCONVE, são nitidamente observados quando se trata da emissão de MP por veículos do ciclo Diesel.

O Gráfico 30 evidencia as reduções progressivas ao longo das fases do programa, especialmente a partir de 2002, com a entrada em vigor da fase P4.

Gráfico 30 - Emissões de MP por combustão por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE



Fonte: Elaborado pelo autor.

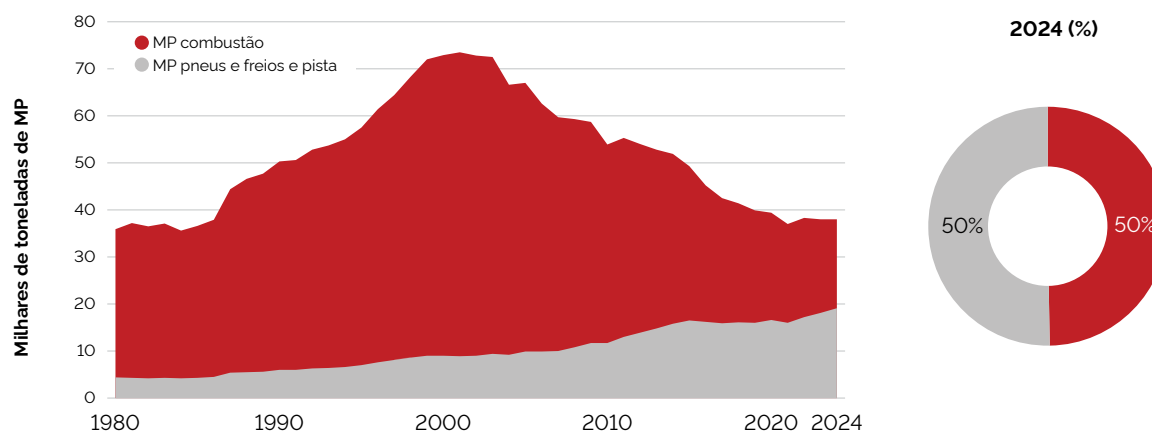
6.3.2. Emissões de material particulado por desgaste (MP_{desgaste})

A redução das emissões de MP por combustão de combustíveis, apresentada nos gráficos anteriores, reflete os resultados obtidos com a implementação das novas fases do PROCONVE, porém, no que diz respeito a emissão de MP devido ao desgaste de pistas, pneus e freios, esse comportamento não se repete, uma vez que são diretamente proporcionais ao aumento da intensidade de uso: quanto maior o número de veículos e sua utilização, maior a emissão gerada.

O aumento na quilometragem anual percorrida por veículos é o principal responsável pelas emissões de MP por desgaste. O crescimento acelerado da frota nos últimos anos traz como consequência o aumento dessas emissões, como apresentado no Gráfico 6.3.2.a. Em 2024, as emissões totais de MP, incluindo MP_{comb} e MP_{desgaste}, somaram, aproximadamente, 38 mil toneladas, sendo que cada fonte contribui com aproximadamente 50% do total.

Como as emissões provenientes do desgaste não são controladas pelo PROCONVE, estima-se que continuem crescendo e ganhem importância crescente nos próximos anos. Esse cenário aponta para a necessidade de estudos mais detalhados sobre essas emissões, os processos envolvidos em sua geração e estratégias de mitigação.

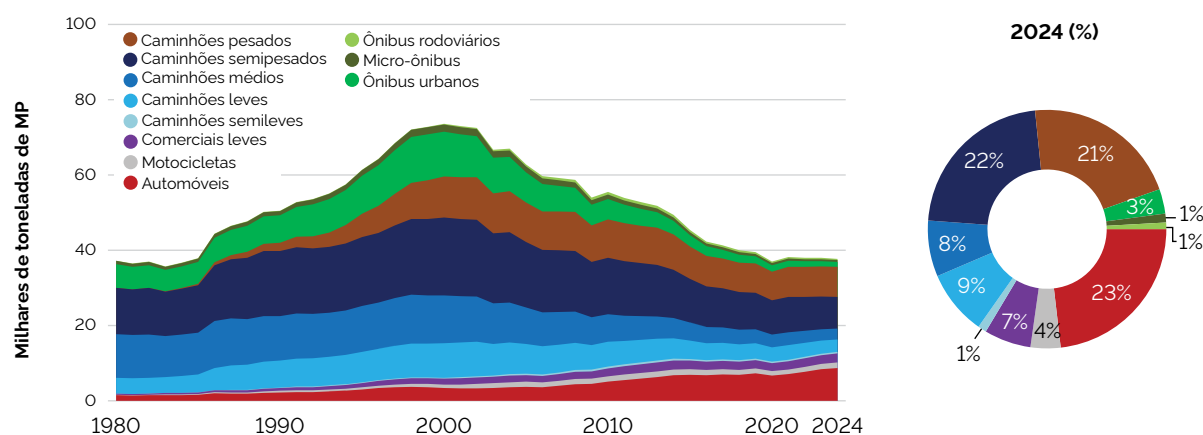
Gráfico 31 - Emissões totais de MP por tipo de emissão



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 32 apresenta as emissões totais de MP desagregadas por categoria de veículo. Observa-se que a maior parcela das emissões em 2024 foi devida aos automóveis, responsáveis por 23%. Sua participação nas emissões de MP vem crescendo constantemente ao longo do tempo, em 2010, era de apenas 9%. Em seguida, vêm os veículos semipesados e pesados, responsáveis por 22% e 21%, respectivamente. Quanto ao MP de combustão, os automóveis contribuem com 5%, mas, considerando o total de emissões desse poluente, eles acabam sendo a categoria que mais contribui.

Gráfico 32 - Emissões totais de MP por categoria de veículo



Fonte: Elaborado pelo autor.

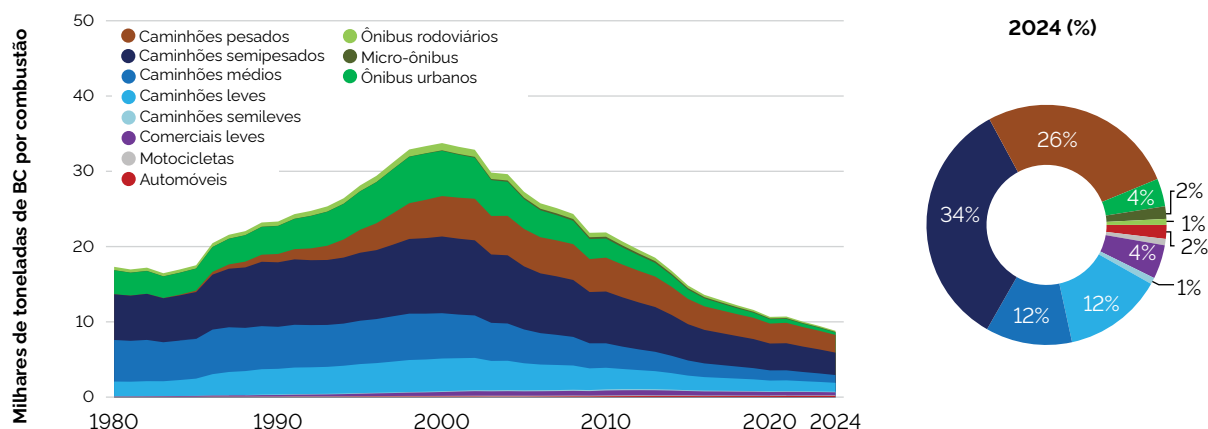
6.3.3. Emissões de carbono negro (BC)

Nesta nova versão do inventário, as emissões de carbono negro (*black carbon* - BC) foram quantificadas pela primeira vez, sendo estimadas como uma fração do material particulado (MP). Como o BC é um componente do MP, sua estimativa baseou-se na aplicação de fatores de emissão específicos, permitindo derivar a fração correspondente para cada categoria de veículo. Em média, aproximadamente 50% do material particulado emitido é classificado como BC, variando conforme o tipo de veículo e o combustível utilizado.

O gráfico a seguir apresenta a distribuição das emissões de BC por categoria de veículo, possibilitando uma análise detalhada das contribuições relativas de cada tipo de fonte veicular e

auxiliando na identificação das principais fontes emissoras de poluentes de curta duração com impacto climático e na qualidade do ar.

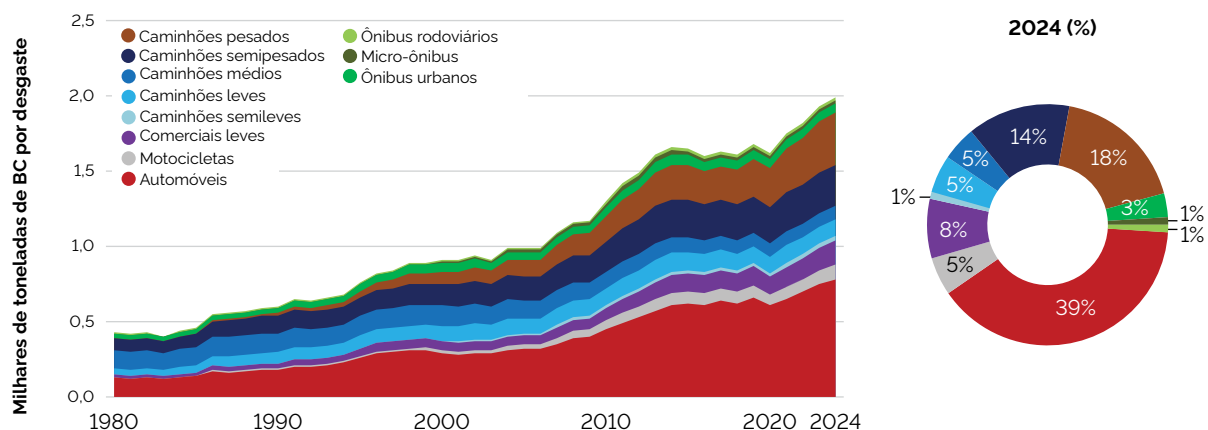
Gráfico 33 - Emissões de BC por combustão por categoria de veículos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dessa visualização, foi realizada uma análise considerando os fatores do guia europeu para estimar a contribuição do BC nas emissões provenientes do desgaste.

Gráfico 34 - Emissão de BC total por categoria de veículo



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.4. Emissões de aldeídos (RCHO)

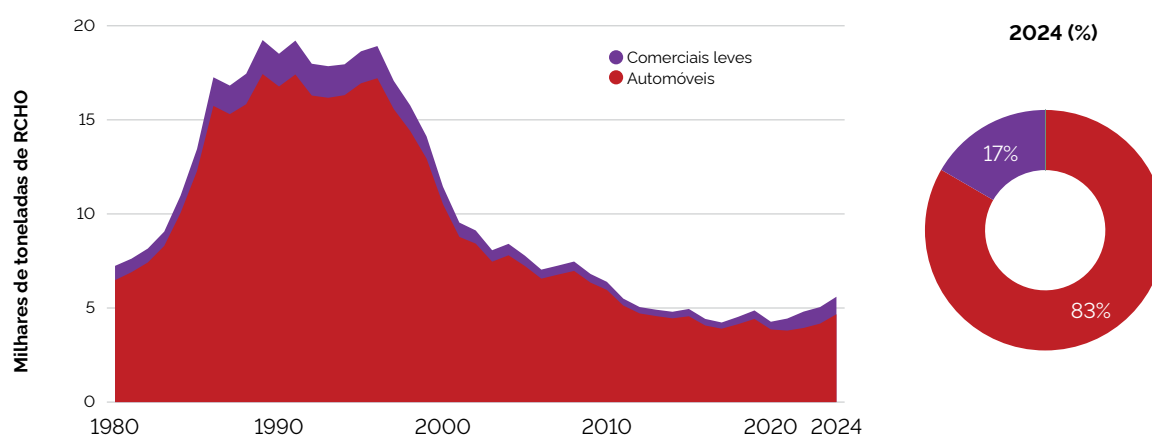
Os aldeídos são poluentes típicos dos veículos do ciclo Otto, principalmente daqueles movidos a etanol. A literatura científica aponta que os aldeídos também estão presentes nas emissões dos escapamentos de veículos a diesel. Nesta versão do inventário, fatores de emissão para aldeídos foram incluídos pela primeira vez para automóveis a diesel, embora ainda não haja informações disponíveis para outras categorias de veículos movidos a diesel.

Conforme observado no Gráfico 35, as emissões de aldeídos por automóveis e comerciais leves apresentaram rápido crescimento durante a década de 1980, acompanhando o consumo de etanol hidratado, permanecendo em patamares ao redor de 18 mil toneladas anuais até o início da segunda metade da década de 90. A partir de então sofreram queda, devido ao aumento

no número de veículos equipados com catalisadores e ao declínio da frota dedicada a etanol.

No começo dos anos 2000, com a introdução dos veículos *flex fuel*, o consumo de etanol hidratado de uso rodoviário foi retomado de forma também veloz, batendo recordes históricos de consumo em 2008 e 2009, o que novamente pôs em ascensão a curva de emissões de aldeídos. No entanto, o controle progressivamente mais restritivo para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto não tem permitido que, até este momento, sejam atingidos os mesmos níveis de emissão do final da década de 80 e primeira metade dos anos 90. Ainda assim, nos últimos anos observa-se um crescimento das emissões, com valores que já se assemelham aos registrados em 2010.

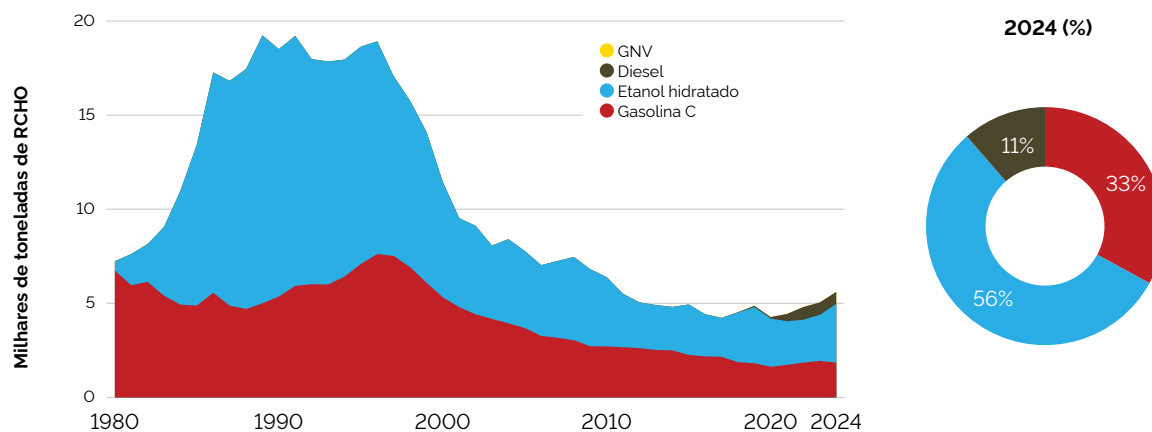
Gráfico 35 - Emissões de RCHO por categoria de veículos do ciclo Otto



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 36 reforça o impacto do etanol hidratado na emissão desse poluente. Nele, observa-se que em 2024 este combustível foi responsável por 56% da emissão total de aldeídos, contra 33% da gasolina.

Gráfico 36 - Emissões de RCHO por tipo de combustível



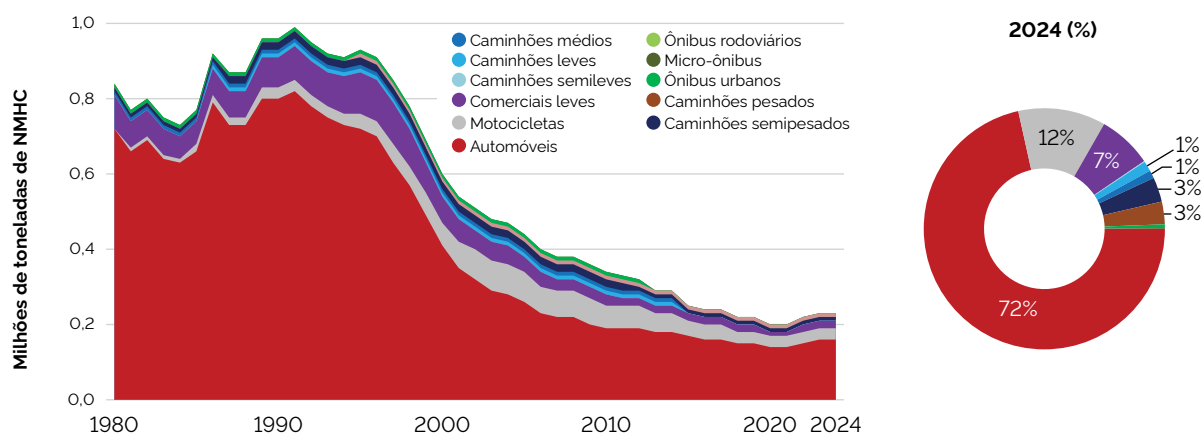
Fonte: Elaborado pelo autor.

6.5. Emissões de hidrocarbonetos não metano (NMHC)

Os resultados do Inventário indicam uma tendência geral de estabilização das emissões de NMHC. Entre o início da década de 1990 e meados de 2017, observou-se uma redução significativa nas emissões; entretanto, nos anos mais recentes, os níveis permaneceram praticamente estáveis, com uma variação de apenas 3% desde 2017, conforme evidenciado no Gráfico 37.

A análise da participação relativa por categoria de veículos mostra que, ao longo de todo o período coberto pelo Inventário, os automóveis permanecem como os maiores emissores de NMHC. Em 2024, as emissões distribuíram-se da seguinte forma: 72% provenientes de automóveis, 12% de motocicletas e 7% de veículos comerciais leves.

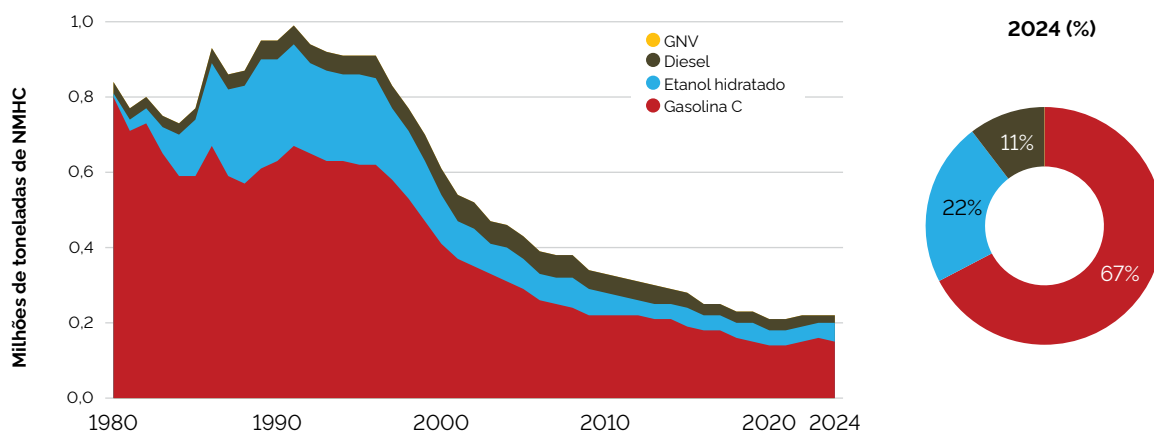
Gráfico 37 - Emissões de NMHC por categoria de veículos do ciclo Otto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação à participação relativa dos combustíveis na emissão de NMHC mostrada no Gráfico 38, observa-se, em 2024, que a gasolina C foi responsável por 67% das emissões, contra 22% do etanol hidratado e 11% do diesel.

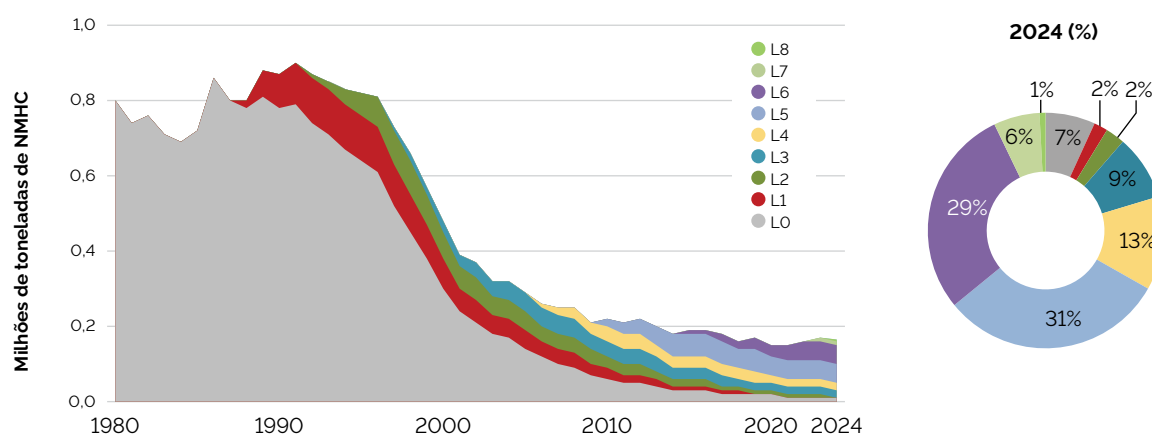
Gráfico 38 - Emissões de NMHC por tipo de combustível



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado, as emissões de NMHC provenientes de automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto apresentaram uma queda acentuada a partir da década de 1990, período marcado pela rápida implementação de limites mais restritivos, tanto para emissões de escapamentos quanto para emissões evaporativas. O Gráfico 39 evidencia essa redução significativa na década de 1990, refletindo um comportamento consistente com as políticas de controle. Nos anos mais recentes, entretanto, as emissões têm se mantido relativamente estáveis.

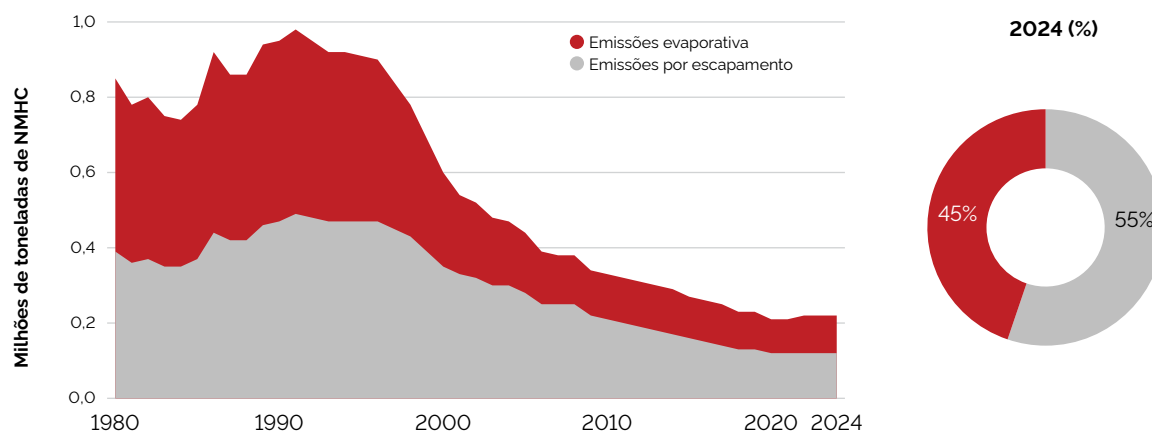
Gráfico 39 - Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves por fase do PROCONVE



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse comportamento de queda seguido de estabilização também é observado tanto nas emissões de escapamento quanto nas emissões evaporativas de NMHC. No caso das emissões evaporativas, o Gráfico 40 evidencia que a maior parte está relacionada ao uso do veículo, enquanto as emissões por escapamento contribuem em menor proporção.

Gráfico 40 - Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por tipo de emissão



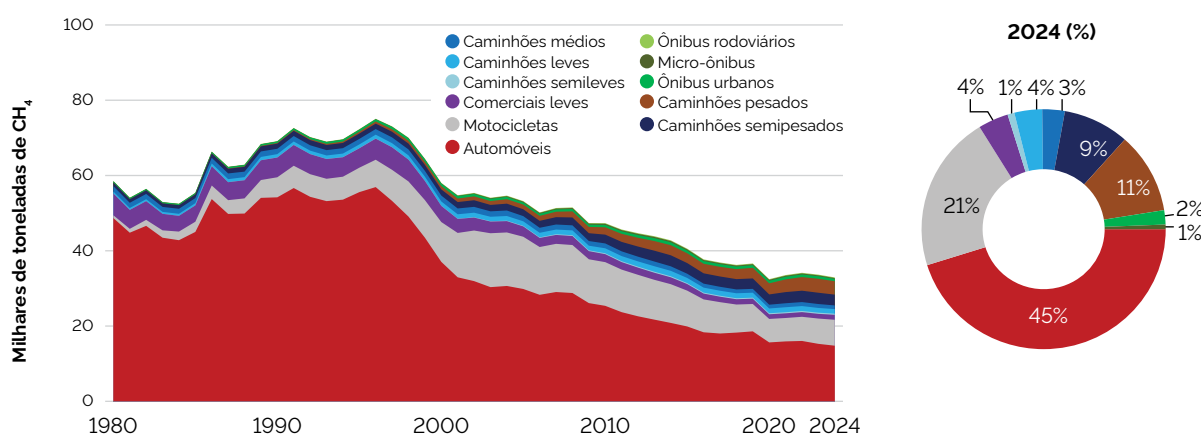
Fonte: Elaborado pelo autor.

6.6. Emissões de metano (CH₄)

Considera-se que as melhorias de performance na emissão de hidrocarbonetos totais (THC) ou hidrocarbonetos não metânicos (NMHC) resultam em reduções proporcionais nas emissões de CH₄, uma vez que catalisadores de oxidação, utilizados para o controle de CO e NMHC, também promovem a diminuição das emissões de metano. Além disso, o CH₄ apresenta um elevado Potencial de Aquecimento Global, o que atribui às suas emissões um peso relevante no contexto das mudanças climáticas. Por essa razão, torna-se ainda mais essencial o acompanhamento contínuo e a busca por estratégias que possibilitem reduzir suas emissões.

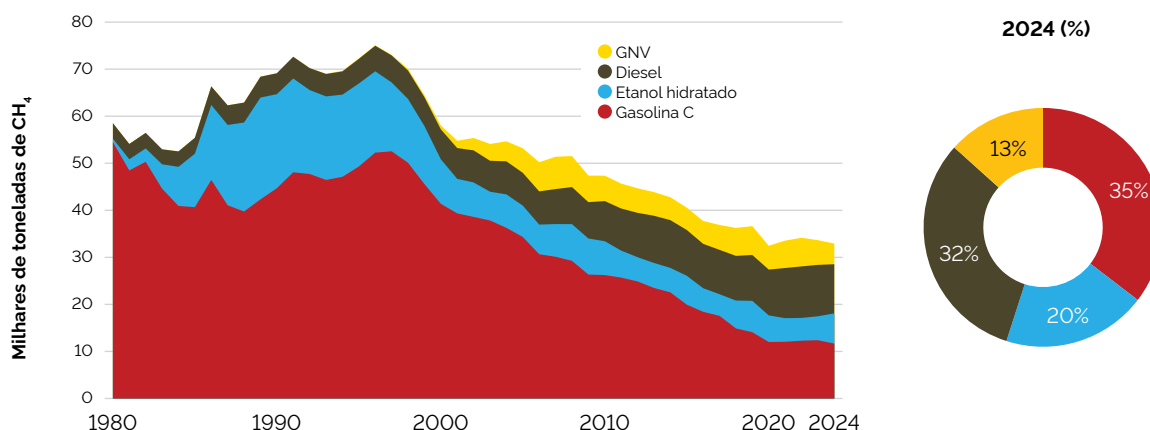
Os resultados apresentados no Gráfico 41 mostram uma tendência de queda desde meados da década de 90, especialmente entre os veículos comerciais leves do ciclo Otto, em razão da incorporação de tecnologias de controle. Nos últimos anos, observa-se uma maior estabilidade nos dados, com menor variação nas estimativas. Em 2024, os automóveis aparecem como a principal categoria emissora (45%), seguidos por comerciais leves (21%) e caminhões pesados (11%).

Gráfico 41 - Emissões de CH₄ por categoria de veículos



Fonte: Elaborado pelo autor.

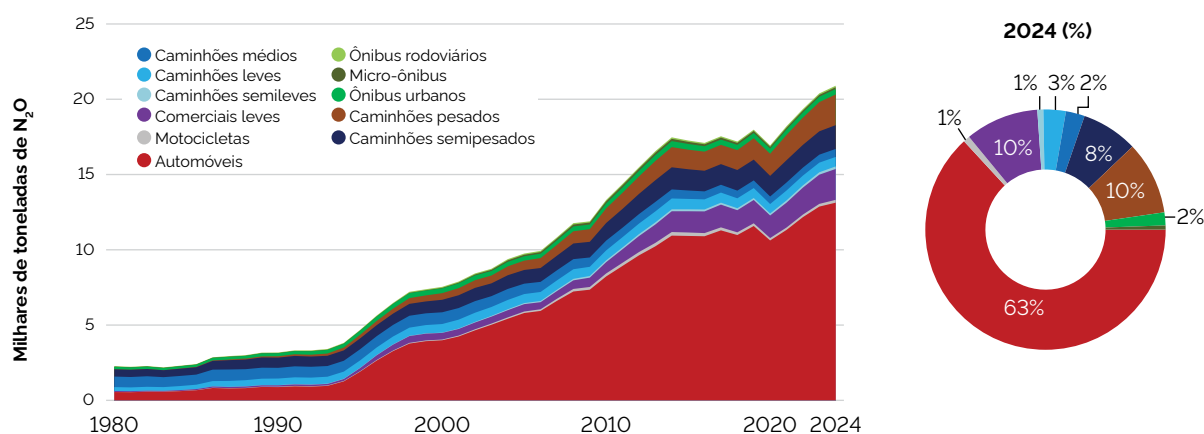
Observando cada combustível, o Gráfico 42 mostra que, em 2024, 35% do CH₄ foi emitido a partir da queima de gasolina C, 32% de óleo diesel, 20% de etanol hidratado, e 13% de GNV. Deve-se ressaltar, que, para o GNV, as emissões foram estimadas segundo uma abordagem top-down, não havendo detalhamento da frota ou da conversão, o que limita a precisão dos resultados.

Gráfico 42 - Emissões de CH₄ por combustível

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.7. Emissões de óxido nitroso (N₂O)

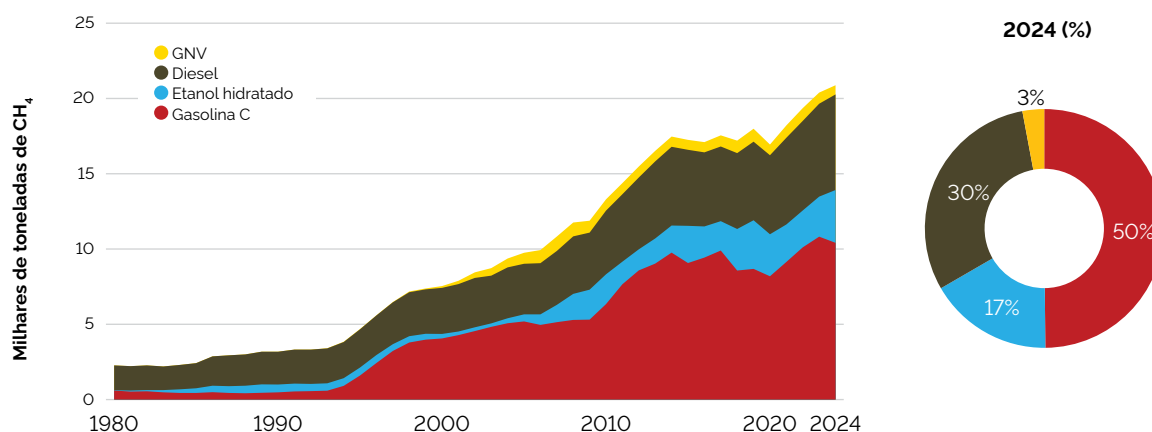
As emissões de N₂O vêm aumentando constantemente ao longo dos anos, indicando uma forte correlação positiva com o aumento da frota veicular circulante, conforme pode ser visualizado no Gráfico 43. Existe uma tendência de redução devido à exigência legal de que os veículos atinjam limites cada vez menores, conforme avançam as fases dos programas PROCONVE e PROMOT. Nos veículos leves e motocicletas, o atendimento a esses limites se dá com a inserção de tecnologias embarcadas, entre as quais está o catalisador de três vias. Conforme documentado na literatura técnica internacional, veículos novos, equipados com catalisadores de três vias emitem mais óxido nitroso do que veículos antigos sem o catalisador. Assim, com a renovação natural da frota, aliada ao seu crescimento, é de esperar um incremento na emissão de óxido nitroso em contraposição à diminuição da emissão de NO_x. Com relação às emissões de N₂O, em 2024, estas estão assim distribuídas: 63% oriundas de automóveis, 1% de motocicletas (considerando apenas as movidas a gasolina C) e 10% de veículos comerciais leves, 18% de caminhões pesados e semipesados e 3% de ônibus urbanos e micro-ônibus.

Gráfico 43 - Emissões de N₂O por categoria de veículos

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 44 apresenta as emissões de N_2O de acordo com a participação relativa dos diferentes combustíveis, nele, observa-se que, desde aproximadamente a metade da década de 90, as emissões têm aumentado consistentemente, e que em 2024, 50% do N_2O foi emitido a partir da queima de gasolina C, 17% de etanol hidratado e 30% de óleo diesel.

Gráfico 44 - Emissões de N_2O por combustível



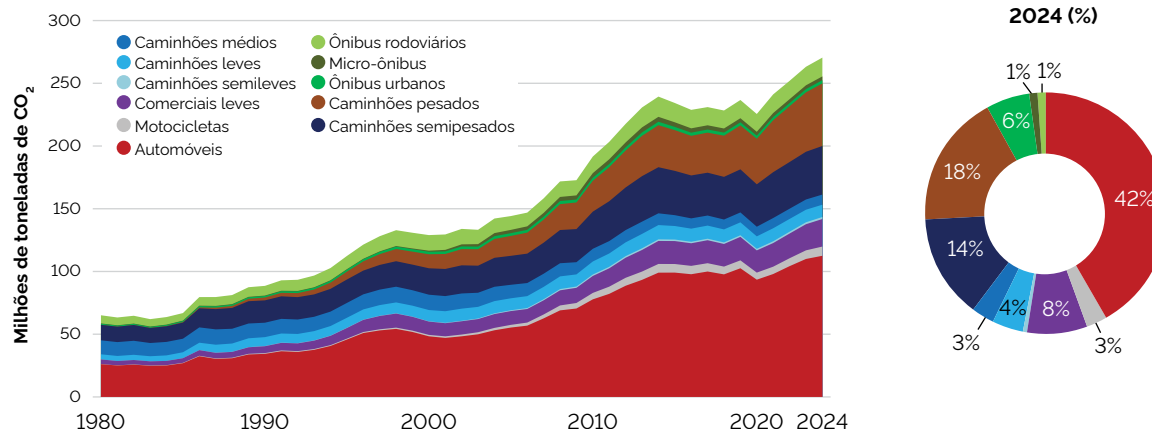
Fonte: Elaborado pelo autor.

6.8. Emissões de dióxido de carbono (CO_2)

As emissões de dióxido de carbono (CO_2) aqui apresentadas são aquelas ocorridas no escapeamento, ou seja, produto da queima dos combustíveis durante o uso dos veículos, não contabilizando, portanto, as emissões (ou remoções) ao longo de todo o ciclo de vida dos combustíveis.

O Gráfico 45 ilustra a evolução histórica da participação das diferentes categorias de veículos. Observa-se uma tendência geral de crescimento desde 1980, com períodos de estabilização ou leve redução, especialmente após 2014, mas retomando alta nos anos seguintes. Em 2024, as emissões totais atingiram cerca de 270 milhões de toneladas de CO_2 . Os automóveis responderam pela maior parcela, 42%, seguidos por caminhões (pesados, semipesados, médios, leves e semileves) que, somados, representaram 40%. Já os comerciais leves contribuíram com 8%, enquanto ônibus urbanos, rodoviários e micro-ônibus responderam juntos por aproximadamente 8%. As motocicletas tiveram participação de 3%.

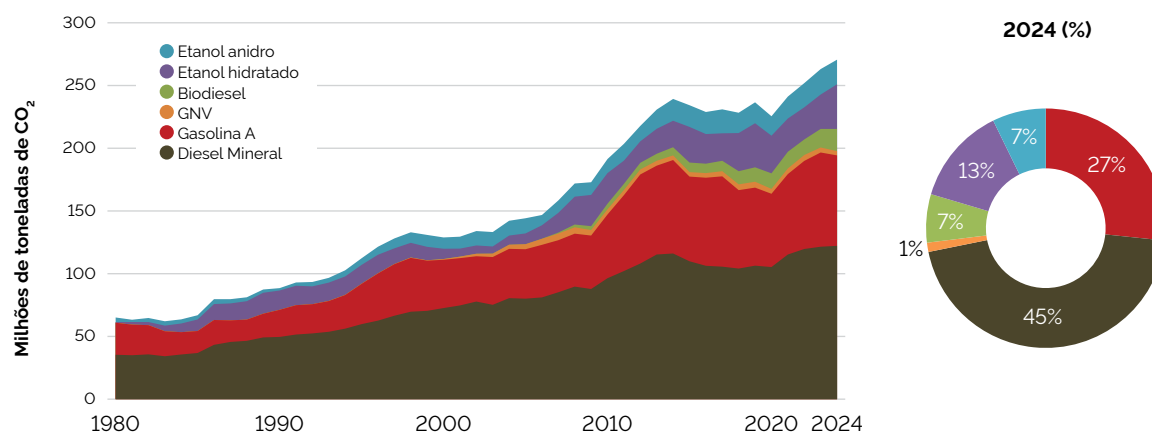
Gráfico 45 - Emissões de CO₂ por categoria de veículos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados da participação dos combustíveis nas emissões de CO₂ evidenciam a predominância do diesel fóssil. O Gráfico 46 mostra que, em 2024, o setor de transporte rodoviário teve, 45% de suas emissões provenientes da queima desse combustível, 27% da gasolina, 13% do etanol hidratado, 7% do etanol anidro e biodiesel, e 1% do GNV.

Gráfico 46 - Emissões de CO₂ por combustível



Fonte: Elaborado pelo autor.

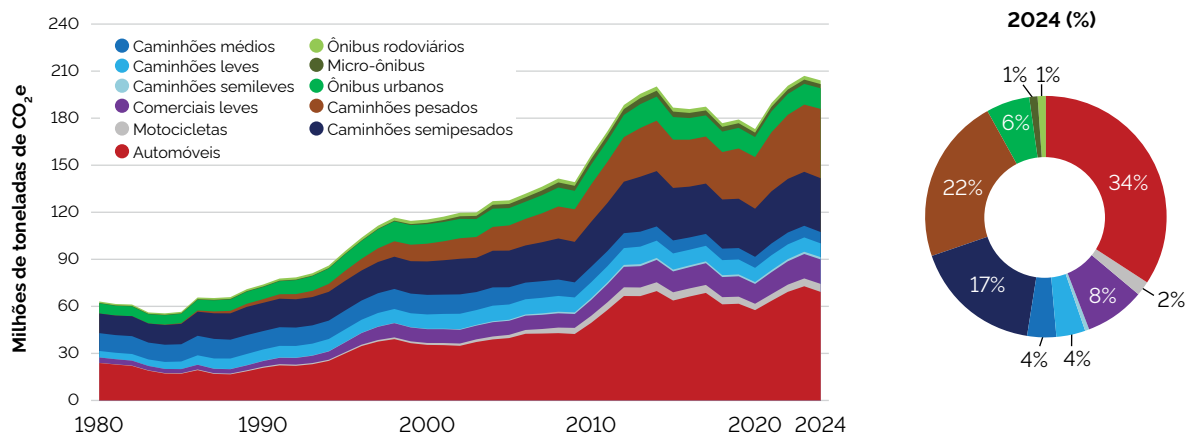
6.9. Emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq)

Os gráficos a seguir apresentam os resultados das emissões de CO₂ equivalente, onde são incluídas as emissões de CO₂ provenientes de combustíveis fósseis, além das emissões de CH₄ e de N₂O para todos os combustíveis. Os equivalentes de CO₂ utilizados seguem a métrica GWP (Global Warming Potential) e são os mesmos valores apresentados na Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - CQNUMC. Os fatores GWP são 28 para o CH₄ e 265 para o N₂O.

O Gráfico 47 apresenta as emissões de CO₂ equivalente, desagregadas por categoria de veículo. Observa-se que, a partir de 1990, a parcela decorrente dos automóveis aumentou em maior

taxa que a dos demais segmentos. Em 2024, as emissões totais foram de 204 milhões de toneladas de CO₂ equivalente. Desse total, os automóveis responderam por 34%, seguidos pelos caminhões pesados, com 22%.

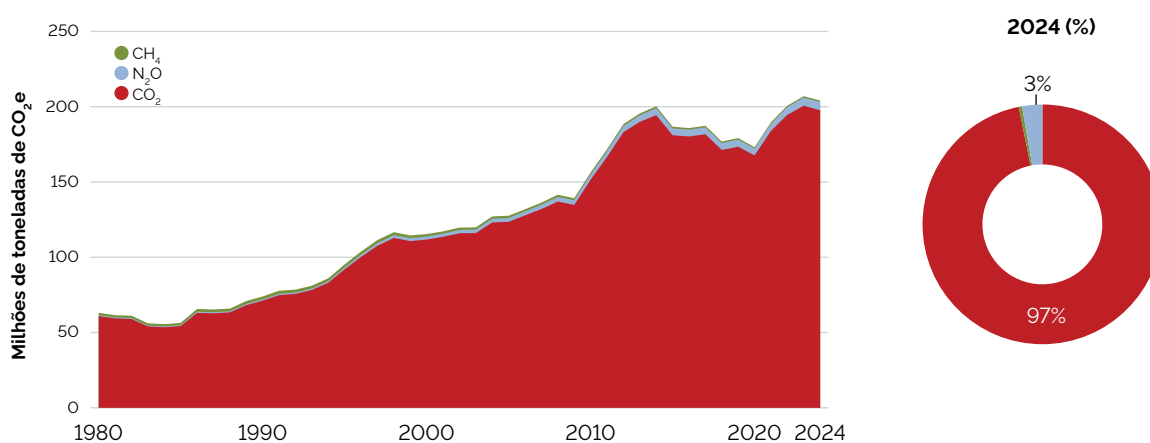
Gráfico 47 - Emissões de CO₂ equivalente por categoria de veículo



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 48 mostra as emissões de CO₂ equivalente, desagregadas por gás de efeito estufa. Em 2024, o CO₂ foi responsável por 97% das emissões de CO₂eq, sendo assim o gás de efeito estufa mais representativo para o transporte rodoviário.

Gráfico 48 - Emissões de CO₂ equivalente por categoria de veículo



Fonte: Elaborado pelo autor.

7. Avaliação de qualidade dos dados e recomendações

Esta seção apresenta uma avaliação da qualidade dos dados utilizados para a estimativa das emissões neste inventário. Para isso, foi elaborada uma tabela de notas, em que cada conjunto de dados considerado recebeu uma classificação de qualidade (de A a E), acompanhada de comentários sobre a confiabilidade das informações e sugestões para aprimoramento.

A atribuição das notas levou em conta os seguintes aspectos:

- **Completeness dos dados:** se todas as informações necessárias estavam disponíveis para a elaboração do inventário;
- **Atualidade:** se os dados são recentes e refletem a realidade atual;
- **Consistência:** se os valores são coerentes com outras fontes de referência;
- **Documentação da fonte de informação:** se a origem e metodologia de levantamento dos dados são claras e transparentes.

O quadro abaixo mostra as notas e a sua descrição:

Quadro 1 - Notas e critérios de atribuição

Nota	Descrição da atribuição da nota
A	Ótima qualidade e disponibilidade Dados com nível de desagregação e abrangência temporal ideais, publicados e atualizados anualmente por instituições públicas
B	Ótima qualidade Dados com nível de desagregação e abrangência temporal ideais, publicados e atualizados anualmente por instituições privadas
C	Boa qualidade Dados com nível de desagregação ou abrangência temporal suficientes, publicados e atualizados anualmente por instituições públicas ou privadas
D	Média qualidade Dados incompletos ou com nível de desagregação ou abrangência temporal insuficientes, exigindo a adoção de ajustes ou simplificações.
E	Baixa qualidade Dados indisponíveis em nível nacional, exigindo a adoção de outros valores de referência, ajustes, simplificações ou estimativa própria.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O objetivo dessa classificação é fornecer uma visão crítica sobre os dados utilizados e destacar onde há lacunas ou incertezas que podem impactar a confiabilidade do inventário. Dados com notas mais altas (A ou B) são mais confiáveis, enquanto notas mais baixas (D ou E) apontam para dados incompletos ou de menor verificação, sugerindo atenção prioritária para futuras atualizações.

Utilizar dados de alta confiabilidade é fundamental para a precisão do inventário, para orientar políticas públicas e para subsidiar a tomada de decisão na gestão ambiental dos transportes. As recomendações apresentadas no quadro servem como guia para aprimorar a qualidade das informações utilizadas no inventário, fortalecendo sua credibilidade e utilidade em edições futuras.

Quadro 2 – Avaliação das variáveis, síntese dos dados e recomendações de aprimoramento

Variável	Nota de qualidade (A–E)	Avaliação de qualidade dos dados	Fonte de dados	Recomendações de aprimoramento
Frota	D	Na indisponibilidade de dados com a qualidade necessária para a elaboração do INEAVAR, a frota de veículos é estimada a partir da aplicação de taxas de sucateamento sobre os dados de vendas de veículos novos.	Estimativa própria do INEAVAR	
Vendas de veículos novos	C	Não há uma base de dados oficial do poder público que forneça informações com a qualidade e a abrangência necessárias. O INEAVAR recorre a dados produzidos por instituições privadas.	ANFAVEA, FENABRAVE e ABRACICLO	Desenvolver a base de dados de frota do SENATRAN para suprir as informações com a abrangência e o nível de desagregação necessários.
Taxas de sucateamento	C	As taxas de sucateamento e de atividade são funções probabilísticas influenciadas por diversos fatores socioeconômicos e tecnológicos, devendo, portanto, variar ao longo do tempo. O INEAVAR adota taxas de sucateamento e de atividade em função da idade do veículo, constantes ao longo de todo o horizonte histórico, embora ajuste as taxas de atividade anualmente de acordo com o consumo total de combustível observado.	Relatórios de Referência MCTI (4ª comunicação)	
Taxas de atividade	D	As recentes mudanças no padrão de mobilidade urbana, como a introdução dos aplicativos, são um exemplo de como essa variável é considerada de modo simplificado no INEAVAR.	Estimativa própria do INEAVAR	Realizar estudos e pesquisas de abrangência nacional, que considerem as alterações nos padrões de viagens provocadas pela digitalização do trabalho, uso de serviços de aplicativos e maior intensidade logística dentro dos municípios.
Consumo total de combustível	A	Dados públicos, com atualização anual.	BEN	-
Fatores de emissão de poluentes regulamentados e fatores de consumo energético dos veículos	D	Dados públicos oficiais, mas baseados em veículos novos medidos em laboratório, que podem não refletir o desempenho dos veículos em condições reais de uso e ao longo da vida útil.	CETESB	Desenvolver a base de dados de fatores de emissão do IBAMA, incluindo os fatores de deterioração, de modo a suprir as informações com a abrangência e o nível de desagregação necessários.
Fatores de emissão de carbono negro e por desgaste de pneus, freios e pista	E	Referência estrangeira, que pode não representar adequadamente as características brasileiras, além da ausência de referência para veículos a etanol.	EMEP	Conduzir levantamentos de fatores de emissão e consumo energético em condições reais de uso.
Fração flex	E	Estimativa realizada a partir de metodologia própria do INEAVAR.	Estimativa própria do INEAVAR	Realizar estudos e pesquisas de abrangência nacional sobre os padrões de consumo de combustíveis em automóveis flex.

Fonte: Elaborado pelo autor.

De modo geral, a avaliação demonstra que, embora haja avanços no processo de consolidação e padronização das informações desde a primeira versão do inventário nacional, ainda existam limitações relevantes em diversas bases de dados. Ressalta-se que esta análise se restringe ao nível nacional, onde já foram identificadas lacunas significativas. Caso fosse realizada uma avaliação desagregada por unidade federativa, a tendência seria de resultados ainda mais restritivos, em função das dificuldades de sistematização, atualização e disponibilização dos dados. Nesse contexto, a classificação de qualidade provavelmente seria inferior, evidenciando a necessidade de investimentos contínuos em coleta, integração e padronização das informações em todas as esferas administrativas.

8. Políticas Públicas para a Qualidade do Ar

Esta seção apresenta as principais políticas públicas voltadas ao controle e à redução das emissões veiculares, as quais são fontes relevantes de poluentes atmosféricos e de gases de efeito estufa em nosso país. Essas políticas, programas e instrumentos regulatórios atuam de forma integrada para promover a melhoria contínua das condições atmosféricas, reduzir os impactos da poluição sobre a saúde da população e orientar a transição para tecnologias e práticas mais limpas e eficientes. Juntas, elas fortalecem a governança ambiental, ampliam a capacidade de monitoramento e gestão da qualidade do ar e impulsionam a adoção de soluções inovadoras alinhadas às metas nacionais de sustentabilidade e mitigação climática.

Política Nacional de Qualidade do Ar - PNQAr: instituída pela Lei nº 14.850 de 2024, sob coordenação do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, tem como objetivo garantir a preservação da saúde pública e do meio ambiente por meio de ações integradas para o monitoramento, controle e prevenção da poluição atmosférica. Essa política estabelece instrumentos fundamentais, como limites máximos de emissão, padrões nacionais de qualidade do ar, inventários de emissões e planos de gestão, buscando reduzir progressivamente a poluição no território nacional. Alinhado a essa política também está o combate aos superpoluentes ou poluentes climáticos de vida curta (PCVCS), que tem forte impacto no aquecimento climático e impacto na população.

Programa Nacional de Gestão da Qualidade do Ar - Pronar: é um programa estabelecido pelo Conama e coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, em articulação com os órgãos do Sisnama. Visa aprimorar a gestão e melhorar a qualidade do ar em todo o território nacional, reduzindo progressivamente as emissões de poluentes atmosféricos e protegendo a saúde pública e o meio ambiente, além de alinhar-se com as políticas de combate à mudança do clima. O Pronar reúne e integra programas, estratégias e medidas anteriormente fragmentadas em diferentes normas, garantindo maior foco e precisão na execução, além de promover resultados mais concretos e efetivos para a sociedade.

Sistema Nacional de Gestão da Qualidade do Ar - MonitorAr: instrumento da PNQAr, sob responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, é um sistema que integra e disponibiliza, em tempo real, informações sobre a qualidade do ar. Trata-se de um monitoramento contínuo em todo o país, fornecendo dados regionais e nacionais em tempo real que subsidiam tomadas de decisão e políticas públicas. A iniciativa incentiva ações locais de controle e redução da poluição, com foco em saúde e sustentabilidade ambiental.

Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve): com gestão do Ibama, tem como objetivo reduzir a emissão de poluentes por veículos automotores, melhorar a qualidade do ar nos centros urbanos e promover avanços tecnológicos na indústria automobilística e nos combustíveis. O programa atua no controle das emissões dos veículos novos, ou seja, aqueles

que entrarão em circulação nas vias brasileiras, impondo limites de emissão mais restritos ao longo do tempo. Desde sua criação, o Proconve passou por diversas fases que estabeleceram limites cada vez mais rigorosos para veículos leves, pesados e máquinas agrícolas, resultando na redução (junto do Promot) de 98% na emissão de poluentes no período. Atualmente, este programa está na fase P8 para veículos pesados, estabelecida pela Resolução Conama nº 490/2018, com sua última etapa entrando em vigor em janeiro de 2023. Para os veículos leves, vigora a fase L8, criada pela Resolução Conama nº 492/2018. Esta fase teve seu início de implementação em janeiro de 2025 e terá sua última etapa implementada em janeiro de 2031.

Programa de controle da poluição do ar por motocicletas, ciclomotores e similares (Promot): também sob gestão do Ibama, foi criado logo após a implementação das normas para veículos leves, por meio da Resolução Conama nº 297/2002. Tem como objetivos principais reduzir a poluição atmosférica causada por esses veículos, promover o desenvolvimento tecnológico da indústria nacional, estabelecer critérios para inspeção e manutenção de veículos em uso, e conscientizar a população sobre os impactos ambientais dessa categoria de veículos. Com base nesse arcabouço legal, novas regulamentações foram estabelecidas para reduzir gradualmente a emissão de poluentes dessa categoria. A quinta fase do programa (M-5), voltada para motocicletas, ciclomotores e similares, entrou em vigor em 1º de janeiro de 2023.

Diretrizes Interministeriais de Sustentabilidade: elaboradas em conjunto com o Ministério de Portos e Aeroportos. Por meio dessas diretrizes, o Ministério dos Transportes considera variáveis socioambientais, climáticas e territoriais em todas as etapas de concepção, implantação e operação dos projetos, com foco na minimização dos impactos sobre os ecossistemas e a promoção de práticas sustentáveis que garantam a resiliência ambiental. A governança integrada e a ampliação da capacidade técnica do setor são destacadas como instrumentos essenciais para implementar essas ações.

Programa MelhorAR: instituído pela Portaria nº 192 do Ministério dos Transportes de 2025, com operacionalização da INFRA S.A. e da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), o programa tem o objetivo de reduzir as emissões de poluentes atmosféricos provenientes do transporte rodoviário de cargas e passageiros, promovendo a melhoria da qualidade do ar, saúde pública, eficiência energética e sustentabilidade. O programa estimula a renovação da frota, incentiva inovação tecnológica, capacitação e parcerias nacionais e internacionais, além de criar o selo de certificação "Selo MelhorAR" para veículos que atendem a critérios de menor emissão de poluentes.

Portaria Ministério dos Transportes nº 622, de 28 de junho de 2024: a norma estabelece diretrizes para o planejamento de adaptação das rodovias às mudanças climáticas, incluindo o mapeamento de áreas vulneráveis e a necessidade de adaptação. Também contempla ações voltadas à conservação da fauna e flora, à eficiência energética e ao uso de fontes renováveis. Para novos projetos de concessão, determina a destinação de, no mínimo, 1% da receita bruta para infraestrutura resiliente. Já para contratos em vigor, a portaria prevê ajustes contratuais, respeitando o equilíbrio econômico-financeiro, com limite de até 1% da receita bruta da concessão.

Portaria Ministério dos Transportes nº 689, de 17 de julho de 2024: a portaria disciplina requisitos e procedimentos para enquadramento e acompanhamento de projetos de investimento prioritários para emissão de debêntures incentivadas e de infraestrutura. No caso do setor rodoviário, a portaria exige investimento em mitigação de emissões de gases de efeito estufa, transição energética ou implantação, adequação de infraestrutura para resiliência

climática, e, mecanismos de gestão do impacto de infraestrutura nos povos e comunidades afetados.

Plano Clima Mitigação Setorial Transportes: O Plano Nacional sobre Mudança do Clima (Plano Clima), em elaboração pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), é o principal instrumento de orientação da política climática brasileira até 2035. Estrutura-se em dois eixos centrais: a Estratégia Nacional de Mitigação, voltada à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), e a Estratégia Nacional de Adaptação, que busca diminuir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos aos impactos climáticos. O Plano também contempla planos setoriais de mitigação e adaptação nos setores de transporte, agricultura, energia e cidades.

O Plano Clima Mitigação Setorial Transportes, coordenado pelo Ministério dos Transportes, consolida-se como programa estruturante de políticas públicas para redução das emissões do setor. Entre suas principais medidas estão a ampliação do uso de biocombustíveis e tecnologias limpas, a eletrificação de frotas (veículos leves e ônibus) e a promoção de um equilíbrio mais sustentável na matriz logística nacional. Uma prioridade destacada pela Estratégia Nacional de Mitigação (ENM), que orienta a formulação do plano setorial, é a melhoria da qualidade do ar, por meio da definição e implementação de limites de emissões veiculares alinhados às normas nacionais, contribuindo simultaneamente para a descarbonização e a redução de poluentes locais.

O setor de transportes é essencial para a economia e para o bem-estar da população, mas também responde por parcela significativa das emissões de GEE, especialmente no modo rodoviário. O Plano Setorial de Transportes, no qual o modo rodoviário contempla ônibus rodoviários, caminhões médios, semipesados e pesados, estabelece metas de 126 MtCO₂e para 2030 e de 107 a 134 MtCO₂e para 2035, considerando o crescimento econômico e o aumento da demanda por transporte.

A principal alavanca de descarbonização no curto e médio prazo é o uso de combustíveis sustentáveis de baixa intensidade de carbono. As políticas nessa frente são sustentadas por marcos regulatórios como o **Programa Combustível do Futuro (Lei nº 14.993/2024)** e o **RenovaBio**. Outros vetores de transição incluem o biometano, o querosene sustentável de aviação (SAF) e o hidrogênio de baixo carbono. Complementarmente, o plano propõe ações estruturantes, como linhas de crédito e incentivos fiscais para aquisição de frotas de baixa emissão (incluindo biogás e hidrogênio) até 2028, e o desenvolvimento de uma infraestrutura de abastecimento abrangente, com implantação de corredores verdes rodoviários.

Outro eixo estratégico é o aumento da eficiência energética, a partir da modernização da frota e da melhoria da infraestrutura. As políticas regulatórias preveem limites mais restritivos de emissões atmosféricas para veículos médios e pesados novos e em circulação até 2032, o que contribuirá tanto para a qualidade do ar quanto para a mitigação de GEE. A renovação da frota está prevista por meio de um programa específico para veículos médios e pesados até 2030 e de incentivos ao retrofit até 2028. Paralelamente, a melhoria da qualidade dos pavimentos nas rodovias federais – visando elevar o Índice da Condição da Superfície (ICS) – e a capacitação em condução eficiente no transporte rodoviário e na navegação são ações prioritárias até 2030.

A terceira alavanca de mitigação é o reequilíbrio da matriz de transportes, que busca reduzir a dependência do modal rodoviário – o de maior emissão por tonelada-quilômetro em longas distâncias. O Plano estabelece metas de ampliação da participação ferroviária e aquaviária,

com destaque para o aumento da participação do transporte aquaviário para 18% até 2035. Para viabilizar essa mudança, são previstos incentivos financeiros e fiscais a investimentos em infraestrutura ferroviária, aquaviária e terminais intermodais até 2025, além da conclusão de obras do Novo PAC e da efetivação das concessões. Medidas regulatórias como os decretos do Programa BR do Mar e a criação do Programa de Fomento à Navegação Interior – BR dos Rios, ambos previstos até 2025, serão determinantes para o fortalecimento da cabotagem e do transporte interior.

O financiamento contará com programas como o Mover, o Novo PAC e instrumentos de mercado, como debêntures de infraestrutura. Contudo, o Plano enfrenta desafios relevantes, como a descontinuidade de políticas, a limitação de recursos para investimentos e as incertezas tecnológicas sobre a maturidade comercial de novos combustíveis e a viabilidade da eletrificação em veículos pesados. Superar esses obstáculos e assegurar uma transição justa será essencial para o alcance das metas setoriais de mitigação.

Programa de Sustentabilidade para Infraestrutura de Rodovias e Ferrovias Federais:

instituído pela ANTT com a Resolução nº 6.057 de 2024, visa promover a sustentabilidade na infraestrutura de transportes terrestres regulada pela agência, conciliando desenvolvimento com conservação ambiental, redução de emissões de gases de efeito estufa e responsabilidade social. O programa está estruturado em três níveis de adesão, com diferentes compromissos de sustentabilidade, que vão desde a implementação de políticas ambientais até a adoção de práticas adicionais para mitigar impactos sociais e ambientais. As concessionárias que aderirem terão acesso a benefícios como a emissão de debêntures incentivadas e recursos financeiros para tornar a infraestrutura mais sustentável. O programa também conta com iniciativas de inovação, como o *sandbox* regulatório, para testar soluções sustentáveis em ambiente regulatório controlado. Com relação à qualidade do ar, o Programa prevê o Parâmetro de Desenvolvimento Sustentável 3: "eficiência de recursos e prevenção da poluição".

Painel Vigiar: sob gestão do Ministério da Saúde, é uma ferramenta integrante da Vigilância em Saúde Ambiental que visa identificar e monitorar áreas no Brasil onde a população está mais exposta a poluentes atmosféricos, especialmente ao material particulado fino (MP_{2,5}). O painel tem como objetivo subsidiar a formulação de políticas públicas, fornecendo dados sobre concentrações anuais e mensais de poluentes e estimativas dos impactos na saúde humana, como mortes evitáveis atribuídas à poluição do ar. Além disso, o Vigiar apoia a prevenção, a promoção da saúde e a atenção integral às populações afetadas, atuando em áreas com atividades econômicas ou sociais geradoras de poluição e priorizando o acompanhamento dos efeitos agudos e crônicos da exposição, conforme orientações do Sistema Único de Saúde (SUS).

8.1 Iniciativas do Setor de Transportes

Programa Despoluir: programa ambiental da iniciativa privada, promovido pela Confederação Nacional do Transporte – CNT e pelo Serviço Social do Transporte – SEST e Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte – SENAT desde 2007, incentiva os transportadores a adotarem práticas ambientalmente responsáveis, a diminuir os seus impactos na natureza e na saúde pública, com foco especial na qualidade de vida dos trabalhadores. Entre as linhas de ação está a avaliação veicular ambiental, com o objetivo de redução da emissão de poluentes e consumo de diesel. Os veículos aprovados recebem o Selo Despoluir.

Inventário CNT de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Setor de Transporte: também produzido pela CNT, o estudo foi desenvolvido com ampla colaboração do setor privado, associações empresariais e ministérios do governo federal, utilizando dados primários fornecidos pelo próprio setor. Além dos indicadores do transporte, foram incorporadas informações reais de uso e deslocamento obtidas pelo Programa Despoluir.

“Coalizão dos Transportes: como tornar o setor de transportes um contribuidor ativo para a redução das emissões brasileiras”: liderado por Motiva, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável — CEBDS, CNT e Observatório da Mobilidade do Insper, o estudo mobilizou mais de 50 entidades em todo o setor de transportes para embasar o processo de descarbonização do setor de transportes, fazendo um complexo panorama do setor e colocando propostas com alavancas de implementação.

9. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE MOTOCICLETAS, CICLOMOTORES, MOTONETAS, BICICLETAS E SIMILARES (ABRACICLO). **Dados do Setor de Duas Rodas 2025**. São Paulo, 2025. Disponível em: <https://abraciclo.com.br/wp-content/uploads/2025/06/Dados-do-Setor-de-Duas-Rodas-2025.pdf>. Acesso em: jun. 2025

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2008**. São Paulo: ANTP, 2009. Disponível em: https://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/04/11/4959DF25-8BE7-4DD1-8D31-64D95B5B2385.pdf. Acesso em: out. 2025.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2018**. São Paulo: ANTP, 2020. Disponível em: <https://files.antp.org.br/simob/sistema-de-informacoes-da-mobilidade--simob--2018.pdf>. Acesso em: out. 2025.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2025**. São Paulo: ANFAVEA, 2025. Disponível em: https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2025/06/DIGITAL-ANUARIO-2025ALT.CAP_4_compressed.pdf. Acesso em: jun. 2025.

BORSARI, V. **Caracterização das emissões de gases de efeito estufa por veículos automotores leves no Estado de São Paulo**. 2009. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BORSARI, V. **As emissões veiculares e os gases do efeito estufa**. São Paulo: Society of Automotive Engineers, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Emissões de Gases de Efeito Estufa por Queima de Combustíveis: Abordagem Bottom-up - Anexo Metodológico**. Brasília, 2015. Disponível em: https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/5291/1/2015_setor_energia_emissoes_gases_efeito_estufa_queima_combustiveis_abordagem_bottom_up_anexo_metodologico%20.pdf. Acesso em: out. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Quarta Comunicação Nacional e Relatórios de Atualização Bienal do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima: Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatório de Referência: Setor Energia, Subsetor Queima de Combustíveis Fósseis, Categoria Transporte Rodoviário**. Brasília: MCTI, ago. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Nota Técnica: Motorizações alternativas em caminhões e ônibus no Brasil - contextualização e possíveis trajetórias de inserção**. Brasília: MME, dez. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários: Relatório Final**. Brasília: MMA, 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012**. Brasília: MMA, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/qualidade-do-ar/eventos/webinar-inventarios-de-emissoes-28-02-2025/iema-webinar-inventarios-de-emissao-fontes-rodoviaras.pdf>. Acesso em: 13 out. 2025.

CLIMATE AND CLEAN AIR COALITION (CCAC). **Brief on Black Carbon Policy Framework**. 2017. Disponível em: <https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/SAP-MAR2017-06%20-%20SAP%20Paper%20-%20Overview%20of%20black%20carbon%20policy%20framework.pdf>. Acesso em: jun. 2025.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2020**. São Paulo: CETESB, 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2022/03/Relatorio-Emissoes-Veiculares-2020.pdf>. Acesso em: set. 2025.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Fator de emissão: Relatórios de emissões veiculares no Estado de São Paulo - 2024**. São Paulo: CETESB, 2025. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/>. Acesso em: jun. 2025.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Metodologia de cálculo do inventário de emissões veiculares no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2024/10/Metodologia-de-Calculo-do-Inventario-de-Emissoes-Veiculares-no-Estado-de-Sao-Paulo.pdf>. Acesso em: set. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional 2024: Ano base 2023**. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf. Acesso em: set. 2025.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023. Seção 1.A.3.b.v - Gasoline evaporation**. Atualizado em 2025a. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-v>. Acesso em: 16 out. 2025.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023. Seções 1.A.3.b.i a 1.A.3.b.v - Passenger cars**; Light commercial trucks; Heavy-duty vehicles including buses; Mopeds & motorcycles. SNAP 0701 a 0705. Atualizado em 2025b. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i>. Acesso em: 16 out. 2025.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023. Seções 1.A.3.b.vi e 1.A.3.b.vii - Road transport: Automobile tyre and brake wear**; Road transport: Automobile road abrasion. Software version COPERT 5.9. Atualizado em 2025c. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-vi>. Acesso em: 16 out. 2025.

FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (FENABRAVE). **Anuário FENABRAVE 2022**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.fenabrave.org.br/anuarios/Anuario2022.pdf>. Acesso em: set. 2025.

FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (FENABRAVE). **Anuário 2024 FENABRAVE**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.fenabrave.org.br/anuarios/Anuario2024.pdf>. Acesso em: set. 2025.

KIM, Jisue et al. **Estimation of the concentration of nano-carbon black in tire-wear particles using emission factors of PM₁₀, PM_{2.5}, and black carbon**. *Chemosphere*, v. 303, p. 134976, 2022.

VICENTINI, P. C. **Metodologia para o Inventário de Emissões Evaporativas Provenientes do Sistema de Alimentação de Combustível de Veículos do Ciclo Otto: Desempenho de Produtos em Motores**. PETROBRAS, 2010.

ANEXOS

Anexo A - Parametrização das curvas de sucateamento

As curvas de sucateamento de automóveis, veículos comerciais leves, caminhões e ônibus, adotadas neste Inventário foram as apresentadas no Relatório de Referência de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Energético por Fontes Móveis do Quarto Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, MCTI (2022).

A função de sucateamento resultante é uma função Gompertz e tem as seguintes características:

$$S(t) = 1 - \exp(-\exp(a+b(t)))$$

Onde:

- **S(t)** é a fração de veículos remanescentes, ainda não sucateados, na idade t;
- **t** é a idade do veículo em anos;
- **a** = 1,798 para automóveis;
a = 1,618 para veículos comerciais leves do ciclo Otto;
a = 0,8 para motocicletas;
- **b** = - 0,096 para automóveis;
b = -0,141 para veículos comerciais leves do ciclo Otto;
b = -0,0931 para motocicletas.

Para motocicletas, foi aplicado apenas os valores acima de quatro anos de uso.

Para veículos do ciclo Diesel, foi utilizada a função Logística (ciclo Diesel):

$$S(t) = 1 / (1 + \exp(a(t-t_0))) + 1 / (1 + \exp(a(t+t_0)))$$

Onde:

- **S(t)** é a fração de veículos remanescentes, ainda não sucateados, na idade t;
- **t** é a idade do veículo em anos;
- **t₀** = 17 para veículos comerciais leves do ciclo Diesel;
t₀ = 19,1 para caminhões; e
t₀ = 19,1 para ônibus;
- **a** = 0,17 para veículos comerciais leves do ciclo Diesel;
a = 0,08 para caminhões; e
a = 0,16 para ônibus.

Anexo B - Intensidade de uso

Tabela B.1 – Valores de intensidade de uso de referência (km/veículo/ano)

Anos de uso	Automóveis e Comerciais Leves Otto	Automóveis e Comerciais Leves Diesel	Motocicletas	Ônibus Urbanos e Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves e Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados e Pesados
0	10.000	10.000	6.000	45.997	59.047	32.290	56.155	58.952
1	19.400	19.600	11.600	88.443	116.095	63.875	110.518	116.415
2	18.800	19.200	11.200	84.892	114.098	63.171	108.727	114.927
3	18.200	18.800	10.800	81.341	112.100	62.466	106.936	113.438
4	17.600	18.400	10.400	77.790	110.102	61.762	105.145	111.950
5	17.000	18.000	10.000	74.240	108.104	61.058	103.355	110.461
6	16.400	17.600	9.600	70.689	106.107	60.353	101.564	108.973
7	15.800	17.200	9.200	67.138	104.109	59.649	99.773	107.484
8	15.200	16.800	8.800	63.587	102.111	58.944	97.982	105.996
9	14.600	16.400	8.400	60.036	100.113	58.240	96.191	104.507
10	14.000	16.000	8.000	56.485	98.116	57.535	94.400	103.019
11	13.400	15.600	7.600	52.935	96.118	56.831	92.609	101.530
12	12.800	15.200	7.200	49.384	94.120	56.127	90.818	100.041
13	12.200	14.800	6.800	45.833	92.122	55.422	89.027	98.553
14	11.600	14.400	6.400	42.282	90.125	54.718	87.236	97.064
15	11.000	14.000	6.000	38.731	88.127	54.013	85.446	95.576
16	10.400	13.600	5.600	35.180	86.129	53.309	83.655	94.087
17	9.800	13.200	5.200	31.630	84.132	52.605	81.864	92.599
18	9.200	12.800	4.800	28.079	82.134	51.900	80.073	91.110
19	8.600	12.400	4.400	24.528	80.136	51.196	78.282	89.622
20	8.000	12.000	4.000	20.977	78.138	50.491	76.491	88.133
21	7.400	11.600	3.600	17.426	76.141	49.787	74.700	86.644
22	6.800	11.200	3.200	13.875	74.143	49.083	72.909	85.156
23	6.200	10.800	2.800	10.324	72.145	48.378	71.118	83.667
24	5.600	10.400	2.400	6.774	70.147	47.674	69.327	82.179
25	5.000	10.000	2.000	3.223	68.150	46.969	67.537	80.690
26	4.400	10.000	2.000	0	66.152	46.265	65.746	79.202
27	3.800	10.000	2.000	0	64.154	45.560	63.955	77.713
28	3.200	10.000	2.000	0	62.156	44.856	62.164	76.225
29	2.600	10.000	2.000	0	60.159	44.152	60.373	74.736
30	2.000	10.000	2.000	0	58.161	43.447	58.582	73.248
31	2.000	10.000	2.000	0	56.163	42.743	56.791	71.759
32	2.000	10.000	2.000	0	54.166	42.038	55.000	70.270
33	2.000	10.000	2.000	0	52.168	41.334	53.209	68.782
34	2.000	10.000	2.000	0	50.170	40.630	51.418	67.293
35	2.000	10.000	2.000	0	48.172	39.925	49.628	65.805
36	2.000	10.000	2.000	0	46.175	39.221	47.837	64.316
37	2.000	10.000	2.000	0	44.177	38.516	46.046	62.828
38	2.000	10.000	2.000	0	42.179	37.812	44.255	61.339
39	2.000	10.000	2.000	0	40.181	37.107	42.464	59.851
40	2.000	10.000	2.000	0	38.184	36.403	40.673	58.362
41	2.000	10.000	2.000	0	36.186	35.699	38.882	56.873
42	2.000	10.000	2.000	0	34.188	34.994	37.091	55.385
43	2.000	10.000	2.000	0	32.190	34.290	35.300	53.896
44	2.000	10.000	2.000	0	30.193	33.585	33.509	52.408
45	2.000	10.000	2.000	0	28.195	32.881	31.719	50.919
46	2.000	10.000	2.000	0	26.197	32.177	29.928	49.431
47	2.000	10.000	2.000	0	24.200	31.472	28.137	47.942
48	2.000	10.000	2.000	0	22.202	30.768	26.346	46.454
49	2.000	10.000	2.000	0	20.204	30.063	24.555	44.965
50	2.000	10.000	2.000	0	18.206	29.359	22.764	43.477

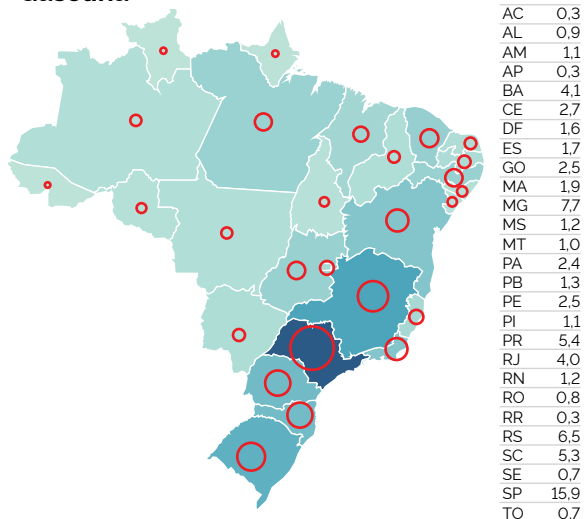
APÊNDICES

Apêndice A - Desagregação das emissões

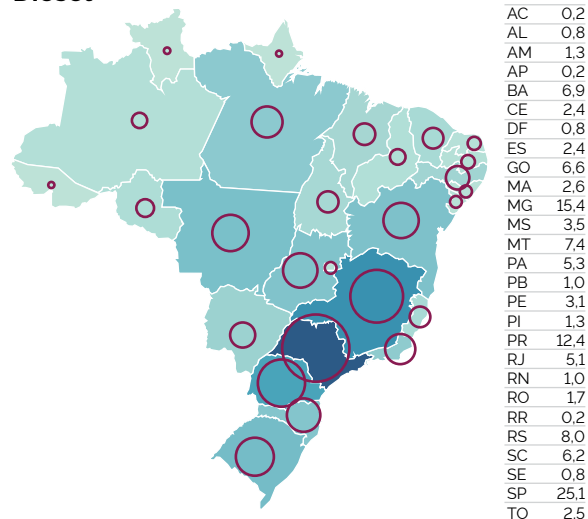
Figura A.1 – Desagregação das emissões por unidade da Federação, com base nos dados de vendas de combustíveis

Emissões em milhões de toneladas de CO₂ eq

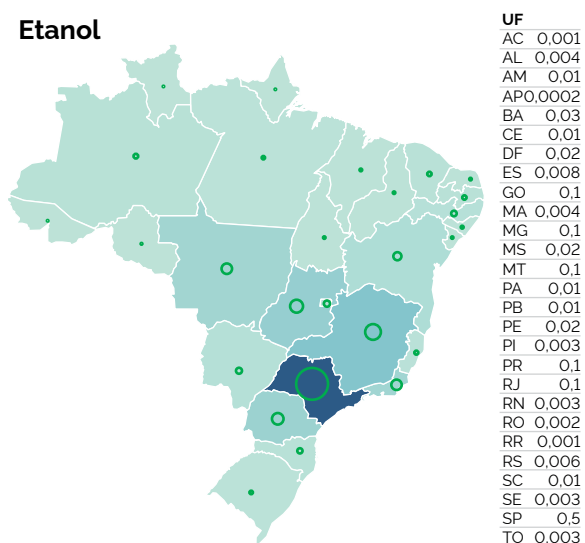
Gasolina



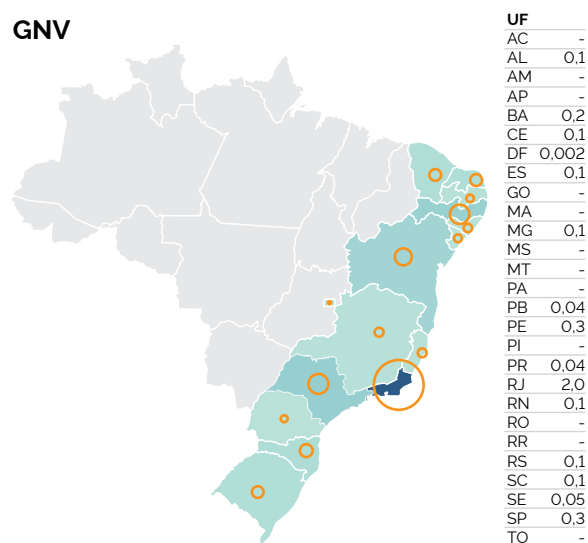
Diesel



Etanol



GNV



Apêndice B - Tabelas de evolução do consumo de combustível por categoria de veículos

Tabela B.1 - Evolução do consumo anual de gasolina A e GNV por categoria de veículos

Ano	Gasolina A (10³ m³)						GNV (10⁶ m³)
	Automóveis		Comerciais Leves		Motocicletas		
	Dedidados à Gasolina C	Flex Fuel	Dedidados à Gasolina C	Flex Fuel	Dedidados à Gasolina C	Flex Fuel	
1980	10.012	-	1.386	-	32	-	-
1981	9.621	-	1.272	-	48	-	-
1982	9.189	-	1.151	-	69	-	-
1983	7.700	-	919	-	81	-	-
1984	6.921	-	798	-	94	-	-
1985	6.760	-	751	-	110	-	-
1986	7.634	-	816	-	145	-	-
1987	6.698	-	691	-	148	-	-
1988	6.506	-	649	-	164	-	3
1989	7.339	-	728	-	205	-	2
1990	8.334	-	875	-	244	-	2
1991	8.963	-	1.017	-	264	-	2
1992	8.877	-	1.067	-	255	-	-
1993	9.302	-	1.171	-	251	-	25
1994	10.171	-	1.319	-	249	-	46
1995	12.147	-	1.638	-	271	-	49
1996	14.114	-	2.042	-	302	-	36
1997	15.317	-	2.344	-	334	-	47
1998	16.029	-	2.516	-	377	-	132
1999	14.983	-	2.353	-	386	-	159
2000	14.494	-	2.244	-	411	-	313
2001	14.272	-	2.164	-	450	-	572
2002	13.660	-	2.006	-	480	-	980
2003	14.402	4	2.062	1	564	-	1.328
2004	14.824	34	2.095	6	652	-	1.580
2005	14.740	127	2.038	16	735	-	1.945
2006	15.368	367	2.067	36	915	-	2.307
2007	14.751	687	1.924	68	1.124	-	2.559
2008	14.426	1.123	1.803	121	1.409	-	2.453
2009	13.284	2.342	1.583	270	1.573	4	2.106
2010	13.326	5.414	1.511	664	1.816	30	2.008
2011	12.759	9.627	1.373	1.265	1.919	119	1.972
2012	12.939	13.345	1.319	1.825	2.080	249	1.942
2013	11.710	14.521	1.127	2.016	1.982	323	1.872
2014	11.036	16.597	999	2.356	1.945	419	1.812
2015	9.851	15.137	835	2.170	1.786	422	1.764
2016	9.047	17.035	720	2.418	1.682	500	1.810
2017	8.429	18.436	630	2.576	1.610	545	1.971
2018	7.500	15.866	524	2.165	1.471	465	2.212
2019	7.100	16.225	463	2.148	1.436	476	2.285
2020	5.965	16.009	362	2.068	1.248	477	1.885
2021	5.716	18.450	323	2.355	1.245	570	2.168
2022	5.609	20.836	297	2.634	1.286	678	2.263
2023	5.486	22.687	282	2.885	1.345	787	1.957
2024	5.132	21.634	277	2.839	1.367	816	1.635

Tabela B.2 - Evolução do consumo anual de etanol por categoria de veículos (10³ m³)

Ano	Etanol Anidro								Etanol Hidratado				
	Automóveis			Comerciais Leves			Motocicletas		Automóveis		Comerciais Leves		Moto-ciclistas
	Dedidados à Gasolina C	Flex Fuel	Híbrido	Dedidados à Gasolina C	Flex Fuel	Híbrido	Dedidados à Gasolina C	Flex Fuel	Dedidados a Etanol Hidratado	Flex Fuel	Dedidados a Etanol Hidratado	Flex Fuel	Flex Fuel
1980	1973	-	-	273	-	-	6	-	402	-	27	-	-
1981	1.008	-	-	133	-	-	5	-	1.309	-	83	-	-
1982	1.784	-	-	223	-	-	13	-	1.565	-	109	-	-
1983	1.944	-	-	232	-	-	20	-	2.738	-	212	-	-
1984	1.844	-	-	213	-	-	25	-	4.199	-	376	-	-
1985	1.881	-	-	209	-	-	31	-	5.519	-	569	-	-
1986	2.169	-	-	232	-	-	41	-	7.552	-	845	-	-
1987	1.898	-	-	196	-	-	42	-	7.950	-	969	-	-
1988	1.747	-	-	174	-	-	44	-	8.631	-	1.129	-	-
1989	1.439	-	-	143	-	-	40	-	9.746	-	1.322	-	-
1990	1.074	-	-	113	-	-	31	-	8.982	-	1.230	-	-
1991	1.441	-	-	164	-	-	42	-	9.019	-	1.232	-	-
1992	1.937	-	-	233	-	-	56	-	8.256	-	1.131	-	-
1993	2.108	-	-	265	-	-	57	-	8.504	-	1.171	-	-
1994	2.708	-	-	351	-	-	66	-	8.579	-	1.181	-	-
1995	2.914	-	-	393	-	-	65	-	8.754	-	1.192	-	-
1996	3.477	-	-	503	-	-	74	-	8.634	-	1.151	-	-
1997	4.268	-	-	653	-	-	93	-	7.353	-	952	-	-
1998	4.521	-	-	710	-	-	106	-	6.857	-	860	-	-
1999	5.074	-	-	797	-	-	131	-	6.289	-	762	-	-
2000	4.822	-	-	747	-	-	137	-	4.874	-	569	-	-
2001	5.078	-	-	770	-	-	160	-	3.825	-	432	-	-
2002	6.134	-	-	901	-	-	215	-	3.909	-	434	-	-
2003	6.136	2	-	879	0	-	240	-	3.352	37	365	8	-
2004	6.272	14	-	886	3	-	276	-	3.945	403	411	76	-
2005	6.376	55	-	882	7	-	318	-	3.626	1.482	360	188	-
2006	4.262	102	-	573	10	-	254	-	3.127	3.343	298	326	-
2007	4.951	230	-	646	23	-	377	-	2.921	6.558	269	618	-
2008	5.055	393	-	632	42	-	494	-	2.683	10.659	238	1.087	-
2009	4.428	781	0,01	528	90	-	524	1	2.250	12.658	193	1.344	25
2010	4.155	1.688	0,01	471	207	-	566	9	2.028	12.505	168	1.391	72
2011	3.977	3.001	0,04	428	394	-	598	37	1.751	9.107	140	1.101	118
2012	3.161	3.261	0,07	322	446	-	508	61	1.512	8.427	117	1.079	164
2013	3.580	4.440	0,16	345	616	-	606	99	1.296	10.199	96	1.345	234
2014	3.645	5.482	0,35	330	778	0,01	642	138	1.130	10.982	81	1.496	284
2015	3.568	5.483	1	303	786	0,01	647	153	944	15.235	65	2.113	432
2016	3.198	6.021	1	254	855	0,01	595	177	797	12.624	52	1.745	377
2017	3.157	6.905	1	236	965	0,01	603	204	707	11.798	43	1.611	354
2018	2.736	5.788	2	191	790	0,02	537	170	591	16.761	34	2.239	498
2019	2.690	6.146	5	175	814	0,02	544	180	541	19.552	29	2.543	581
2020	2.231	5.986	8	135	773	0,02	467	178	438	16.739	22	2.130	505
2021	2.198	7.095	16	124	905	0,05	479	219	410	14.793	19	1.856	463
2022	2.178	8.089	30	115	1.022	0,08	499	263	393	14.293	17	1.771	471
2023	2.099	8.679	49	108	1.104	0,14	515	301	376	15.285	15	1.903	539
2024	1.966	8.285	77	106	1.087	0,48	523	313	349	19.897	13	2.552	763

Tabela B.3 - Evolução do consumo anual de diesel de petróleo por categoria de veículos (10³ m³)

Ano	Diesel de Petróleo									
	Automóveis	Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviário	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados
1980	9	67	2.440	89	335	-	1.531	4.190	4.643	-
1981	8	105	2.327	92	323	-	1.508	4.127	4.593	-
1982	9	165	2.322	98	328	-	1.543	4.160	4.683	-
1983	9	207	2.200	97	316	0,3	1.517	3.935	4.474	19
1984	9	250	2.222	102	326	2	1.623	3.978	4.601	70
1985	9	288	2.232	106	333	6	1.756	4.005	4.770	149
1986	11	358	2.518	122	381	17	2.159	4.496	5.590	286
1987	12	393	2.604	125	396	29	2.361	4.516	5.954	433
1988	13	424	2.677	126	408	36	2.438	4.360	6.149	587
1989	15	486	2.826	132	432	44	2.588	4.344	6.545	721
1990	16	532	2.844	130	438	51	2.615	4.237	6.557	847
1991	17	585	3.072	132	470	58	2.702	4.319	6.650	1.043
1992	19	620	3.289	132	500	61	2.713	4.259	6.596	1.200
1993	23	676	3.456	131	525	63	2.742	4.228	6.605	1.448
1994	28	764	3.618	129	551	64	2.824	4.257	6.712	1.848
1995	32	859	3.898	130	590	65	2.949	4.378	6.910	2.334
1996	33	926	4.177	130	628	65	3.019	4.445	7.008	2.730
1997	39	1.027	4.477	145	675	65	3.143	4.572	7.281	3.180
1998	49	1.153	4.717	180	718	65	3.256	4.683	7.589	3.635
1999	55	1.234	4.704	227	730	67	3.278	4.626	7.678	3.897
2000	61	1.340	4.702	331	756	81	3.404	4.632	7.974	4.231
2001	66	1.437	4.667	467	780	106	3.516	4.582	8.216	4.535
2002	67	1.536	4.684	623	817	148	3.665	4.601	8.519	4.910
2003	60	1.496	4.343	751	795	178	3.519	4.276	8.197	4.984
2004	59	1.593	4.416	934	846	220	3.705	4.344	8.771	5.700
2005	64	1.584	4.184	992	839	249	3.622	4.093	8.769	6.032
2006	83	1.609	4.155	1.046	850	285	3.611	3.957	8.895	6.355
2007	113	1.674	4.367	1.135	886	331	3.702	3.951	9.319	6.925
2008	146	1.737	4.586	1.221	909	373	3.749	3.893	9.829	7.654
2009	164	1.710	4.451	1.214	852	379	3.548	3.575	9.692	7.796
2010	197	1.897	4.800	1.328	892	417	3.776	3.671	10.753	8.928
2011	223	2.013	5.041	1.371	909	435	3.856	3.586	11.521	9.846
2012	250	2.157	5.366	1.404	943	456	3.985	3.543	12.316	10.660
2013	278	2.351	5.761	1.452	990	477	4.162	3.545	13.146	11.653
2014	292	2.416	5.813	1.416	982	466	4.093	3.369	13.235	12.060
2015	297	2.334	5.473	1.304	920	435	3.835	3.078	12.554	11.545
2016	320	2.318	5.232	1.231	886	427	3.714	2.910	12.148	11.218
2017	364	2.378	5.110	1.187	874	431	3.681	2.825	12.027	11.253
2018	407	2.428	4.951	1.131	853	430	3.580	2.721	11.747	11.338
2019	457	2.554	4.983	1.114	857	440	3.538	2.707	11.784	12.011
2020	489	2.576	4.826	1.056	831	436	3.369	2.610	11.490	12.348
2021	573	2.855	5.066	1.087	877	480	3.541	2.782	12.459	14.102
2022	622	2.974	5.042	1.060	875	504	3.507	2.805	12.813	15.312
2023	641	3.023	5.009	1.029	867	523	3.398	2.758	12.894	16.049
2024	639	3.063	4.978	1.000	856	536	3.257	2.682	12.866	16.554

Tabela B.4 - Evolução do consumo anual de biodiesel por categoria de veículos (10³ m³)

Ano	Biodiesel									
	Automóveis	Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviário	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados
2005	0,001	0,03	0,1	0,02	0,02	0,004	0,1	0,1	0,2	0,1
2006	0,1	3	7	2	1	0,5	6	7	15	11
2007	1	16	42	11	9	3	36	38	90	67
2008	4	45	118	31	23	10	97	100	253	197
2009	6	64	166	45	32	14	133	134	362	291
2010	10	95	240	66	45	21	189	183	537	446
2011	11	103	258	70	47	22	197	184	590	504
2012	13	112	280	73	49	24	208	185	642	556
2013	14	122	298	75	51	25	215	183	680	603
2014	17	144	346	84	58	28	244	200	788	718
2015	22	172	403	96	68	32	282	226	924	849
2016	24	174	394	93	67	32	280	219	914	844
2017	31	200	431	100	74	36	310	238	1.014	948
2018	44	261	532	122	92	46	385	292	1.262	1.218
2019	53	295	575	128	99	51	408	312	1.359	1.385
2020	62	326	610	133	105	55	426	330	1.452	1.561
2021	71	352	625	134	108	59	437	343	1.537	1.740
2022	69	330	560	118	97	56	390	312	1.424	1.701
2023	84	394	653	134	113	68	443	360	1.681	2.093
2024	99	474	770	155	132	83	504	415	1.991	2.562

Apêndice C - Tabelas de emissões por categoria de veículos e tipo de combustível

Tabela C.1 - Emissões de CO por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis					Comerciais Leves Otto					Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Flex	
				Gasolina C	Etanol Hidratado				Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	3.967.834	52.198	-	-	-	480.688	3.557	-	-	-	37.225	-	-
1981	3.526.274	175.315	-	-	-	407.891	11.092	-	-	-	52.256	-	-
1982	3.653.985	211.733	-	-	-	400.814	14.771	-	-	-	80.452	-	-
1983	3.228.343	383.527	-	-	-	337.368	28.549	-	-	-	98.948	-	-
1984	2.954.160	606.488	-	-	-	297.591	50.034	-	-	-	115.697	-	-
1985	2.933.206	815.180	-	-	-	284.040	74.880	-	-	-	137.053	-	-
1986	3.348.204	1.132.529	-	-	-	311.346	110.443	-	-	-	181.665	-	-
1987	2.950.639	1.201.806	-	-	-	263.377	125.641	-	-	-	185.045	-	-
1988	2.842.716	1.301.098	-	-	-	243.605	143.852	-	-	-	203.409	-	-
1989	3.001.101	1.457.400	-	-	-	249.944	164.925	-	-	-	239.485	-	-
1990	3.126.089	1.345.910	-	-	-	259.452	152.814	-	-	-	269.082	-	-
1991	3.306.988	1.353.833	-	-	-	276.727	152.410	-	-	-	299.202	-	-
1992	3.243.392	1.216.157	-	-	-	274.263	135.291	-	-	-	303.502	-	-
1993	3.135.926	1.206.766	-	-	-	270.116	132.210	-	-	-	300.291	-	-
1994	3.099.392	1.176.533	-	-	-	274.900	126.584	-	-	-	308.099	-	-
1995	3.046.204	1.181.038	-	-	-	288.449	124.027	-	-	-	327.937	-	-
1996	2.985.716	1.158.557	-	-	-	313.277	117.855	-	-	-	367.002	-	-
1997	2.769.931	982.636	-	-	-	322.097	96.314	-	-	-	417.270	-	-
1998	2.446.782	912.180	-	-	-	299.201	85.960	-	-	-	471.775	-	-
1999	2.080.317	830.599	-	-	-	255.941	75.069	-	-	-	504.542	-	-
2000	1.752.330	637.002	-	-	-	216.388	55.095	-	-	-	534.645	-	-
2001	1.521.034	493.174	-	-	-	188.507	40.733	-	-	-	595.519	-	-
2002	1.344.496	491.249	-	-	-	167.228	38.733	-	-	-	678.841	-	-
2003	1.218.290	407.326	-	28	134	151.776	30.638	-	7	31	720.248	-	-
2004	1.107.796	462.360	-	217	1.476	138.188	33.121	-	42	281	711.930	-	-
2005	999.797	409.037	-	916	5.297	124.183	27.888	-	116	705	689.945	-	-
2006	860.728	342.723	0,002	2.702	13.054	105.665	22.260	0,01	254	1.163	625.774	-	-
2007	815.016	313.161	0,01	5.744	27.904	98.335	19.398	0,02	515	2.175	624.343	-	-
2008	764.490	280.782	0,04	10.036	48.981	90.009	16.607	0,04	916	3.840	613.946	-	-
2009	662.082	229.239	0,1	20.594	61.755	75.571	12.968	0,04	1.835	4.906	549.206	188	393
2010	625.409	200.333	0,2	46.048	64.099	68.730	10.866	0,1	4.027	5.430	525.467	1.226	1.118
2011	572.894	167.228	1	83.350	48.739	60.309	8.697	0,1	7.450	4.657	480.880	4.981	2.028
2012	529.175	138.998	2	110.909	46.595	53.187	6.941	0,1	10.169	4.964	439.419	9.960	3.220
2013	487.864	114.118	3	127.202	57.657	46.655	5.477	0,1	11.897	6.566	398.037	13.304	5.004
2014	456.808	95.458	6	151.118	63.435	41.554	4.373	0,1	14.634	7.518	365.345	17.217	6.290
2015	408.168	76.683	10	145.139	90.415	35.354	3.339	0,2	14.643	10.784	319.625	17.762	9.843
2016	366.123	62.755	15	171.513	77.527	30.245	2.577	0,2	17.724	9.120	280.673	21.017	8.532
2017	342.234	54.751	23	199.120	75.106	27.002	2.102	0,3	20.658	8.629	256.779	23.427	7.810
2018	298.680	45.554	38	176.223	109.671	22.542	1.640	0,3	18.114	12.144	219.529	20.411	10.782
2019	282.184	42.073	73	189.410	131.326	20.397	1.420	0,4	19.132	14.066	203.158	21.937	12.392
2020	233.515	34.805	123	194.973	115.336	16.207	1.105	1	19.393	12.149	164.545	22.659	10.612
2021	223.978	33.437	235	238.419	105.282	14.943	999	1	23.533	11.012	153.975	28.062	9.614
2022	219.429	33.001	427	283.485	104.949	14.099	931	2	27.873	10.857	147.857	34.788	9.804
2023	213.195	32.489	788	320.998	115.363	13.243	867	3	31.713	11.756	142.206	41.534	11.341
2024	198.548	30.897	1.443	317.361	153.933	11.962	782	5	31.848	15.493	131.820	43.704	16.295

Tabela C.2 - Emissões de CO por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel										GNV
	Automóveis	Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviário	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	24	176	16.947	467	2.325	-	10.630	29.332	32.254	-	-
1981	24	274	16.158	483	2.246	-	10.474	28.885	31.910	-	-
1982	25	430	16.125	515	2.277	-	10.717	29.122	32.535	-	-
1983	24	542	15.275	511	2.196	2	10.537	27.545	31.083	132	-
1984	25	659	15.431	538	2.262	15	11.270	27.845	31.967	488	-
1985	26	765	15.496	559	2.312	42	12.195	28.034	33.141	1.037	-
1986	31	962	17.485	640	2.643	115	14.989	31.473	38.836	1.989	-
1987	34	1.068	18.084	655	2.753	198	16.393	31.609	41.364	3.011	-
1988	36	1.160	18.590	664	2.833	253	16.933	30.515	42.717	4.076	20
1989	41	1.338	19.627	695	3.002	308	17.971	30.406	45.474	5.011	13
1990	43	1.470	19.747	685	3.039	354	18.157	29.658	45.551	5.886	13
1991	48	1.626	21.331	696	3.265	407	18.766	30.228	46.200	7.250	13
1992	53	1.731	22.842	693	3.469	426	18.838	29.813	45.828	8.333	0
1993	63	1.891	24.000	688	3.646	436	19.044	29.594	45.891	10.058	168
1994	78	2.133	25.121	680	3.823	447	19.608	29.796	46.634	12.836	309
1995	87	2.396	27.066	681	4.097	455	20.477	30.643	48.004	16.214	329
1996	91	2.582	29.004	682	4.363	450	20.967	31.110	48.685	18.964	242
1997	106	2.855	31.088	762	4.688	451	21.824	31.999	50.585	22.096	316
1998	132	3.181	32.756	946	4.985	450	22.609	32.781	52.725	25.253	887
1999	149	3.378	32.665	1.194	5.070	467	22.765	32.383	53.344	27.074	1.068
2000	165	3.672	32.512	1.739	5.221	553	23.540	32.338	55.158	29.224	2.103
2001	180	3.965	32.010	2.455	5.338	710	24.125	31.829	56.379	30.997	3.844
2002	184	4.227	31.401	3.273	5.440	893	24.627	31.503	57.272	32.529	6.586
2003	164	4.066	28.061	3.945	5.072	959	22.901	28.625	53.239	31.266	8.924
2004	160	4.445	27.437	4.907	5.171	1.097	23.332	28.440	54.623	33.478	10.618
2005	193	4.683	24.911	5.215	4.901	1.160	22.058	26.192	52.222	33.310	13.068
2006	288	4.985	23.639	5.508	4.763	1.306	21.491	24.873	51.109	33.411	15.500
2007	450	5.539	23.779	6.021	4.787	1.558	21.795	24.587	51.991	34.665	17.196
2008	612	6.053	24.342	6.331	4.739	1.755	21.890	23.946	53.339	36.177	16.482
2009	673	6.057	23.068	5.963	4.270	1.737	20.356	21.466	50.865	35.166	14.153
2010	791	6.783	24.155	6.359	4.284	1.894	21.051	21.489	54.245	38.224	13.491
2011	857	7.054	24.178	6.464	4.096	1.934	20.444	20.205	55.383	39.441	13.252
2012	878	7.055	23.696	6.287	3.950	1.914	19.833	19.085	55.227	39.918	13.049
2013	867	6.899	22.575	5.905	3.826	1.847	19.168	18.072	53.310	39.722	12.580
2014	827	6.498	20.504	5.281	3.550	1.705	17.697	16.340	49.155	37.953	12.173
2015	765	5.900	17.985	4.572	3.183	1.539	15.952	14.403	44.126	34.893	11.857
2016	731	5.495	16.213	4.079	2.937	1.446	14.937	13.178	41.072	32.972	12.166
2017	729	5.304	15.097	3.757	2.804	1.411	14.504	12.514	39.658	32.347	13.245
2018	728	5.109	14.036	3.429	2.671	1.369	14.026	11.875	38.101	31.865	14.863
2019	726	4.935	13.175	3.133	2.554	1.329	13.613	11.359	36.755	31.725	15.352
2020	695	4.591	11.916	2.757	2.349	1.250	12.762	10.513	34.415	30.531	12.667
2021	727	4.642	11.659	2.616	2.332	1.277	12.986	10.569	35.115	32.128	14.570
2022	700	4.347	10.701	2.317	2.167	1.214	12.359	9.942	33.478	31.740	15.207
2023	666	4.070	9.806	2.046	2.034	1.167	11.826	9.367	32.085	31.079	13.152
2024	626	3.780	8.762	1.754	1.878	1.117	11.167	8.671	30.364	29.653	10.988

Tabela C.3 - Emissões de NO_x por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis					Comerciais Leves Otto					Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Flex	
				Gasolina C	Etanol Hidratado				Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	149.336	2.852	-	-	-	17.891	161	-	-	-	189	-	-
1981	132.436	9.297	-	-	-	15.152	487	-	-	-	265	-	-
1982	136.730	11.108	-	-	-	14.813	645	-	-	-	408	-	-
1983	120.221	20.128	-	-	-	12.413	1.247	-	-	-	502	-	-
1984	109.390	33.251	-	-	-	10.890	2.217	-	-	-	587	-	-
1985	107.996	47.070	-	-	-	10.354	3.352	-	-	-	696	-	-
1986	122.917	72.363	-	-	-	11.329	4.981	-	-	-	922	-	-
1987	108.249	84.106	-	-	-	9.615	5.710	-	-	-	939	-	-
1988	104.454	94.802	-	-	-	9.011	6.656	-	-	-	1.033	-	-
1989	112.466	107.197	-	-	-	9.721	7.790	-	-	-	1.216	-	-
1990	123.102	98.266	-	-	-	11.299	7.249	-	-	-	1.366	-	-
1991	138.890	98.401	-	-	-	13.588	7.259	-	-	-	1.519	-	-
1992	142.645	88.423	-	-	-	14.787	6.666	-	-	-	1.541	-	-
1993	144.646	88.225	-	-	-	15.364	6.903	-	-	-	1.524	-	-
1994	153.456	86.760	-	-	-	16.231	6.960	-	-	-	1.564	-	-
1995	163.685	87.445	-	-	-	17.778	7.023	-	-	-	1.665	-	-
1996	174.230	85.899	-	-	-	20.447	6.780	-	-	-	1.863	-	-
1997	174.366	73.012	-	-	-	22.254	5.608	-	-	-	2.118	-	-
1998	164.815	67.970	-	-	-	21.476	5.064	-	-	-	2.395	-	-
1999	148.645	62.112	-	-	-	18.998	4.485	-	-	-	2.561	-	-
2000	132.923	47.848	-	-	-	16.641	3.341	-	-	-	2.714	-	-
2001	122.387	37.219	-	-	-	15.108	2.506	-	-	-	3.023	-	-
2002	114.320	37.267	-	-	-	13.901	2.434	-	-	-	3.446	-	-
2003	109.202	31.080	-	2	36	12.990	1.971	-	1	8	4.181	-	-
2004	104.312	35.498	-	25	417	12.161	2.167	-	5	79	5.279	-	-
2005	98.358	31.608	-	106	1.362	11.244	1.859	-	13	184	6.459	-	-
2006	87.925	26.662	0,0004	276	2.497	9.847	1.512	0,003	30	310	7.505	-	-
2007	85.975	24.536	0,002	544	4.261	9.373	1.342	0,01	60	549	9.700	-	-
2008	82.924	22.172	0,01	912	6.371	8.723	1.171	0,01	105	824	11.755	-	-
2009	73.424	18.261	0,01	1.860	6.832	7.437	933	0,01	215	853	12.060	13	45
2010	70.512	16.118	0,0	4.311	6.371	6.858	799	0,01	500	755	12.680	85	128
2011	65.353	13.585	0,1	8.101	4.562	6.092	654	0,01	948	516	12.580	370	204
2012	60.853	11.406	0,2	11.021	4.141	5.433	536	0,01	1.314	467	12.341	710	261
2013	56.357	9.453	0,3	12.904	4.913	4.819	435	0,01	1.572	569	11.846	908	339
2014	52.937	7.931	1	15.508	5.219	4.338	357	0,02	1.896	619	11.460	1.172	386
2015	47.425	6.355	1	14.885	7.258	3.729	280	0,02	1.808	872	10.465	1.178	558
2016	42.634	5.140	2	17.538	6.123	3.222	221	0,02	2.088	738	9.456	1.357	473
2017	39.893	4.441	3	20.259	5.847	2.903	182	0,03	2.362	700	8.865	1.476	437
2018	34.807	3.666	4	17.796	8.417	2.446	142	0,03	2.038	981	7.785	1.226	599
2019	32.845	3.363	7	18.934	9.925	2.232	121	0,04	2.128	1.127	7.403	1.239	679
2020	27.132	2.755	13	19.350	8.624	1.788	92	0,05	2.135	958	6.166	1.216	575
2021	25.943	2.620	25	23.629	7.853	1.660	80	0,1	2.569	858	5.942	1.446	519
2022	25.320	2.562	46	28.160	7.845	1.575	72	0,1	3.027	844	5.866	1.691	517
2023	24.485	2.503	80	32.036	8.668	1.486	65	0,2	3.409	915	5.789	1.950	572
2024	22.692	2.370	136	31.765	11.620	1.346	58	0,5	3.363	1.212	5.555	2.024	774

Tabela C.4 - Emissões de NO_x por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel										GNV
	Automóveis	Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviário	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	193	1.504	97.489	1.438	13.377	-	61.148	168.735	185.549	-	-
1981	188	2.357	92.950	1.487	12.918	-	60.251	166.169	183.567	-	-
1982	196	3.693	92.763	1.586	13.101	-	61.651	167.527	187.165	-	-
1983	193	4.632	87.875	1.573	12.633	14	60.615	158.457	178.811	757	-
1984	201	5.583	88.769	1.658	13.014	86	64.834	160.182	183.894	2.810	-
1985	210	6.429	89.146	1.723	13.303	243	70.152	161.273	190.648	5.968	-
1986	248	7.998	100.583	1.970	15.203	664	86.229	181.056	223.409	11.442	-
1987	270	8.788	104.031	2.019	15.837	1.140	94.305	181.835	237.954	17.321	-
1988	293	9.470	106.942	2.045	16.299	1.453	97.410	175.544	245.738	23.448	10
1989	328	10.870	112.909	2.142	17.267	1.769	103.383	174.914	261.599	28.825	7
1990	350	11.889	113.598	2.111	17.482	2.036	104.452	170.615	262.043	33.859	7
1991	389	13.080	122.711	2.143	18.782	2.339	107.954	173.892	265.774	41.705	7
1992	423	13.859	131.402	2.135	19.954	2.449	108.367	171.504	263.632	47.940	-
1993	513	15.119	138.065	2.120	20.975	2.506	109.551	170.244	263.996	57.863	87
1994	632	17.079	144.514	2.095	21.992	2.574	112.799	171.409	268.272	73.841	160
1995	706	19.193	155.700	2.097	23.568	2.615	117.796	176.279	276.151	93.273	171
1996	736	20.698	166.849	2.102	25.101	2.589	120.614	178.964	280.071	109.095	125
1997	862	22.964	178.841	2.348	26.969	2.592	125.544	184.081	291.002	127.113	164
1998	1.088	25.777	188.437	2.914	28.676	2.590	130.062	188.577	303.309	145.274	459
1999	1.237	27.582	187.910	3.677	29.167	2.686	130.960	186.291	306.870	155.750	553
2000	1.367	29.970	184.974	5.357	29.668	3.066	133.934	184.809	313.623	165.472	1.089
2001	1.479	32.189	178.110	7.560	29.628	3.660	134.344	179.414	313.681	170.543	1.991
2002	1.510	34.461	173.669	10.081	30.050	4.661	136.398	176.878	317.004	178.217	3.410
2003	1.349	33.585	156.778	12.152	28.373	5.312	128.061	161.680	297.761	174.505	4.621
2004	1.316	35.443	154.437	15.115	29.191	6.250	131.375	161.304	308.147	189.748	5.498
2005	1.383	34.671	140.932	16.063	27.826	6.709	124.774	148.933	296.399	190.633	6.767
2006	1.770	34.935	132.995	16.966	27.130	7.269	121.180	140.867	290.417	192.638	8.027
2007	2.322	36.174	131.400	18.544	27.287	8.039	121.524	137.643	294.246	201.406	8.905
2008	2.691	36.193	130.588	20.191	27.227	8.737	120.707	133.285	299.196	213.930	8.535
2009	2.698	33.453	120.337	20.215	24.927	8.580	111.269	119.625	283.094	210.433	7.329
2010	3.021	34.959	123.784	22.391	25.449	9.254	114.955	119.787	301.728	233.045	6.986
2011	3.178	34.390	122.554	23.201	24.809	9.365	112.171	112.702	305.618	245.565	6.863
2012	3.239	33.551	119.268	23.022	24.140	9.334	109.411	106.691	304.447	249.476	6.757
2013	3.206	32.429	112.861	22.108	23.246	9.168	106.394	101.483	298.538	247.750	6.515
2014	3.033	29.928	102.106	20.204	21.399	8.574	98.759	92.393	280.063	235.750	6.304
2015	2.808	26.785	89.224	17.863	19.089	7.810	89.176	81.903	254.669	216.349	6.140
2016	2.726	24.798	80.126	16.250	17.586	7.399	83.437	75.172	238.666	204.412	6.300
2017	2.787	23.854	74.417	15.258	16.777	7.279	80.937	71.550	231.856	200.749	6.859
2018	2.848	22.901	68.766	14.253	15.934	7.132	78.053	67.860	224.547	197.705	7.697
2019	2.917	22.142	64.334	13.405	15.222	7.028	75.448	64.641	218.767	197.432	7.950
2020	2.877	20.681	58.518	12.151	14.056	6.750	70.638	59.744	207.182	191.890	6.559
2021	3.088	20.990	57.541	11.869	14.043	7.092	72.007	60.198	214.257	204.362	7.545
2022	3.064	19.836	53.107	10.848	13.125	6.976	68.394	56.643	207.361	204.161	7.875
2023	2.995	18.785	48.722	9.947	12.291	6.910	65.270	53.340	200.270	200.997	6.811
2024	2.867	17.639	43.330	8.859	11.269	6.681	61.584	49.490	189.594	192.124	5.690

Tabela C.5 - Emissões de MP de escapamento por veículos movidos à gasolina C (t/ano)

Ano	Automóveis					Comerciais Leves Otto					Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Flex	
				Gasolina C	Etanol Hidratado				Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	256	4	-	-	-	31	0,3	-	-	-	54	-	-
1981	227	12	-	-	-	26	1	-	-	-	76	-	-
1982	234	15	-	-	-	25	1	-	-	-	117	-	-
1983	206	27	-	-	-	21	2	-	-	-	144	-	-
1984	187	42	-	-	-	19	3	-	-	-	169	-	-
1985	185	57	-	-	-	18	5	-	-	-	200	-	-
1986	210	80	-	-	-	19	8	-	-	-	265	-	-
1987	184	85	-	-	-	16	9	-	-	-	270	-	-
1988	177	93	-	-	-	15	10	-	-	-	296	-	-
1989	190	106	-	-	-	16	12	-	-	-	349	-	-
1990	207	98	-	-	-	18	11	-	-	-	392	-	-
1991	235	99	-	-	-	22	11	-	-	-	436	-	-
1992	249	90	-	-	-	24	10	-	-	-	442	-	-
1993	268	93	-	-	-	27	11	-	-	-	437	-	-
1994	306	94	-	-	-	31	11	-	-	-	449	-	-
1995	361	96	-	-	-	38	11	-	-	-	478	-	-
1996	429	95	-	-	-	47	11	-	-	-	535	-	-
1997	460	80	-	-	-	51	9	-	-	-	608	-	-
1998	451	75	-	-	-	50	8	-	-	-	687	-	-
1999	421	69	-	-	-	46	7	-	-	-	735	-	-
2000	390	53	-	-	-	42	5	-	-	-	779	-	-
2001	375	42	-	-	-	39	4	-	-	-	868	-	-
2002	368	42	-	-	-	38	4	-	-	-	989	-	-
2003	368	35	-	0,1	0,2	36	3	-	0,01	0,03	1080	-	-
2004	367	41	-	1	2	36	3	-	0,1	0,3	1119	-	-
2005	359	37	-	2	7	34	3	-	0,3	1	1103	-	-
2006	328	32	0,00001	6	16	30	2	0,00001	1	1	998	-	-
2007	325	29	0,00003	12	31	29	2	0,00003	1	3	1002	-	-
2008	317	27	0,0001	19	50	27	2	0,00005	2	4	1005	-	-
2009	284	22	0,0003	40	60	23	2	0,0001	4	5	925	1	2
2010	276	20	0,001	91	60	21	1	0,0001	9	6	917	6	7
2011	261	17	0,002	163	44	19	1	0,0001	17	4	873	23	11
2012	247	15	0,004	216	41	17	1	0,0001	22	4	827	46	16
2013	232	12	0,01	248	51	15	1	0,0002	26	5	774	63	23
2014	220	11	0,02	289	55	14	1	0,0003	31	6	734	83	28
2015	198	9	0,03	270	76	12	0,5	0,0004	30	8	660	87	44
2016	179	7	0,04	304	63	10	0,4	0,0004	33	7	595	103	39
2017	168	6	0,1	336	60	9	0,3	0,001	36	6	560	116	37
2018	147	5	0,1	290	86	7	0,2	0,001	30	9	495	100	53
2019	139	5	0,2	303	101	6	0,2	0,001	31	10	475	105	63
2020	115	4	0,4	301	87	5	0,1	0,001	30	9	399	107	56
2021	110	4	1	352	78	4	0,1	0,003	35	8	390	130	52
2022	107	3	1	424	80	4	0,1	0,00	43	8	394	159	54
2023	103	3	3	512	99	4	0,1	0,01	57	10	401	187	63
2024	97	3	4	532	147	4	0,1	0,03	66	14	399	196	90

Tabela C.6 - Emissões de MP de escapamento por veículos do ciclo Diesel (t/ano)

Ano	Diesel									
	Automóveis	Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviário	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados
1980	6	47	6.013	33	825	-	3.772	10.408	11.445	-
1981	6	73	5.733	34	797	-	3.716	10.250	11.323	-
1982	6	114	5.722	36	808	-	3.803	10.333	11.545	-
1983	6	143	5.420	36	779	1	3.739	9.774	11.029	47
1984	6	173	5.475	38	803	5	3.999	9.880	11.343	173
1985	7	199	5.499	40	821	15	4.327	9.948	11.760	368
1986	8	247	6.204	45	938	41	5.319	11.168	13.780	706
1987	8	272	6.417	46	977	70	5.817	11.216	14.678	1.068
1988	9	293	6.596	47	1.005	90	6.008	10.828	15.158	1.446
1989	10	336	6.964	49	1.065	109	6.377	10.789	16.136	1.778
1990	11	368	7.007	48	1.078	126	6.443	10.524	16.163	2.089
1991	12	405	7.569	49	1.158	144	6.659	10.726	16.394	2.572
1992	13	429	8.105	49	1.231	151	6.684	10.579	16.261	2.957
1993	16	468	8.516	49	1.294	155	6.757	10.501	16.284	3.569
1994	20	529	8.914	48	1.357	159	6.958	10.573	16.548	4.555
1995	22	594	9.604	48	1.454	161	7.266	10.873	17.034	5.753
1996	23	641	10.292	48	1.548	160	7.440	11.039	17.275	6.729
1997	27	711	11.031	54	1.663	160	7.744	11.355	17.950	7.841
1998	34	798	11.623	67	1.769	160	8.022	11.632	18.709	8.961
1999	38	854	11.591	84	1.799	166	8.078	11.491	18.928	9.607
2000	43	932	11.346	123	1.819	185	8.215	11.361	19.231	10.125
2001	46	1.009	10.799	173	1.794	213	8.149	10.952	19.018	10.278
2002	48	1.078	10.290	231	1.773	241	8.103	10.646	18.829	10.408
2003	42	1.045	8.972	279	1.607	239	7.386	9.538	17.129	9.669
2004	41	1.095	8.531	347	1.591	256	7.364	9.340	17.088	9.887
2005	43	1.059	7.497	368	1.458	252	6.802	8.471	15.817	9.370
2006	54	1.065	6.763	389	1.367	257	6.438	7.875	14.987	9.048
2007	69	1.096	6.317	425	1.321	272	6.288	7.556	14.667	9.022
2008	86	1.126	5.854	457	1.260	284	6.070	7.162	14.260	8.977
2009	96	1.095	5.012	445	1.106	269	5.431	6.284	12.850	8.268
2010	114	1.197	4.772	479	1.081	279	5.412	6.136	12.977	8.482
2011	127	1.234	4.308	487	994	274	5.057	5.607	12.365	8.205
2012	133	1.240	3.867	476	920	267	4.769	5.185	11.783	7.922
2013	134	1.224	3.416	449	855	257	4.538	4.851	11.235	7.646
2014	129	1.151	2.875	403	758	237	4.127	4.339	10.247	7.065
2015	122	1.050	2.346	350	654	213	3.662	3.784	9.103	6.344
2016	120	987	1.974	314	584	198	3.375	3.428	8.388	5.901
2017	124	960	1.714	290	540	192	3.230	3.223	8.021	5.700
2018	128	934	1.480	266	496	186	3.075	3.012	7.635	5.489
2019	133	919	1.283	243	455	179	2.932	2.817	7.287	5.317
2020	132	870	1.077	213	404	167	2.704	2.552	6.743	4.994
2021	142	891	981	202	389	170	2.712	2.512	6.786	5.110
2022	139	841	842	177	349	161	2.534	2.303	6.368	4.883
2023	132	785	730	155	314	154	2.387	2.125	6.017	4.682
2024	124	725	623	133	280	146	2.228	1.939	5.626	4.428

Tabela C.7 - Emissões de MP (combustão e desgaste) por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis						Comerciais Leves Otto						Motocicletas			
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Elétrico	Flex		Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Elétrico	Flex		Gasolina C	Elétrico	Flex	
					Gasolina C	Etanol Hidratado					Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	1.483	37	-	-	-	-	233	3	-	-	-	-	64	-	-	-
1981	1.315	119	-	-	-	-	197	10	-	-	-	-	89	-	-	-
1982	1.358	142	-	-	-	-	193	13	-	-	-	-	138	-	-	-
1983	1.194	258	-	-	-	-	161	26	-	-	-	-	169	-	-	-
1984	1.086	410	-	-	-	-	142	46	-	-	-	-	198	-	-	-
1985	1.071	555	-	-	-	-	135	69	-	-	-	-	234	-	-	-
1986	1.216	775	-	-	-	-	147	103	-	-	-	-	311	-	-	-
1987	1.068	825	-	-	-	-	124	118	-	-	-	-	317	-	-	-
1988	1.027	903	-	-	-	-	115	137	-	-	-	-	348	-	-	-
1989	1.100	1.026	-	-	-	-	122	161	-	-	-	-	410	-	-	-
1990	1.200	949	-	-	-	-	138	149	-	-	-	-	460	-	-	-
1991	1.361	955	-	-	-	-	165	150	-	-	-	-	512	-	-	-
1992	1.443	875	-	-	-	-	182	137	-	-	-	-	519	-	-	-
1993	1.550	902	-	-	-	-	201	142	-	-	-	-	514	-	-	-
1994	1.773	910	-	-	-	-	234	143	-	-	-	-	527	-	-	-
1995	2.094	927	-	-	-	-	285	145	-	-	-	-	561	-	-	-
1996	2.486	914	-	-	-	-	355	140	-	-	-	-	628	-	-	-
1997	2.790	778	-	-	-	-	412	116	-	-	-	-	714	-	-	-
1998	2.937	726	-	-	-	-	438	104	-	-	-	-	807	-	-	-
1999	2.886	666	-	-	-	-	425	92	-	-	-	-	863	-	-	-
2000	2.795	516	-	-	-	-	402	69	-	-	-	-	915	-	-	-
2001	2.817	405	-	-	-	-	393	52	-	-	-	-	1.019	-	-	-
2002	2.882	412	-	-	-	-	389	52	-	-	-	-	1.161	-	-	-
2003	2.982	352	-	-	1	3	391	43	-	-	0,2	1	1.279	-	-	-
2004	3.061	414	-	-	6	35	396	48	-	-	2	9	1.347	-	-	-
2005	3.064	380	-	-	25	134	387	42	-	-	4	23	1.360	-	-	-
2006	2.848	328	0,0001	-	67	310	349	35	0,0003	-	8	39	1.278	-	-	-
2007	2.858	306	0,0005	-	134	613	340	31	0,001	-	16	73	1.343	-	-	-
2008	2.821	280	0,002	-	221	998	321	27	0,001	-	27	123	1.418	0,01	-	-
2009	2.556	235	0,005	-	453	1.186	279	22	0,001	-	57	149	1.366	0,01	2	6
2010	2.516	212	0,01	-	1.040	1.188	262	19	0,002	-	134	155	1.409	0,02	14	16
2011	2.406	182	0,04	-	1.870	881	239	16	0,003	-	254	121	1.390	0,02	56	27
2012	2.311	157	0,1	-	2.475	826	219	13	0,003	-	345	116	1.354	0,04	112	39
2013	2.192	134	0,1	-	2.843	1.009	197	11	0,004	-	400	143	1.299	0,1	153	56
2014	2.103	117	0,3	-	3.335	1.096	179	9	0,01	-	478	159	1.258	0,1	202	69
2015	1.921	97	0,5	-	3.138	1.535	154	7	0,01	-	454	224	1.154	0,1	210	107
2016	1.753	82	1	-	3.540	1.285	132	6	0,01	-	507	186	1.058	0,1	251	95
2017	1.659	72	1	-	3.932	1.214	117	5	0,01	-	554	172	1.014	0,1	281	90
2018	1.467	60	2	-	3.400	1.745	97	4	0,02	-	468	242	912	0,1	242	129
2019	1.404	55	4	-	3.555	2.061	87	3	0,02	-	477	279	893	0,1	255	154
2020	1.176	45	7	-	3.534	1.784	68	2	0,03	-	464	236	766	0,1	259	136
2021	1.136	42	13	0,3	4.145	1.593	62	2	0,1	-	542	210	763	0,1	316	126
2022	1.117	40	24	1	4.764	1.560	58	2	0,1	0,1	624	206	786	0,4	386	131
2023	1.089	38	41	4	5.265	1.699	56	2	0,1	0,3	699	226	819	1	455	153
2024	1.025	36	70	13	5.109	2.253	55	1	0,4	1	701	306	834	1	476	219

Tabela C.8 - Emissões de MP, combustão e desgaste, por veículos movidos a diesel (t/ano)

Ano	Diesel									
	Automóveis	Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviário	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados
1980	7	56	6.306	49	878	-	4.215	11.631	12.280	-
1981	7	88	6.012	50	848	-	4.153	11.454	12.148	-
1982	7	138	6.000	54	860	-	4.250	11.547	12.387	-
1983	7	173	5.684	53	829	1	4.178	10.922	11.834	50
1984	7	209	5.742	56	854	6	4.469	11.041	12.170	186
1985	7	240	5.766	58	873	18	4.836	11.116	12.617	395
1986	9	299	6.506	67	998	49	5.944	12.480	14.785	757
1987	10	328	6.729	68	1.039	84	6.501	12.534	15.748	1.146
1988	10	354	6.917	69	1.070	107	6.715	12.100	16.263	1.552
1989	12	406	7.303	73	1.133	130	7.127	12.056	17.313	1.908
1990	12	444	7.348	72	1.147	150	7.200	11.760	17.342	2.241
1991	14	489	7.937	73	1.233	172	7.442	11.986	17.589	2.760
1992	15	518	8.499	72	1.310	180	7.470	11.821	17.447	3.173
1993	18	565	8.930	72	1.377	184	7.552	11.735	17.471	3.829
1994	23	638	9.347	71	1.443	189	7.776	11.815	17.754	4.887
1995	25	717	10.071	71	1.547	192	8.120	12.151	18.276	6.173
1996	26	774	10.792	71	1.647	190	8.314	12.336	18.535	7.220
1997	31	858	11.568	80	1.770	191	8.654	12.688	19.258	8.412
1998	39	963	12.188	99	1.882	190	8.966	12.998	20.073	9.614
1999	44	1.031	12.154	125	1.914	198	9.028	12.841	20.309	10.307
2000	49	1.124	11.909	182	1.938	224	9.201	12.713	20.664	10.885
2001	53	1.216	11.358	256	1.917	263	9.167	12.289	20.494	11.093
2002	55	1.299	10.851	342	1.902	311	9.164	11.988	20.361	11.290
2003	49	1.260	9.492	412	1.733	324	8.406	10.786	18.602	10.565
2004	48	1.324	9.060	512	1.724	360	8.437	10.608	18.664	10.912
2005	49	1.287	7.998	544	1.590	370	7.851	9.665	17.393	10.455
2006	63	1.297	7.259	575	1.501	392	7.486	9.031	16.589	10.192
2007	81	1.340	6.837	628	1.463	430	7.371	8.719	16.358	10.279
2008	102	1.383	6.403	679	1.408	466	7.184	8.326	16.072	10.388
2009	114	1.352	5.545	668	1.248	455	6.497	7.364	14.657	9.722
2010	136	1.487	5.350	726	1.231	487	6.560	7.258	15.006	10.167
2011	152	1.546	4.910	742	1.149	491	6.231	6.704	14.541	10.064
2012	162	1.580	4.504	738	1.082	494	5.983	6.271	14.117	9.943
2013	167	1.599	4.096	720	1.026	495	5.805	5.939	13.737	9.866
2014	164	1.544	3.562	669	930	470	5.383	5.383	12.794	9.390
2015	158	1.438	3.000	598	818	434	4.854	4.753	11.557	8.604
2016	160	1.376	2.598	548	743	416	4.532	4.346	10.769	8.103
2017	170	1.366	2.328	518	698	414	4.386	4.122	10.402	7.931
2018	181	1.361	2.086	487	654	411	4.223	3.898	10.012	7.789
2019	194	1.377	1.897	461	617	412	4.075	3.706	9.692	7.777
2020	199	1.342	1.676	422	563	400	3.803	3.419	9.115	7.555
2021	221	1.419	1.607	416	557	426	3.864	3.434	9.355	8.033
2022	225	1.392	1.457	383	514	426	3.662	3.225	8.986	8.030
2023	223	1.360	1.351	358	482	434	3.499	3.048	8.701	8.044
2024	216	1.324	1.254	335	450	439	3.318	2.857	8.367	7.975

Tabela C.9 - Emissões de RCHO por categoria de veículos e tipo de combustível (t/ano)

Ano	Automóveis					Comerciais Leves Otto					GNV
	Gasolina C	Etanol Hidra- tado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Etanol Hidra- tado	Híbrido	Flex		
				Gasolina C	Etanol Hidratado				Gasolina C	Etanol Hidratado	
1980	6.012	464	-	-	-	728	32	-	-	-	-
1981	5.343	1.558	-	-	-	618	99	-	-	-	-
1982	5.536	1.882	-	-	-	607	131	-	-	-	-
1983	4.891	3.409	-	-	-	511	254	-	-	-	-
1984	4.477	5.580	-	-	-	451	468	-	-	-	-
1985	4.449	7.830	-	-	-	431	735	-	-	-	-
1986	5.083	10.656	-	-	-	473	1.049	-	-	-	-
1987	4.484	10.818	-	-	-	401	1.120	-	-	-	-
1988	4.328	11.498	-	-	-	372	1.247	-	-	-	0,1
1989	4.613	12.815	-	-	-	387	1.422	-	-	-	0,1
1990	4.938	11.830	-	-	-	420	1.318	-	-	-	0,1
1991	5.453	11.955	-	-	-	479	1.323	-	-	-	0,1
1992	5.511	10.782	-	-	-	510	1.182	-	-	-	-
1993	5.479	10.695	-	-	-	520	1.155	-	-	-	1
1994	5.887	10.427	-	-	-	538	1.107	-	-	-	2
1995	6.476	10.465	-	-	-	615	1.086	-	-	-	2
1996	6.943	10.266	-	-	-	680	1.032	-	-	-	2
1997	6.861	8.707	-	-	-	656	844	-	-	-	2
1998	6.326	8.083	-	-	-	601	754	-	-	-	6
1999	5.576	7.361	-	-	-	523	659	-	-	-	7
2000	4.874	5.646	-	-	-	451	484	-	-	-	14
2001	4.405	4.372	-	-	-	400	358	-	-	-	26
2002	4.062	4.360	-	-	-	360	342	-	-	-	45
2003	3.837	3.622	-	0,2	5	332	272	-	0,1	1	61
2004	3.634	4.121	-	2	46	306	295	-	0,3	9	72
2005	3.405	3.654	-	6	166	279	249	-	1	21	89
2006	3.018	3.067	0,00001	15	455	239	200	0,00003	1	40	105
2007	2.922	2.806	0,0001	26	1.017	224	175	0,0001	3	78	117
2008	2.791	2.520	0,0002	43	1.612	207	150	0,0001	4	134	112
2009	2.449	2.060	0,0005	88	1.756	175	118	0,0001	8	156	96
2010	2.332	1.804	0,001	198	1.621	160	99	0,0002	19	151	92
2011	2.149	1.510	0,00	350	1.126	142	80	0,0003	33	110	90
2012	1.992	1.259	0,01	457	1.002	126	64	0,0003	47	102	89
2013	1.834	1.037	0,02	519	1.179	112	51	0,0004	57	125	85
2014	1.711	871	0,03	612	1.257	100	41	0,001	73	139	83
2015	1.520	705	0,1	581	1.749	86	32	0,001	72	197	80
2016	1.354	586	0,1	665	1.463	74	25	0,001	83	164	83
2017	1.255	515	0,1	747	1.382	66	21	0,001	93	154	90
2018	1.084	430	0,1	646	1.976	56	16	0,001	81	217	101
2019	1.012	397	0,3	677	2.323	51	14	0,002	83	250	104
2020	826	327	0,4	681	2.007	40	11	0,002	81	213	86
2021	781	313	1	815	1.805	37	10	0,005	95	192	99
2022	753	309	1	952	1.775	36	9	0,01	110	189	103
2023	719	304	2	1.063	1.928	34	9	0,01	122	206	89
2024	659	288	5	1.035	2.544	30	8	0,01	118	279	75

Tabela C.10 - Emissões de NMHC por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis					Comerciais Leves Otto					Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Flex	
				Gasolina C	Etanol Hidratado				Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	708.982	9.024	-	-	-	85.630	613	-	-	-	4.176	-	-
1981	631.209	29.555	-	-	-	72.802	1.867	-	-	-	5.862	-	-
1982	652.667	35.612	-	-	-	71.325	2.490	-	-	-	9.025	-	-
1983	576.654	64.538	-	-	-	60.068	4.813	-	-	-	11.100	-	-
1984	526.910	102.874	-	-	-	52.929	8.582	-	-	-	12.979	-	-
1985	521.172	139.897	-	-	-	50.378	13.035	-	-	-	15.375	-	-
1986	591.102	195.741	-	-	-	54.901	19.388	-	-	-	20.380	-	-
1987	521.141	208.850	-	-	-	46.528	22.245	-	-	-	20.759	-	-
1988	501.834	229.846	-	-	-	43.159	26.051	-	-	-	22.819	-	-
1989	533.340	262.676	-	-	-	44.961	30.653	-	-	-	26.866	-	-
1990	554.776	243.252	-	-	-	49.178	28.684	-	-	-	30.186	-	-
1991	577.842	242.374	-	-	-	56.293	28.786	-	-	-	33.565	-	-
1992	561.057	216.739	-	-	-	59.779	26.169	-	-	-	34.048	-	-
1993	537.309	214.496	-	-	-	63.262	26.516	-	-	-	33.687	-	-
1994	522.967	208.626	-	-	-	69.704	26.222	-	-	-	34.563	-	-
1995	506.569	208.889	-	-	-	80.097	26.166	-	-	-	36.789	-	-
1996	490.275	204.757	-	-	-	86.689	25.108	-	-	-	41.171	-	-
1997	453.266	174.049	-	-	-	83.165	20.713	-	-	-	46.810	-	-
1998	403.174	161.773	-	-	-	75.683	18.643	-	-	-	52.925	-	-
1999	345.229	147.568	-	-	-	65.313	16.431	-	-	-	56.601	-	-
2000	293.363	113.782	-	-	-	55.644	12.215	-	-	-	59.978	-	-
2001	257.676	88.641	-	-	-	48.752	9.159	-	-	-	66.807	-	-
2002	231.261	88.358	-	-	-	43.411	8.789	-	-	-	76.154	-	-
2003	212.908	73.699	-	14	69	39.475	7.051	-	3	16	81.145	-	-
2004	196.876	83.463	-	123	748	35.940	7.657	-	23	140	80.576	-	-
2005	180.521	74.150	-	510	2.640	32.260	6.517	-	62	339	78.630	-	-
2006	157.336	62.455	0,001	1.536	5.891	27.404	5.267	0,003	147	565	71.966	-	-
2007	149.627	57.212	0,004	3.165	11.565	25.311	4.634	0,01	300	1.011	72.545	-	-
2008	140.961	51.461	0,02	5.244	18.378	22.959	4.009	0,01	519	1.650	72.276	-	-
2009	123.057	42.291	0,04	10.116	20.635	19.133	3.173	0,01	1.038	1.869	65.022	28	80
2010	116.677	37.135	0,1	20.941	19.964	17.196	2.691	0,02	2.230	1.836	62.646	180	227
2011	107.508	31.203	0,3	35.733	15.226	14.915	2.185	0,02	3.983	1.493	58.220	711	383
2012	99.824	26.123	1	45.646	14.566	12.977	1.770	0,02	5.252	1.496	54.018	1.402	549
2013	92.307	21.619	1	50.699	17.648	11.200	1.420	0,03	5.932	1.859	49.558	1.901	791
2014	86.525	18.186	2	57.887	19.226	9.782	1.151	0,05	6.916	2.098	46.036	2.519	958
2015	77.511	14.716	3	53.618	26.488	8.155	893	0,1	6.458	2.938	40.655	2.566	1.456
2016	69.616	12.103	5	59.758	22.566	6.818	697	0,1	7.130	2.489	35.935	2.995	1.276
2017	64.955	10.547	8	65.694	21.512	5.921	569	0,1	7.721	2.343	33.074	3.323	1.217
2018	56.762	8.786	13	56.288	30.085	4.810	442	0,1	6.475	3.199	28.433	2.820	1.732
2019	53.476	8.095	25	57.982	35.060	4.207	375	0,1	6.505	3.634	26.475	2.935	2.041
2020	44.498	6.775	44	57.159	30.494	3.245	287	0,1	6.268	3.100	21.606	2.965	1.789
2021	42.481	6.489	86	66.488	27.436	2.881	251	0,3	7.200	2.760	20.401	3.594	1.648
2022	41.301	6.363	161	75.525	26.815	2.616	226	0,5	8.104	2.678	19.742	4.318	1.706
2023	39.782	6.226	274	82.118	28.700	2.382	204	1	8.842	2.881	19.153	5.049	1.978
2024	36.754	5.902	445	78.602	36.870	2.131	181	2	8.647	3.789	17.997	5.262	2.805

Tabela C.11 - Emissões de NMHC por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel										GNV
	Automóveis	Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviário	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	11	80	6.196	61	850	-	3.886	10.723	11.792	-	-
1981	11	124	5.907	63	821	-	3.829	10.560	11.666	-	-
1982	11	195	5.895	67	833	-	3.918	10.647	11.895	-	-
1983	11	245	5.585	66	803	1	3.852	10.070	11.364	48	-
1984	11	298	5.641	70	827	5	4.120	10.180	11.687	179	-
1985	12	346	5.665	73	845	15	4.458	10.249	12.116	379	-
1986	14	435	6.392	83	966	42	5.480	11.506	14.198	727	-
1987	15	483	6.611	85	1.006	72	5.993	11.556	15.122	1.101	-
1988	16	525	6.796	86	1.036	92	6.191	11.156	15.617	1.490	1
1989	18	605	7.176	90	1.097	112	6.570	11.116	16.625	1.832	1
1990	20	665	7.219	89	1.111	129	6.638	10.843	16.653	2.152	1
1991	22	736	7.798	91	1.194	149	6.861	11.051	16.890	2.650	1
1992	24	783	8.351	90	1.268	156	6.887	10.899	16.754	3.047	-
1993	29	856	8.774	90	1.333	159	6.962	10.819	16.777	3.677	8
1994	35	965	9.184	88	1.398	164	7.169	10.893	17.049	4.693	14
1995	39	1.084	9.895	89	1.498	166	7.486	11.203	17.550	5.928	15
1996	41	1.169	10.604	89	1.595	165	7.665	11.373	17.799	6.933	11
1997	48	1.292	11.366	99	1.714	165	7.979	11.699	18.494	8.078	15
1998	60	1.439	11.975	123	1.822	165	8.266	11.984	19.276	9.232	42
1999	67	1.529	11.942	155	1.854	171	8.323	11.839	19.502	9.898	50
2000	74	1.637	11.847	226	1.902	200	8.578	11.800	20.096	10.634	99
2001	78	1.721	11.589	319	1.931	252	8.736	11.567	20.411	11.186	180
2002	79	1.789	11.318	426	1.959	313	8.882	11.416	20.653	11.678	309
2003	70	1.676	10.088	513	1.821	335	8.244	10.357	19.158	11.191	418
2004	68	1.745	9.798	639	1.844	377	8.355	10.256	19.505	11.827	498
2005	70	1.707	8.794	679	1.727	388	7.834	9.395	18.412	11.541	613
2006	86	1.695	8.135	717	1.657	415	7.568	8.814	17.782	11.410	727
2007	117	1.768	7.840	783	1.641	463	7.603	8.532	17.789	11.671	806
2008	151	1.840	7.533	812	1.594	497	7.502	8.145	17.528	11.876	773
2009	158	1.738	6.675	751	1.412	476	6.805	7.178	15.794	11.051	663
2010	179	1.846	6.588	794	1.400	506	6.868	7.019	15.988	11.610	632
2011	193	1.865	6.118	801	1.315	502	6.495	6.453	15.284	11.643	621
2012	198	1.838	5.577	780	1.239	489	6.175	6.016	14.580	11.449	612
2013	196	1.778	4.997	741	1.168	472	5.895	5.643	13.927	11.115	590
2014	183	1.634	4.265	669	1.053	436	5.377	5.061	12.722	10.328	571
2015	166	1.450	3.534	584	921	392	4.785	4.427	11.325	9.317	556
2016	158	1.335	3.025	523	832	368	4.426	4.021	10.458	8.704	570
2017	159	1.279	2.676	482	778	357	4.252	3.792	10.027	8.446	621
2018	163	1.236	2.346	439	724	345	4.061	3.556	9.572	8.167	697
2019	170	1.212	2.058	399	673	334	3.884	3.338	9.163	7.922	720
2020	166	1.134	1.751	349	604	313	3.596	3.037	8.507	7.431	594
2021	247	1.389	1.616	329	585	319	3.621	3.006	8.598	7.598	683
2022	308	1.543	1.398	288	528	303	3.397	2.777	8.115	7.267	713
2023	297	1.460	1.237	254	483	290	3.216	2.585	7.734	7.023	616
2024	283	1.372	1.094	225	440	276	3.025	2.385	7.313	6.738	645

Tabela C.12 - Emissões de CH₄ por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis						ComerciaisLevesOtto						Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	GasolinaC	Etanol Hidratado	Gasolina C	Gasolina C	Flex		Etanol Hidratado
				Gasolina C	Etanol Hidratado								Gasolina C	Etanol Hidratado	
1980	48.001	685	-	-	-	5.751	46	-	-	-	737	-	-	-	-
1981	42.569	2.231	-	-	-	4.870	141	-	-	-	1.035	-	-	-	-
1982	43.949	2.666	-	-	-	4.761	187	-	-	-	1.593	-	-	-	-
1983	38.642	4.831	-	-	-	3.990	361	-	-	-	1.959	-	-	-	-
1984	35.131	7.680	-	-	-	3.501	641	-	-	-	2.290	-	-	-	-
1985	34.625	10.387	-	-	-	3.323	969	-	-	-	2.713	-	-	-	-
1986	39.232	14.503	-	-	-	3.621	1.440	-	-	-	3.596	-	-	-	-
1987	34.353	15.431	-	-	-	3.047	1.651	-	-	-	3.663	-	-	-	-
1988	32.904	16.975	-	-	-	2.809	1.937	-	-	-	4.027	-	-	-	-
1989	34.679	19.377	-	-	-	2.886	2.278	-	-	-	4.741	-	-	-	-
1990	36.317	17.877	-	-	-	3.047	2.113	-	-	-	5.327	-	-	-	-
1991	38.825	17.841	-	-	-	3.328	2.091	-	-	-	5.923	-	-	-	-
1992	38.340	15.992	-	-	-	3.365	1.857	-	-	-	6.008	-	-	-	-
1993	37.192	15.928	-	-	-	3.310	1.828	-	-	-	5.945	-	-	-	-
1994	37.740	15.712	-	-	-	3.276	1.762	-	-	-	6.099	-	-	-	-
1995	39.522	15.917	-	-	-	3.284	1.728	-	-	-	6.492	-	-	-	-
1996	41.176	15.644	-	-	-	3.809	1.645	-	-	-	7.266	-	-	-	-
1997	39.821	13.287	-	-	-	4.463	1.349	-	-	-	8.261	-	-	-	-
1998	36.355	12.359	-	-	-	4.392	1.207	-	-	-	9.340	-	-	-	-
1999	31.757	11.285	-	-	-	3.821	1.058	-	-	-	9.988	-	-	-	-
2000	27.520	8.688	-	-	-	3.280	781	-	-	-	10.584	-	-	-	-
2001	24.645	6.756	-	-	-	2.908	580	-	-	-	11.789	-	-	-	-
2002	22.523	6.774	-	-	-	2.627	559	-	-	-	13.439	-	-	-	-
2003	21.087	5.662	-	1	10	2.424	448	-	0,1	2	14.320	-	-	-	-
2004	19.794	6.486	-	9	110	2.243	489	-	2	22	14.219	-	-	-	-
2005	18.357	5.797	-	48	415	2.030	415	-	6	56	13.876	-	-	-	-
2006	16.060	4.899	0,00003	168	972	1.723	334	0,0001	12	92	12.700	-	-	-	-
2007	15.311	4.510	0,0001	382	1.950	1.599	293	0,0004	28	193	12.802	-	-	-	-
2008	14.404	4.077	0,0004	569	3.120	1.460	253	0,001	60	364	12.755	-	-	-	-
2009	12.478	3.360	0,002	898	3.687	1.219	199	0,001	125	387	11.609	9	26	26	26
2010	11.743	2.967	0,003	1.625	3.618	1.095	169	0,001	236	370	11.471	60	75	75	75
2011	10.671	2.504	0,01	2.537	2.662	947	136	0,001	358	306	10.943	236	127	127	127
2012	9.737	2.107	0,02	3.062	2.448	820	110	0,001	424	301	10.375	465	182	182	182
2013	8.832	1.753	0,05	3.204	2.853	702	88	0,001	437	365	9.685	630	262	262	262
2014	8.117	1.482	0,1	3.384	2.949	609	70	0,002	465	379	9.141	835	318	318	318
2015	7.102	1.200	0,1	2.905	3.911	501	54	0,002	396	500	8.184	851	483	483	483
2016	6.223	984	0,2	3.058	3.177	413	42	0,002	406	392	7.322	993	423	423	423
2017	5.664	855	0,3	3.202	2.960	353	34	0,002	413	346	6.823	1.102	404	404	404
2018	4.799	703	0,5	2.601	4.166	281	26	0,002	324	464	5.946	935	574	574	574
2019	4.383	641	1	2.550	4.820	241	22	0,003	306	508	5.622	973	677	677	677
2020	3.498	524	1	2.401	4.099	180	17	0,004	281	413	4.663	983	593	593	593
2021	3.219	496	2	2.697	3.602	155	15	0,01	309	357	4.480	1.192	546	546	546
2022	3.012	482	4	2.943	3.436	136	14	0,01	331	339	4.424	1.432	566	566	566
2023	2.781	467	7	3.061	3.604	119	12	0,02	348	354	4.386	1.674	656	656	656
2024	2.447	439	12	2.804	4.600	98	11	0,04	330	454	4.220	1.745	930	930	930

Tabela C.13 - Emissões de CH₄ por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel										GNV
	Automóveis	Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviário	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	1	12	337	18	61	-	511	1408	961	-	-
1981	1	18	321	19	59	-	503	1387	951	-	-
1982	2	29	320	20	60	-	515	1398	969	-	-
1983	1	36	304	20	57	0,2	506	1322	926	4	-
1984	2	43	307	21	59	1	541	1337	952	15	-
1985	2	50	308	22	61	3	586	1346	987	31	-
1986	2	62	347	25	69	9	720	1511	1157	59	-
1987	2	68	359	25	72	16	788	1517	1232	90	-
1988	2	73	369	26	74	20	813	1465	1273	121	8
1989	3	84	390	27	79	24	863	1460	1355	149	5
1990	3	92	392	27	80	28	872	1424	1357	175	5
1991	3	101	424	27	85	32	902	1451	1377	216	5
1992	3	107	454	27	91	33	905	1431	1365	248	-
1993	4	117	477	27	95	34	915	1421	1367	300	67
1994	5	132	499	26	100	35	942	1430	1389	382	124
1995	5	148	538	26	107	36	984	1471	1430	483	132
1996	6	160	576	26	114	35	1007	1493	1451	565	97
1997	7	177	618	30	123	35	1048	1536	1507	658	126
1998	8	199	651	37	131	35	1086	1574	1571	752	354
1999	10	213	649	46	133	37	1094	1555	1589	807	427
2000	10	230	649	68	137	44	1136	1556	1651	876	840
2001	11	243	644	95	142	58	1173	1540	1701	939	1536
2002	11	255	646	127	148	81	1223	1546	1763	1016	2.631
2003	10	240	599	153	144	97	1174	1437	1697	1.032	3.566
2004	10	252	609	190	153	120	1.236	1460	1.816	1.180	4.242
2005	10	248	577	202	152	136	1.208	1.375	1.815	1.249	5.221
2006	13	248	571	214	155	156	1.207	1.332	1.844	1.318	6.193
2007	18	260	599	234	163	182	1.247	1.339	1.947	1.447	6.871
2008	20	260	632	256	171	209	1.283	1.340	2.087	1.625	6.585
2009	20	239	614	257	163	214	1.228	1.244	2.081	1.674	5.655
2010	22	251	665	284	173	239	1.322	1.293	2.337	1.940	5.390
2011	23	247	693	294	178	250	1.352	1.263	2.506	2.142	5.295
2012	26	258	733	301	186	262	1.398	1.251	2.688	2.327	5.214
2013	30	286	783	312	197	274	1.460	1.253	2.881	2.556	5.026
2014	34	302	792	306	198	269	1.446	1.202	2.933	2.677	4.864
2015	35	298	753	285	189	255	1.373	1.115	2.826	2.603	4.738
2016	39	297	719	269	183	250	1.332	1.057	2.743	2.537	4.861
2017	45	306	707	262	183	255	1.331	1.035	2.741	2.569	5.292
2018	51	317	698	254	183	260	1.322	1.020	2.738	2.649	5.938
2019	58	335	706	252	186	268	1.316	1.024	2.769	2.833	6.134
2020	66	350	690	241	183	268	1.266	998	2.731	2.948	5.061
2021	83	405	721	247	193	294	1.327	1.063	2.959	3.366	5.821
2022	89	419	709	237	191	305	1.300	1.062	3.015	3.623	6.076
2023	91	422	685	224	187	308	1.265	1.038	3.003	3.707	5.255
2024	91	423	629	203	176	296	1.205	979	2.872	3.564	4.390

Tabela C.14 - Emissões de N₂O por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis					Comerciais Leves Otto					Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Etanol Hidratado	Híbrido	Flex		Gasolina C	Flex	
				Gasolina C	Etanol Hidratado				Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	533	20	-	-	-	64	1	-	-	-	4	-	-
1981	473	65	-	-	-	54	4	-	-	-	5	-	-
1982	488	78	-	-	-	53	5	-	-	-	8	-	-
1983	429	141	-	-	-	44	11	-	-	-	10	-	-
1984	390	218	-	-	-	39	19	-	-	-	12	-	-
1985	385	284	-	-	-	37	28	-	-	-	14	-	-
1986	436	388	-	-	-	40	42	-	-	-	18	-	-
1987	382	408	-	-	-	34	47	-	-	-	19	-	-
1988	367	443	-	-	-	31	54	-	-	-	21	-	-
1989	390	500	-	-	-	33	62	-	-	-	24	-	-
1990	419	461	-	-	-	36	57	-	-	-	27	-	-
1991	466	463	-	-	-	42	57	-	-	-	30	-	-
1992	485	424	-	-	-	45	52	-	-	-	31	-	-
1993	511	436	-	-	-	48	53	-	-	-	30	-	-
1994	794	452	-	-	-	80	53	-	-	-	31	-	-
1995	1.412	478	-	-	-	155	55	-	-	-	33	-	-
1996	2.144	477	-	-	-	253	54	-	-	-	37	-	-
1997	2.840	408	-	-	-	345	45	-	-	-	42	-	-
1998	3.340	382	-	-	-	405	40	-	-	-	48	-	-
1999	3.516	352	-	-	-	415	36	-	-	-	51	-	-
2000	3.598	275	-	-	-	410	27	-	-	-	54	-	-
2001	3.807	218	-	-	-	416	21	-	-	-	60	-	-
2002	4.052	229	-	-	-	424	22	-	-	-	69	-	-
2003	4.313	203	-	1	4	437	19	-	0,3	1	80	-	-
2004	4.518	248	-	11	49	450	22	-	2	9	91	-	-
2005	4.594	238	-	43	189	446	20	-	5	24	103	-	-
2006	4.318	210	0,0001	111	435	406	17	0,0002	11	41	112	-	-
2007	4.372	200	0,001	216	861	398	15	0,001	20	76	136	-	-
2008	4.355	187	0,002	358	1.401	379	14	0,001	33	128	165	-	-
2009	3.986	159	0,01	742	1.666	332	11	0,001	74	155	177	-	-
2010	3.961	147	0,01	1.688	1.668	315	10	0,002	184	161	197	-	-
2011	3.815	129	0,04	2.988	1.237	291	9	0,003	355	125	207	-	-
2012	3.686	114	0,1	3.911	1.159	270	7	0,003	494	121	211	6	-
2013	3.516	100	0,2	4.457	1.417	245	6	0,004	584	149	210	17	-
2014	3.390	90	0,3	5.199	1.540	223	5	0,01	709	164	210	29	-
2015	3.110	77	1	4.864	2.157	192	4	0,01	677	232	197	29	-
2016	2.848	66	1	5.448	1.805	166	4	0,01	754	192	181	29	-
2017	2.705	60	1	6.016	1.706	149	3	0,01	822	179	174	29	-
2018	2.400	51	2	5.170	2.452	124	2	0,01	693	251	160	23	-
2019	2.304	47	4	5.375	2.897	111	2	0,02	704	289	160	21	-
2020	1.935	38	7	5.318	2.509	88	2	0,02	684	245	141	18	-
2021	1.873	36	14	6.213	2.240	80	1	0,1	796	218	143	20	-
2022	1.843	34	24	7.083	2.200	74	1	0,1	910	213	151	20	-
2023	1.796	32	42	7.728	2.391	72	1	0,1	1.003	233	161	20	-
2024	1.684	30	69	7.414	3.163	72	1	0,4	989	314	168	17	-

Tabela C.15 - Emissões de N₂O por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel										GNV
	Automóveis	Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviário	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	-	-	168	9	30	-	255	704	481	-	-
1981	-	-	161	9	29	-	252	693	475	-	-
1982	-	-	160	10	30	-	257	699	485	-	-
1983	-	-	152	10	29	0,1	253	661	463	2	-
1984	-	-	153	10	30	1	271	668	476	7	-
1985	-	-	154	11	30	2	293	673	494	15	-
1986	-	-	174	12	35	5	360	755	579	30	-
1987	-	-	180	13	36	8	394	759	616	45	-
1988	-	-	185	13	37	10	407	732	636	61	11
1989	-	-	195	13	39	12	432	730	677	75	8
1990	-	-	196	13	40	14	436	712	679	88	8
1991	-	-	212	14	43	16	451	726	688	108	8
1992	-	-	227	13	45	17	452	716	683	124	-
1993	-	-	238	13	48	17	457	710	684	150	94
1994	-	-	250	13	50	18	471	715	695	191	173
1995	-	-	269	13	54	18	492	735	715	242	184
1996	-	-	288	13	57	18	504	747	725	283	135
1997	-	-	309	15	61	18	524	768	754	329	177
1998	-	-	325	18	65	18	543	787	785	376	496
1999	-	-	325	23	66	18	547	777	795	403	598
2000	-	-	324	34	69	22	568	778	825	438	1.177
2001	-	-	322	48	71	29	587	770	850	469	2.151
2002	-	-	323	64	74	40	611	773	882	508	3.685
2003	-	-	300	77	72	49	587	718	848	516	4.993
2004	-	-	305	95	77	60	618	730	908	590	5.941
2005	-	-	289	101	76	68	604	688	908	624	7.312
2006	-	-	286	107	77	78	603	666	922	659	8.673
2007	-	-	299	117	82	91	623	670	974	724	9.622
2008	4	19	316	128	86	105	641	670	1.043	812	9.222
2009	9	48	307	128	82	107	614	622	1.040	837	7.919
2010	14	85	332	142	87	120	661	646	1.168	970	7.549
2011	20	123	347	147	89	125	676	632	1.253	1.071	7.415
2012	26	170	367	151	93	131	699	625	1.344	1.164	7.301
2013	34	232	391	156	99	137	730	627	1.441	1.278	7.039
2014	40	280	396	153	99	135	723	601	1.467	1.339	6.811
2015	45	303	377	143	95	127	687	558	1.413	1.302	6.634
2016	52	323	360	135	92	125	666	529	1.371	1.268	6.807
2017	64	356	354	131	91	128	666	518	1.371	1.285	7.411
2018	78	396	349	127	91	130	661	510	1.369	1.324	8.316
2019	92	447	353	126	93	134	658	512	1.385	1.416	8.590
2020	104	479	345	120	91	134	633	499	1.366	1.474	7.087
2021	125	554	361	123	96	147	663	531	1.479	1.683	8.152
2022	138	595	354	119	95	153	650	531	1.508	1.812	8.509
2023	147	636	358	117	97	161	640	532	1.546	1.935	7.359
2024	152	677	363	116	98	169	627	529	1.578	2.042	6.148

Tabela C.16 - Emissões de CO₂ de escapamento por veículos (mil t/ano)

Ano	Automóveis	Motocicletas	Comerciais Leves	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	Ônibus Rodoviários	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus
1980	26.087	81	3.745	-	4.070	11.141	12.343	-	890	6.489	236
1981	25.058	116	3.456	-	4.034	11.037	12.284	-	865	6.223	246
1982	25.737	175	3.533	-	4.143	11.167	12.570	-	880	6.233	263
1983	24.821	217	3.341	1	4.063	10.536	11.979	51	847	5.890	260
1984	25.071	253	3.399	6	4.387	10.752	12.436	190	881	6.006	277
1985	26.893	301	3.692	16	4.726	10.780	12.839	402	896	6.006	286
1986	32.416	398	4.492	45	5.861	12.209	15.178	777	1.033	6.837	330
1987	30.343	403	4.416	77	6.395	12.232	16.128	1.174	1.074	7.054	338
1988	30.827	448	4.621	98	6.582	11.768	16.597	1.584	1.101	7.227	341
1989	33.848	533	5.210	120	7.026	11.792	17.768	1.958	1.174	7.673	359
1990	34.338	607	5.478	138	7.098	11.502	17.799	2.300	1.188	7.720	354
1991	36.415	670	6.023	158	7.300	11.665	17.963	2.819	1.270	8.298	358
1992	35.852	671	6.188	165	7.328	11.505	17.818	3.240	1.349	8.886	356
1993	37.530	662	6.689	169	7.408	11.421	17.843	3.911	1.419	9.336	354
1994	40.634	674	7.414	174	7.628	11.499	18.132	4.991	1.487	9.772	350
1995	45.749	721	8.481	177	7.966	11.826	18.664	6.304	1.594	10.529	350
1996	50.925	806	9.696	175	8.156	12.006	18.929	7.373	1.698	11.283	351
1997	53.024	910	10.598	175	8.489	12.349	19.668	8.591	1.824	12.093	392
1998	54.226	1.022	11.207	173	8.708	12.526	20.297	9.722	1.920	12.616	481
1999	51.785	1.077	10.999	179	8.715	12.298	20.410	10.359	1.941	12.504	604
2000	48.322	1.138	10.614	213	8.986	12.227	21.051	11.171	1.995	12.412	874
2001	47.040	1.258	10.484	279	9.255	12.060	21.625	11.937	2.053	12.283	1.229
2002	48.319	1.412	10.604	389	9.647	12.111	22.422	12.924	2.149	12.329	1.639
2003	49.925	1.640	10.500	469	9.257	11.248	21.566	13.112	2.092	11.427	1.975
2004	53.137	1.894	11.030	580	9.746	11.428	23.075	14.996	2.226	11.618	2.457
2005	55.304	2.145	10.993	655	9.529	10.768	23.070	15.869	2.207	11.009	2.611
2006	56.829	2.446	10.805	750	9.515	10.426	23.439	16.745	2.239	10.949	2.757
2007	62.611	3.109	11.291	878	9.828	10.488	24.737	18.384	2.352	11.592	3.012
2008	68.993	3.930	12.048	1.006	10.100	10.489	26.482	20.620	2.449	12.355	3.291
2009	70.493	4.395	12.098	1.031	9.661	9.733	26.387	21.226	2.320	12.118	3.304
2010	77.778	5.143	13.511	1.149	10.398	10.108	29.608	24.584	2.455	13.218	3.656
2011	82.165	5.737	14.619	1.199	10.630	9.884	31.759	27.143	2.506	13.897	3.780
2012	88.616	6.353	16.001	1.258	10.994	9.774	33.979	29.411	2.603	14.804	3.874
2013	93.312	6.618	17.206	1.317	11.478	9.776	36.255	32.139	2.731	15.889	4.005
2014	99.051	6.947	18.344	1.293	11.367	9.355	36.755	33.493	2.726	16.143	3.934
2015	99.100	6.853	18.292	1.224	10.782	8.655	35.298	32.460	2.588	15.389	3.668
2016	97.802	6.666	18.009	1.202	10.457	8.195	34.205	31.587	2.495	14.733	3.465
2017	99.971	6.626	18.313	1.225	10.446	8.016	34.133	31.936	2.481	14.501	3.368
2018	97.693	6.197	18.026	1.245	10.363	7.878	34.006	32.822	2.468	14.332	3.274
2019	102.563	6.297	18.731	1.282	10.311	7.890	34.340	35.002	2.498	14.520	3.246
2020	93.463	5.640	17.697	1.283	9.909	7.677	33.798	36.320	2.443	14.196	3.106
2021	97.964	5.861	18.826	1.409	10.388	8.163	36.554	41.376	2.573	14.864	3.190
2022	104.241	6.308	19.689	1.462	10.183	8.146	37.208	44.463	2.540	14.643	3.077
2023	109.981	6.870	20.817	1.544	10.027	8.141	38.053	47.366	2.557	14.784	3.037
2024	112.508	7.354	21.953	1.612	9.807	8.075	38.739	49.846	2.578	14.989	3.010

