

**INVENTÁRIO NACIONAL
DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS
POR VEÍCULOS AUTOMOTORES
RODOVIÁRIOS**

2013

ANO-BASE 2012

Relatório Final



República Federativa

Presidente da República

Dilma Rousseff

Vice-Presidente da República

Michel Temer

Ministério do Meio Ambiente

Ministra Izabella Teixeira

Secretário Executivo

Francisco Gaetani

Secretário de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental

Carlos Klink

Secretário de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano

Ney Maranhão

Diretora de Qualidade Ambiental na Indústria

Letícia Reis de Carvalho

Gerente de Qualidade do Ar

Rudolf Noronha

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA

Presidente Volney Zanardi Júnior

Diretor de Qualidade Ambiental Fernando da Costa Marques

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP

Diretora Geral Magda Maria de Regina Chambriard

Diretor Helder Queiroz Pinto Júnior

Superintendente de Biocombustível e Qualidade de Produtos Rosângela Moreira de Araújo

Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT

Diretor Geral em Exercício Jorge Luiz Macedo Bastos

Superintendente de Estudos e Pesquisas Fábio Rogério Teixeira D. de A. Carvalho

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB

Presidente Otávio Okano

Diretor de Engenharia e Qualidade Ambiental Carlos Roberto dos Santos

Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM/MG

Presidente Zuleika Stela Chiacchio Torquetti

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - FEPAM/RS

Diretor presidente Nilvo Luiz Alves da Silva

Instituto Estadual do Ambiente - INEA/RJ

Presidente Marilene Ramos

Petróleo Brasileiro S/A - PETROBRAS

Presidente Maria das Graças Silva Foster

Diretor de Abastecimento José Carlos Cosenza

Confederação Nacional do Transporte - CNT

Presidente Clésio Andrade

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA

Presidente Luiz Moan Yabiku Junior

Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares - ABRACICLO

Presidente Marcos Zaven Fermanian

Instituto de Energia e Meio Ambiente - IEMA

Diretor presidente – André Luis Ferreira

EQUIPE TÉCNICA

MMA Letícia de Carvalho, Rudolf de Noronha, João B. C. Dias, Lúcia F. A. Garcia, Luiz G. H. Mandalho

IBAMA Paulo Macedo, Flávia Lemos Sampaio Xavier

ANP Jackson Albuquerque, Thiago Karashima

ANTT Janice Cabús

CETESB Marcelo Pereira Bales, Cristiane Dias, Silmara Regina da Silva, Antonio de Castro Bruni, Liliana José Barbosa, Carlos Lacava, Vanderlei Borsari

FEAM Antônio Alves dos Reis

FEPAM Sabrina Feltes

INEA Luciana Ventura

PETROBRAS Nelson da Silva Alves, Pedro Caffaro Vicentini, Paschoal Falconi Junior, Vicente Hermogério Schmall e Carlos Vinicius Costa Massa

ANFAVEA Henry Joseph, Mário Luz Teixeira

ABRACICLO Sérgio Martins de Oliveira, Rodrigo Navarro

CNT Franklin Ferreira, Marilei Menezes

IEMA André Luis Ferreira, Carmen Araújo, Ademilson Zamboni, David Shiling Tsai, Edgar Calligari Pires, Gabriel de Freitas Viscondi, Marcelo dos Santos Cremer

AGRADECIMENTOS

Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT

Silvio Figueiredo

Janeiro de 2014

Apresentação

Como forma de contribuir para a implantação e acompanhamento dos resultados do PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, instituído pela Resolução CONAMA nº 18 de 1986, e do principal marco da gestão da qualidade do ar no país - o PRONAR - Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar, instituído pela Resolução CONAMA nº 5 de 1989, que pressupõe a implantação, entre outros, do Programa Nacional de Inventários de Fontes Poluidoras do Ar, foi lançado em 2011 o **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**, que estimou as emissões nacionais de poluentes atmosféricos e de gases de efeito estufa nesse segmento do transporte de cargas e passageiros.

O documento que agora se apresenta - **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012** – dá continuidade à estratégia de atualizar periodicamente esse instrumento, trazendo dados oficiais sobre as emissões de 1980 a 2012, dos poluentes regulamentados pelo PROCONVE - monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos não-metano (NMHC), aldeídos (RCHO), material particulado (MP) - além dos gases de efeito estufa - dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). Adicionalmente, foram inventariadas as emissões de material particulado por desgaste de pneus, freios e pista.

Esta segunda versão do Inventário busca atualizar e trazer melhorias nos dados utilizados nos cálculos de emissões, ampliando o escopo da ferramenta e incorporando dados oriundos de pesquisas recentes. Entretanto, apesar dos avanços, continua a apontar desafios que persistem desde a edição anterior.

Além dos aspectos citados, os Inventários de emissões decorrentes das atividades de transporte, vêm se firmando como ferramentas de múltiplos desdobramentos. Seu processo de elaboração permitiu maior acesso e divulgação de dados da indústria automotiva nacional e também ampliar as capacidades técnicas institucionais necessárias à implantação de políticas de controle ambiental, em especial aquelas de recorte urbano. Do ponto de vista de sua intersecção com outras políticas, os estudos de 2011 e o de 2013, também foram de grande aplicação, por exemplo, na elaboração do Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima – PSTM, e na atualização do Plano Nacional de Mudanças do Clima, respectivamente, além de outras aplicações de escala nacional e regional.

Para sua consecução, a Portaria Ministerial do MMA nº 386 de 3 de outubro de 2011, não só restituiu o Grupo de Trabalho responsável pelo 1º Inventário, mas também o ampliou, com a incorporação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, da Associação Brasileira de Entidades de Meio Ambiente - ABEMA, representada pelos órgãos de meio ambiente dos Estados do Rio de Janeiro (INEA), Rio Grande do Sul (FEPAM) e Minas Gerais (FEAM), da Confederação Nacional do Transporte - CNT e da ABRACICLO.

Esta publicação cumpre e renova a tarefa assumida pelo Ministério do Meio Ambiente e por seus parceiros, de trazer a público informação pública de referência, validada por instituições que imprimem o crivo de sua experiência técnica – desde os órgãos de controle, aos produtores de veículos e combustíveis, e representação dos transportadores e da sociedade civil organizada.

Espera-se assim, que o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013: Ano-base 2012 contribua para o controle da poluição do ar e para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Ministério do Meio Ambiente

Lista de tabelas

Tabela 1: Poluentes considerados neste Inventário	17
Tabela 2: Categorização da frota de veículos	21
Tabela 3: Distribuição dos ensaios de homologação de veículos comerciais leves do Ciclo Diesel	24
Tabela 4: Fatores de emissões evaporativas de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado	30
Tabela 5: Fatores de emissão de MP por desgaste de pneus, freios e pista por categoria	32
Tabela 6: Fatores de emissão de escapamento de CO, NO _x , RCHO, NMHC, CH ₄ e MP _{comb} , para automóveis e veículos comerciais leves novos, movidos a gasolina C e a etanol hidratado, em g/km	33
Tabela 7: Parâmetros utilizados no cálculo dos fatores de emissão de CO ₂	34
Tabela 8: Densidades energéticas utilizadas para cada combustível em cada ano-calendário	35
Tabela 9: Fatores de emissão de CO ₂ por ano-calendário e combustível	35
Tabela 10: Fatores de emissão de N ₂ O por categoria e por combustível para veículos leves, em g/km	36
Tabela 11: Fatores de emissão de N ₂ O por categoria para veículos do ciclo Diesel	36
Tabela 12: Fatores de emissão de CO, NO _x , RCHO, NMHC, CH ₄ e N ₂ O para veículos movidos a GNV, em g/km	37
Tabela 13: Incremento médio de emissões por acúmulo de rodagem, em g/km a cada 80.000 km	38
Tabela 14: Fontes de informação para os fatores de deterioração de automóveis e veículos comerciais leves movidos a gasolina C e a etanol hidratado	38
Tabela 15: Fatores de emissão de CO, NO _x , NMHC, CH ₄ - e MP _{comb} para motocicletas, em g/km	39
Tabela 16: Consumo específico de combustível de motores Diesel por fase do PROCONVE, em g _{diesel} /kWh	40
Tabela 17: Fatores de emissão de CO, NO _x , NMHC, CH ₄ - e MP _{comb} para motores Diesel, em g _{poluente} /kWh	41
Tabela 18: Valores médios de quilometragem por litro para veículos do ciclo Diesel	42
Tabela 19: Fatores de emissão de CO, NO _x , NMHC e MP _{comb} para motores Diesel, em g _{poluente} /km	42
Tabela 20: Fatores de emissão de CH ₄ para motores Diesel	44
Tabela 21: Fatores de emissão para comerciais leves homologados como veículos leves, em g _{poluente} /km	44
Tabela 22: Frações da frota de veículos <i>flex fuel</i> que opta por cada combustível, para cada ano-calendário	46
Tabela 23: Amostragem realizada na pesquisa de intensidade de uso pela CNT, para cada categoria de veículo diesel	48
Tabela 24: Quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto (km/L)	50
Tabela 25: Quilometragem por litro de combustível para motocicletas (km/L)	51
Tabela 22: Frações da frota de veículos <i>flex fuel</i> que opta por cada combustível, para cada ano-calendário	46
Tabela 23: Amostragem realizada na pesquisa de intensidade de uso pela CNT, para cada categoria de veículo diesel	48
Tabela 24: Quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto (km/L)	50
Tabela 25: Quilometragem por litro de combustível para motocicletas (km/L)	51
Tabela 26: Quilometragem por litro de combustível para comerciais leves do ciclo Diesel (km/L)	51

Tabela 27: Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos leves (Fases “L”)	80
Tabela 28: Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos pesados (Fases “P”)	81
Tabela 29: Estratégia de implantação do PROMOT (Fases “M”)	81
Tabela 30: Evolução das vendas de caminhões e ônibus novos no Brasil	84
Tabela 31: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Otto	87
Tabela 32: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel	88
Tabela 33: Teor de enxofre no diesel de homologação e fatores de emissão de MP por fase do PROCON- VE	90
Tabela 34: Valores de intensidade de uso de referência adotados no Inventário, em km/ano	91
Tabela 35: Evolução do consumo anual de gasolina A e GNV por categoria de veículos	92
Tabela 36: Evolução do consumo anual de etanol por categoria de veículos (10^3 m^3)	93
Tabela 37: Evolução do consumo anual de diesel de petróleo por categoria de veículos (10^3 m^3)	94
Tabela 38: Evolução do consumo anual de biodiesel por categoria de veículos (10^3 m^3)	95
Tabela 39: Emissões de CO por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)	96
Tabela 40: Emissões de CO por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)	97
Tabela 41: Emissões de NO_x por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)	98
Tabela 42: Emissões de NO_x por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)	99
Tabela 43: Emissões de MP de escapamento por veículos movidos à gasolina C (t/ano)	100
Tabela 44: Emissões de MP de escapamento por veículos do ciclo Diesel (t/ano)	101
Tabela 45: Emissões de MP (combustão e desgaste) por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)	102
Tabela 46: Emissões de MP, combustão e desgaste, por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)	103
Tabela 47: Emissões de RCHO por categoria de veículos e tipo de combustível (t/ano)	104
Tabela 48: Emissões de NMHC por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)	105
Tabela 49: Emissões de NMHC por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)	106
Tabela 50: Emissões de CH_4 por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)	107
Tabela 51: Emissões de CH_4 por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)	108
Tabela 52: Emissões de N_2O por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)	109
Tabela 53: Emissões de N_2O por veículos movidos a diesel (t/ano)	110
Tabela 54: Emissões de CO_2 de escapamento por veículos do ciclo Otto (mil t/ano)	111
Tabela 55: Emissões de CO_2 de escapamento por veículos do ciclo Diesel pela queima de diesel de petró- leo (mil t/ano)	112
Tabela 56: Emissões de CO_2 de escapamento por veículos do ciclo Diesel pela queima de biodiesel (mil t/ ano)	113

Lista de gráficos

Gráfico 1: Curvas de sucateamento para veículos do ciclo Otto	23
Gráfico 2: Curvas de sucateamento para veículos do ciclo Diesel	23
Gráfico 3: Evolução da frota estimada de veículos por categoria	25
Gráfico 4: Evolução da frota estimada de veículos pesados por categoria	26
Gráfico 5: Evolução da frota estimada de automóveis por tipo de combustível	26
Gráfico 6: Evolução da frota estimada de comerciais leves por tipo de combustível	27
Gráfico 7: Evolução da frota estimada de motocicletas por tipo de combustível	27
Gráfico 8: Evolução da frota estimada de veículos leves por fase do PROCONVE	28
Gráfico 9: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE	29
Gráfico 10: Evolução da frota estimada de motocicletas por fase do PROMOT	29
Gráfico 11: Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Otto	47
Gráfico 12: Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Diesel	48
Gráfico 13: Quilometragem por litro de combustível para automóveis	49
Gráfico 14: Evolução do consumo nacional de gasolina C no transporte rodoviário	52
Gráfico 15: Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário	52
Gráfico 16: Evolução do consumo nacional de diesel no transporte rodoviário	53
Gráfico 17: Evolução do consumo nacional de gasolina C no transporte rodoviário por categoria de veículos	53
Gráfico 18: Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário por categoria de veículos	54
Gráfico 19: Evolução do consumo nacional de diesel no transporte rodoviário por categoria de veículos	54
Gráfico 20: Emissões de CO por categoria de veículos	55
Gráfico 21: Emissões de CO por tipo de combustível	56
Gráfico 22: Emissões de CO por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE	56
Gráfico 23: Emissões de CO por motocicletas por fase do PROMOT	57
Gráfico 24: Emissões de NO _x por categoria de veículos	58
Gráfico 25: Emissões de NO _x por tipo de combustível	58
Gráfico 26: Emissões de NO _x por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE	59
Gráfico 27: Emissões de NO _x por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE	59
Gráfico 28: Emissões de MP por combustão por categoria de veículos	60
Gráfico 29: Emissões de MP por combustão por tipo de combustível	61
Gráfico 30: Emissões de MP por combustão por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE	61
Gráfico 31: Emissões totais de MP por tipo de emissão	62
Gráfico 32: Emissões totais de MP por categoria de veículos	63
Gráfico 33: Emissões de RCHO por categoria de veículos do ciclo Otto	64
Gráfico 34: Emissões de RCHO por tipo de combustível	64
Gráfico 35: Emissões de NMHC por categoria de veículos	65

Gráfico 36: Emissões de NMHC por tipo de combustível	65
Gráfico 37: Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves por fase do PROCONVE	66
Gráfico 38: Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por tipo de emissão	66
Gráfico 39: Emissões de CH ₄ por categoria de veículos	67
Gráfico 40: Emissões de CH ₄ por tipo de combustível	68
Gráfico 41: Emissões de N ₂ O por categoria de veículos	69
Gráfico 42: Emissões de N ₂ O por tipo de combustível	69
Gráfico 43: Emissões de CO ₂ por categoria de veículos	70
Gráfico 44: Emissões de CO ₂ por tipo de combustível.	71
Gráfico 46: Emissões de CO ₂ equivalente por tipo de gás	72
Gráfico 47: Evolução das vendas de veículos novos no Brasil por categoria	82
Gráfico 48: Evolução das vendas de automóveis novos no Brasil por tipo de motor	82
Gráfico 49: Evolução das vendas de comerciais leves novos no Brasil por tipo de motor	83
Gráfico 50: Evolução das vendas de caminhões e ônibus novos no Brasil	83
Gráfico 51: Evolução das vendas de motocicletas no Brasil por tipo de motor	84
Gráfico 52: Evolução do teor de enxofre médio do diesel comercial no Brasil	90

Lista de figuras

Figura 1: Procedimentos adotados para estimar as emissões	20
Figura 2: Procedimento para estimar a frota de veículos	22
Figura 3: Procedimentos adotados para estimar os fatores de emissão para veículos do ciclo Diesel, expressos em g/km	42

Lista de quadros

Quadro 1: Síntese comparativa entre o 1º Inventário (MMA, 2011) e o Inventário 2013: Ano-base 2012.	18
--	----

Lista de siglas

ABRACICLO	Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares
ABEMA	Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BEN	Balanco Energético Nacional
cc	centímetros cúbicos
CEE	Comunidade Econômica Europeia
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
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
EEA	<i>European Environment Agency</i> (UE)
EMEP	<i>Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range trans-mission of air pollutants in Europe</i> (UE)
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FTP	<i>Federal Test Procedure</i> (EUA)
GNV	gás natural veicular
GT	Grupo de Trabalho
HC	hidrocarbonetos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente

IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISSRC	<i>International Sustainable Systems Research Center</i> (EUA)
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MMA	Ministério do Meio Ambiente
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
NMHC	hidrocarbonetos não-metano
NMHC _{escap}	hidrocarbonetos não-metano referentes à emissão de escapamento
N ₂ O	óxido nitroso
NO _x	óxidos de nitrogênio
O ₃	ozônio
PBT	peso bruto total
PECO	Programa de Economia de Combustíveis
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S/A
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOT	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Similares
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
PSTM	Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima
RCHO	aldeídos
RNTRC	Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga
RVEP	Relatório de Valores de Emissão da Produção
SINDIPEÇAS	Sindicato Nacional de Indústria de Componentes para Veículos Automotores
STI	Secretaria de Tecnologia Industrial
TEP	tonelada equivalente de petróleo
THC	hidrocarbonetos totais
THC _{escap}	hidrocarbonetos totais referentes à emissão de escapamento
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (EUA)

Sumário

Apresentação	IV
Listas	V
Lista de tabelas	V
Lista de gráficos	VII
Lista de figuras	IX
Lista de quadros	X
Lista de siglas	XI
Sumário	XIII
1. Introdução	16
1.1 Escopo	16
1.1.1 Abrangência espacial e temporal	16
1.1.2 Poluentes inventariados	17
2. Metodologia	19
2.1 Equação geral	19
2.2 Equação para veículos convertidos para o uso de GNV	19
2.3 Sistematização dos procedimentos para estimar as emissões	19
3. Frota de veículos	21
3.1 Categorização da frota	21
3.2 Estimativa da frota de veículos	22
3.2.1 Curvas de sucateamento	22
3.2.2 Histórico de vendas de veículos novos	23
3.2.2.1 Automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas	23
3.2.2.2 Caminhões e ônibus	24
3.3 Evolução da frota entre 1980 a 2012	25
4. Fatores de emissão	29
4.1 Fatores de emissão para automóveis e comerciais leves do ciclo Otto	29
4.1.1 Veículos novos (0km) movidos à gasolina C e etanol hidratado	29
4.1.1.1 Emissões de escapamento PROCONVE	29
4.1.1.2 Emissões evaporativas (NMHC _{evap})	29
4.1.1.3 CH ₄	32
4.1.1.4 Material particulado (MP)	32
4.1.1.5 Dióxido de carbono (CO ₂)	34

4.1.1.6 Óxido Nitroso (N ₂ O)	36
4.1.2. Veículos convertidos para o uso de GNV	37
4.1.3. Deterioração de emissões por acúmulo de rodagem	37
4.2 Fatores de emissão para motocicletas	38
4.3. Fatores de emissão para veículos pesados do ciclo Diesel	39
4.4. Fatores de emissão para comerciais leves homologados como “veículos leves”	44
5. Intensidade de Uso	45
5.1 Equações Gerais	45
5.2 Valores de referência para a intensidade de uso de veículos	47
5.2.1 Automóveis, veículos comerciais leves do ciclo Otto e motocicletas	47
5.2.2 Veículos do ciclo Diesel	47
5.3 Quilometragem por litro de combustível (km/L)	48
5.3.1 Automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto	48
5.3.2 Motocicletas	50
5.3.3 Veículos pesados do ciclo Diesel	51
5.3.4 Veículos comerciais leves do ciclo Diesel	51
5.4 Comparação entre consumo de combustível estimado e observado	51
5.5 Consumo de combustível por categoria de veículos	53
6. Resultados	55
6.1 Emissões de monóxido de carbono (CO)	55
6.2 Emissões de óxidos de nitrogênio (NO _x)	57
6.3 Emissões de material particulado (MP)	60
6.3.1 Emissões de material particulado por combustão (MP _{comb})	60
6.3.2 Emissões de material particulado por desgaste (MP _{desgaste})	62
6.4 Emissões de aldeídos (RCHO)	63
6.5 Emissões de hidrocarbonetos não metano (NMHC)	64
6.6 Emissões de metano (CH ₄)	67
6.7 Emissões de óxido nitroso (N ₂ O)	68
6.8 Emissões de dióxido de carbono (CO ₂)	70
6.9 Emissões de dióxido de carbono equivalente (CO _{2eq})	71
7. Recomendações	73
7.1 Para melhoria da qualidade das informações	73
7.1.1 Frota de veículos	74
7.1.2 Fatores de Emissão	74
7.1.3 Intensidade de uso e autonomia de veículos	75
7.2 Quanto a elaboração de inventários locais e regionais	75
7.3 Quanto à infraestrutura, desenvolvimento e implantação de sistema de informações e fortalecimento do arranjo institucional	75

8. Referências Bibliográficas	77
Anexos	79
Anexo A: Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE)	79
Anexo B: Dados de vendas de veículos novos no mercado interno	82
Anexo C: Parametrização das curvas de sucateamento	86
Anexo D: Tabelas de evolução da frota de veículos	87
Anexo E: Teor de enxofre no diesel e emissões de material particulado (MP)	89
Anexo F: Tabela de valores de intensidade de uso de referência	91
Anexo G: Tabelas de evolução do consumo de combustível por categoria de veículos	92
Anexo H: Tabelas de emissões por categoria de veículos e tipo de combustível	96
Anexo I: Portaria Ministerial	113

1. Introdução

Os inventários de emissões de poluentes atmosféricos, em um aspecto mais geral, são instrumentos estratégicos de gestão ambiental que estimam, de forma especificada, as emissões numa dada área geográfica e num dado período de tempo, permitindo assim, dependendo de sua escala ou resolução, orientar a adoção de medidas de intervenção. A elaboração dessa ferramenta é ponto de partida para o sucesso da implantação ou reorientação de quaisquer programas voltados ao melhoramento da qualidade do ar, uma vez que se presta a:

- identificar e hierarquizar as diferentes fontes contribuintes e as emissões totais;
- identificar os principais poluentes emitidos em uma área de interesse;
- avaliar os efeitos das medidas de controle sobre as taxas de emissão;
- estimar, com auxílio de modelagem, os efeitos das emissões atmosféricas na qualidade do ar;
- identificar medidas potenciais de redução;
- e restituir séries históricas e determinar tendências de emissões futuras.

Ainda que sejam instrumentalmente importantes para muitas atividades de controle e regulação, se baseados em informações incompletas, errôneas ou pouco confiáveis, o uso de inventários na tomada de decisões pode ter consequências negativas em termos de custos e eficácia, o que torna fundamental adotar rotinas que levem à melhoria da qualidade da informação de base, das metodologias de cálculo e avaliação de sua aplicabilidade.

O Inventário 2013: Ano-base 2012, parte, assim, de uma referência técnico-metodológica que vem sendo construída desde 2010 (detalhada no 1º Inventário Nacional – MMA, 2011), e busca atualizar a estimativa de emissões de 1980 até 2012, com os aperfeiçoamentos que foram possíveis, destacando-se:

- a) ampliação da categorização da frota de veículos a diesel (aumento de 3 para 5 no número de categorias de caminhões; inclusão da categoria micro-ônibus);
- b) inclusão da quantificação de material particulado proveniente do desgaste de pneus, freios e vias;
- c) inclusão das estimativas de emissão de N_2O ;
- d) inclusão das estimativas de emissão de CH_4 para os veículos a diesel, além das provenientes dos veículos de ciclo Otto;
- e) mudança na metodologia para o cálculo da porcentagem de veículos *flex* que utilizam gasolina ou álcool; e
- f) utilização de dados de intensidade de uso de veículos pesados levantados por pesquisa junto aos transportadores.

1.1 Escopo

1.1.1 Abrangência espacial e temporal

Foram estimadas as emissões atmosféricas por veículos automotores em todo o território nacional, sem desagregação por unidade da Federação ou regiões metropolitanas.

Para capturar a evolução das emissões decorrentes do aumento da frota de veículos e da implantação do PROCONVE e do PROMOT, são apresentadas as emissões desde o ano 1980 até 2012.

1.1.2 Poluentes inventariados

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

- Material particulado (MP) de escapamento, por automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas movidos à gasolina C.
- Emissões de material particulado causadas por desgaste de freios e pneus, e por desgaste de pista.
- Metano (CH₄) por todas as categorias de veículos.
- Óxido Nitroso (N₂O) por todas as categorias de veículos.
- Dióxido de carbono (CO₂) por todas as categorias de veículos.

Tabela 1: Poluentes considerados neste Inventário

Poluentes	Automóveis e comerciais leves do ciclo Otto		Motocicletas		Veículos do ciclo Diesel	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 e pneus (MP)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Emissões por desgaste de pista (MP)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*Material particulado gerado pela queima de combustíveis

Quadro 1: Síntese comparativa entre o 1º Inventário (MMA, 2011) e o Inventário 2013: Ano-base 2012.

Tópico	1º Inventário	2º Inventário	Impactos nos resultados
Categorização da frota de veículos	Comerciais Leves Diesel tratados como veículos pesados	Comerciais Leves Diesel categorizados conforme o ensaio de homologação (leves e pesados)	Estimativas condizentes com os fatores de emissão disponibilizados pela CETESB
	Caminhões: leves, médios, pesados	Caminhões: semileves, leves, médios, semipesados, pesados	Obtenção de estimativas das emissões em um número maior de categorias.
	Ônibus: urbanos e rodoviários	Ônibus: urbanos, micro-ônibus e rodoviários	Obtenção de estimativas das emissões em um número maior de categorias.
Vendas de veículos novos	Base de dados da ANFAVEA	Nova base de dados de vendas de veículos pesados construída a partir das bases da ADK, ANFAVEA e do Quadro de Fabricantes do DNIT	Melhor ajuste do consumo de diesel preliminar estimado pelo modelo do Inventário em relação ao consumo de diesel apresentado pelo BEN e modificação das curvas de emissões de MP e NOx por combustão
Fatores de emissão de MP	Estimado apenas MP da combustão	Estimados MP combustão e desgaste	Aumento nas emissões estimadas de MP.
Emissões de CO ₂	Fatores de emissão constantes ao longo do tempo	Utilização da metodologia empregada pelo Relatório de Referência - Emissões por Queima de Combustíveis, Abordagem bottom-up, Segunda Comunicação Nacional (MCT, 2010)	Resultados condizentes com a metodologia proposta pelo MCTI.
Emissões de N ₂ O	Não estimadas	Estimadas conforme os fatores apresentados no Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2012 - CETESB (2013)	Introdução das estimativas de emissões de N ₂ O.
Emissões de CH ₄	Estimadas apenas para veículos Otto	Inclusão das estimativas de emissões provenientes dos veículos Diesel	Aumento nas estimativas das emissões de CH ₄
Fração <i>flex</i>	Curva relacionando a fração com o preço dos combustíveis	Método iterativo que busca igualar o fator de correção da intensidade de uso de etanol e gasolina para os anos a partir de 2003	Distribuição equitativa da quilometragem percorrida pelos veículos <i>flex</i>
Intensidade de uso de veículos pesados	Definida pelo Grupo de Trabalho	Pesquisa CNT / Despoluir	Melhor ajuste do consumo de diesel preliminar estimado pelo modelo do Inventário em relação ao consumo de diesel apresentado pelo BEN.

2. Metodologia

2.1 Equação geral

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

$$E = Fr \times Iu \times Fe \dots (\text{Equação 1})$$

Onde:

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

2.2 Equação para veículos convertidos para o uso de GNV

No Brasil, a comercialização de veículos novos movidos a GNV é muito pouco significativa e, basicamente, 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 1. Assim, diferentemente do que foi adotado para veículos 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:

$$E = C_{\text{GNV}} \times Fe \dots (\text{Equação 2})$$

Onde:

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

2.3 Sistematização dos procedimentos para estimar as emissões

A Figura 1 ilustra os procedimentos para estimar as emissões da frota de veículos em circulação para cada ano-calendário. Conforme mostram as Equações 1 e 2 e a Figura 1, a elaboração do inventário de emissões veiculares depende de quatro grandes conjuntos de dados: a frota de veículos em circulação, os fatores de emissão de poluentes, a intensidade de uso e o consumo de combustível

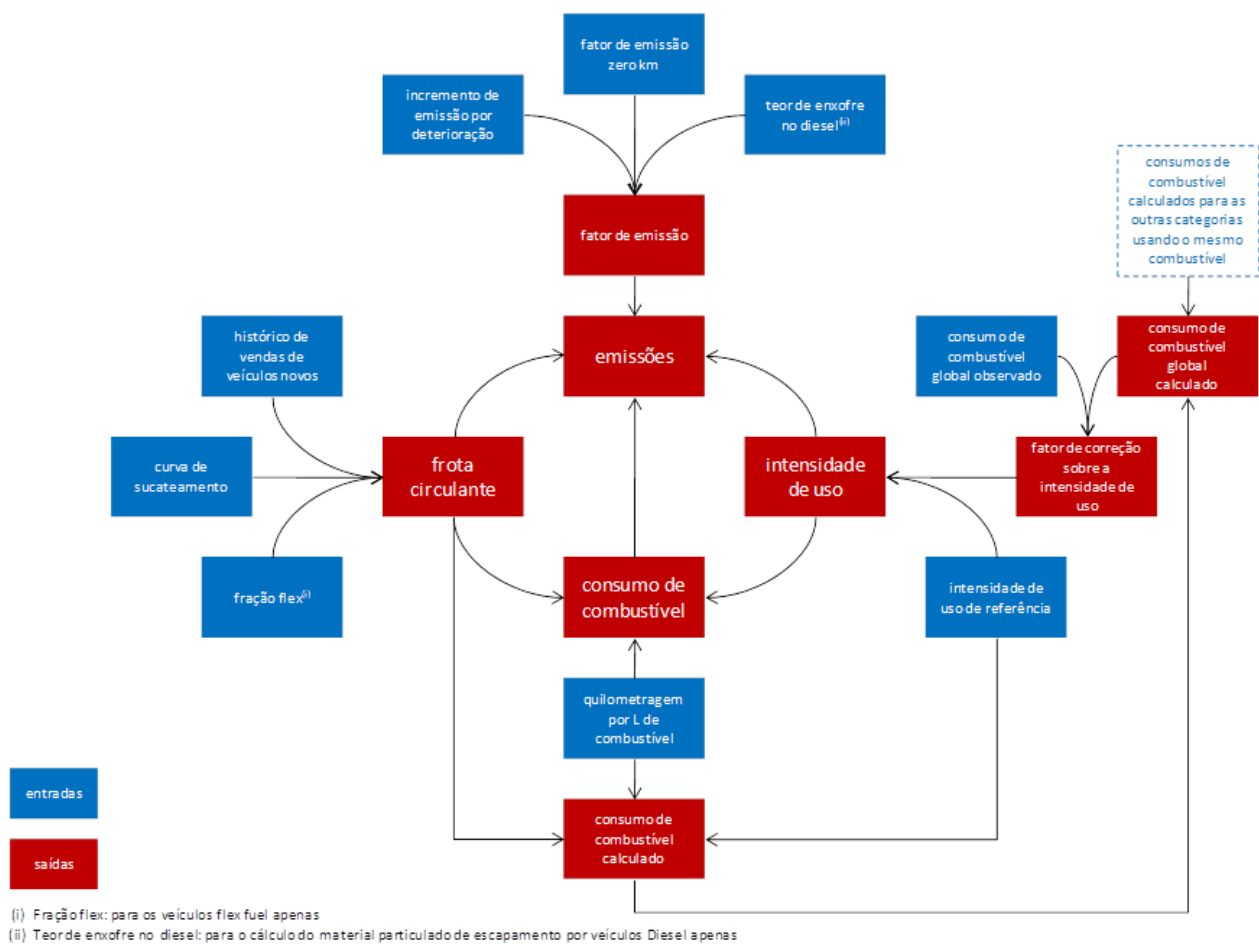


Figura 1: Procedimentos adotados para estimar as emissões

3. Frota de veículos

3.1 Categorização da frota

Uma das aplicações do Inventário é fornecer subsídios para análises e proposições de ações específicas, que levem, por exemplo, à formulação e avaliação de políticas públicas relacionadas à qualidade do ar e mudanças climáticas. Isso demanda a desagregação dos resultados por tipo de combustível, por idade ou geração tecnológica dos veículos, por tipo de uso – transporte de cargas ou passageiros – bem como por sua capacidade ou porte.

Em relação ao 1º Inventário, foram incorporadas algumas modificações em relação aos veículos pesados: os caminhões antes classificados como leves, médios e pesados tem, agora, agregadas duas novas subdivisões – semileves e semipesados, conforme classificação atualmente adotada pela ANFAVEA. A partir do ano-modelo 2009, veículos comerciais leves a diesel também passam a ser diferenciados quando homologados como veículos pesados, ou quando homologados como veículos leves, de modo a se aplicar o fator de emissão adequado, conforme reportado pela CETESB.

A classificação dos ônibus também ganhou nova subdivisão. Além dos ônibus convencionais urbanos e rodoviários, são considerados, agora, os micro-ônibus. A Tabela 2 mostra a categorização da frota considerada neste Inventário.

Tabela 2: Categorização da frota de veículos

Categoria	Motor
Motocicletas	Otto / Gasolina
	Otto / Flex Fuel
Automóveis	Otto / Gasolina
	Otto / Etanol
	Otto / Flex Fuel
	Otto / GNV
Comerciais leves	Otto / Gasolina
	Otto / Etanol
	Otto / Flex Fuel
	Diesel
Micro-ônibus	Diesel
Ônibus urbanos	Diesel
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

Simplificações adotadas na categorização:

- Não foram considerados ônibus e caminhões do ciclo Otto, dado que sua participação na frota não é significativa;
- Não foram considerados os automóveis do ciclo Diesel, uma vez que, no Brasil, é proibido o abastecimento com diesel de veículos com capacidade de transporte inferior a 1.000 kg;

3.2 Estimativa da frota de veículos

Os procedimentos aqui adotados são os mesmos do 1º Inventário, assim, a frota de veículos foi estimada a partir da aplicação de taxas de sucateamento dos veículos novos comercializados no país, conforme ilustram a Figura 2 e a Equação 3 – à semelhança dos procedimentos empregados pela ANFAVEA e pelo SINDIPEÇAS (2008).

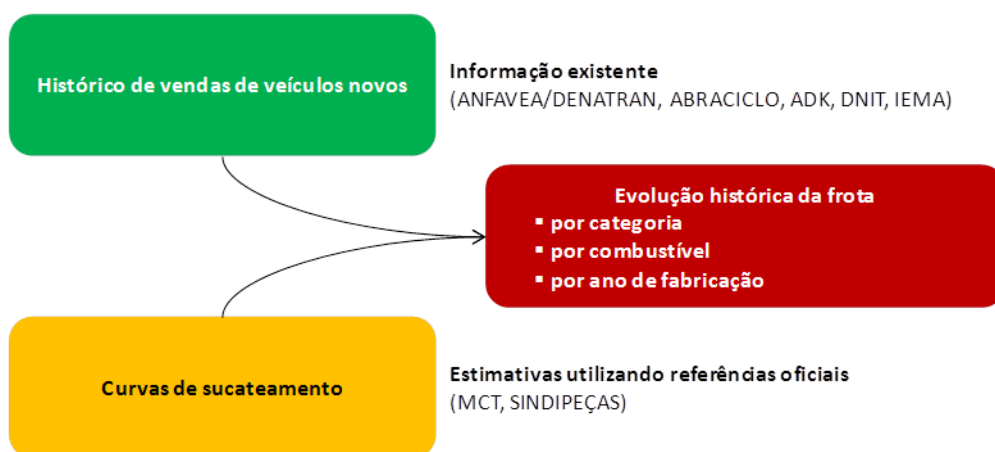


Figura 2: Procedimento para estimar a frota de veículos

$$Fr_{ano-calendário\ i, ano-modelo\ k} = V_{ano-modelo\ k} \times (1 - S_{ano-calendário\ i, ano-modelo\ k}) \dots \text{(Equação 3)}$$

Onde,

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

3.2.1 Curvas de sucateamento

No que se refere às curvas de sucateamento, mantêm-se as opções pelo emprego das mesmas curvas do 1º Inventário, conforme ilustradas nos Gráficos 1 e 2. O Anexo C descreve a parametrização adotada para o levantamento dessas curvas.

Gráfico 1: Curvas de sucateamento para veículos do ciclo Otto

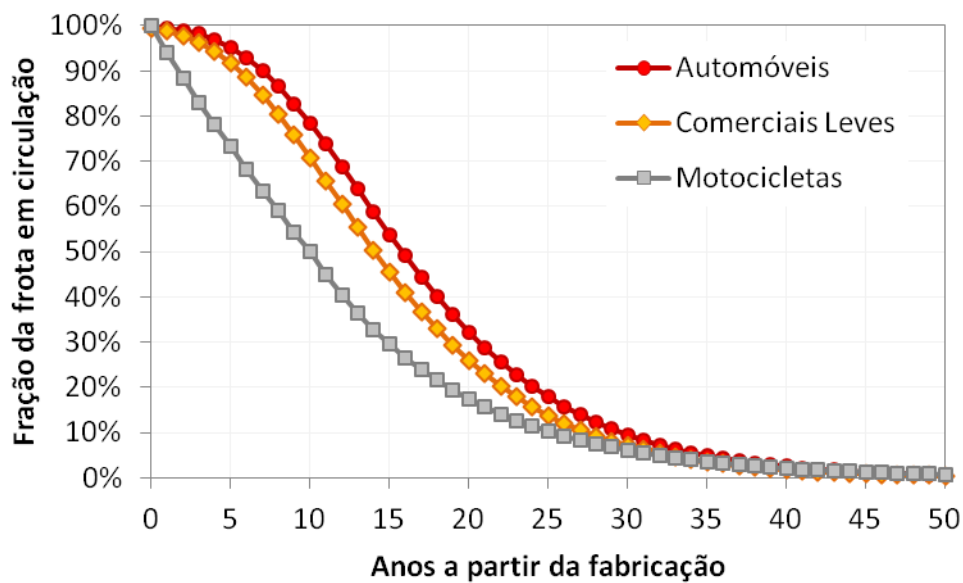
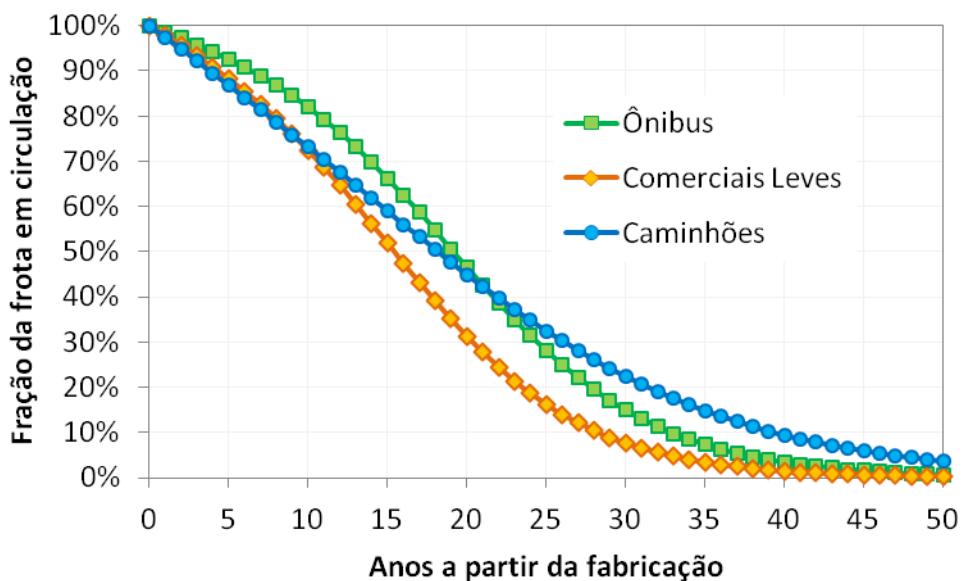


Gráfico 2: Curvas de sucateamento para veículos do ciclo Diesel



3.2.2 Histórico de vendas de veículos novos

3.2.2.1 Automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas

- **Vendas de automóveis e comerciais leves do Ciclo Otto:** para toda a extensão temporal abrangida pelo Inventário, os dados relativos às vendas são provenientes do **Anuário da ANFAVEA, 2013**.
- **Motocicletas:** as informações utilizadas do histórico de vendas de motocicletas foram obtidas pelo sítio eletrônico da **ABRACICLO, 2013**.

- **Comerciais leves do Ciclo Diesel:** o número total de veículos vendidos nessa categoria foi obtido do **Anuário da ANFAVEA, 2013**, para toda a extensão temporal. Porém, a porcentagem de veículos homologados como leves e como pesados foi proposta pela CETESB, 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 comerciais 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	0%	100%
2009	59%	41%
2010	61%	39%
2011	73%	27%
2012	100%	0%

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 de acesso público dos dados, no detalhamento necessário, foi adquirida uma base de dados da empresa privada **ADK Automotive**, a qual possui informações sobre vendas de veículos pesados de 1990 até 2012, por modelo. Além disso, a base contém diversas características sobre cada modelo vendido, como o Peso Bruto Total (PBT) e a Carga Máxima de Tração (CMT) para os caminhões, que são os critérios apresentados pela ANFAVEA para a categorização dos caminhões. Dessa forma, foi possível reclassificar todos os modelos e obter as vendas em cada uma das categorias de caminhões, de acordo com os critérios apresentados na **Carta da ANFAVEA, 2013**.

Dessa forma, o histórico de vendas de veículos pesados novos foi obtido da seguinte maneira:

- **Caminhões:** o número total de vendas de caminhões de 1957 até 2012 foi obtido através do **Anuário da ANFAVEA, 2013**. A distribuição desses caminhões em cada uma das categorias foi obtida pelo cruzamento entre o banco de dados da ANFAVEA e o Quadro de Fabricantes do DNIT, para os anos entre 1957 e 1989; através da base de dados da ADK Automotive, para os anos entre 1990 e 2001 e pelo próprio **Anuário da ANFAVEA, 2013**, para os demais anos.
- **Ônibus e Micro-ônibus:** volume total de vendas foi obtido do **Anuário da ANFAVEA, 2013**. A distribuição entre ônibus urbanos (convencionais e micro-ônibus) e ônibus rodo-

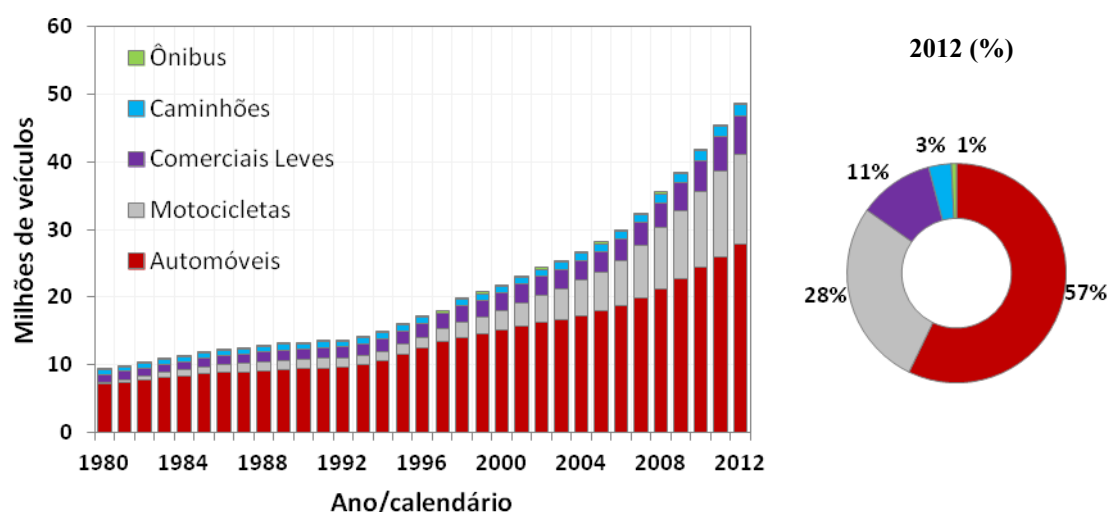
viários é resultado de estatísticas da ANFAVEA nos anos de 2005 a 2010. Com base nessas estatísticas, assumiu-se, para os demais anos, que dos ônibus vendidos, 90% são urbanos e 10% são rodoviários. Já a distribuição entre ônibus convencionais urbanos e microônibus é proveniente do cruzamento entre o banco de dados da ANFAVEA e o **Quadro de Fabricantes do DNIT**, para os anos entre 1957 e 1989, enquanto para os anos entre 1990 e 2012, esse número vem da base de dados da ADK Automotive.

3.3 Evolução da frota entre 1980 a 2012

Os Gráficos 3 a 10, a seguir, apresentam a evolução da frota de veículos leves, pesados e motocicletas de diferentes maneiras: desagregada pelo tipo de veículo, pelo tipo de combustível ou de acordo com as fases tecnológicas implantadas pelos Programas PROCONVE e PROMOT.

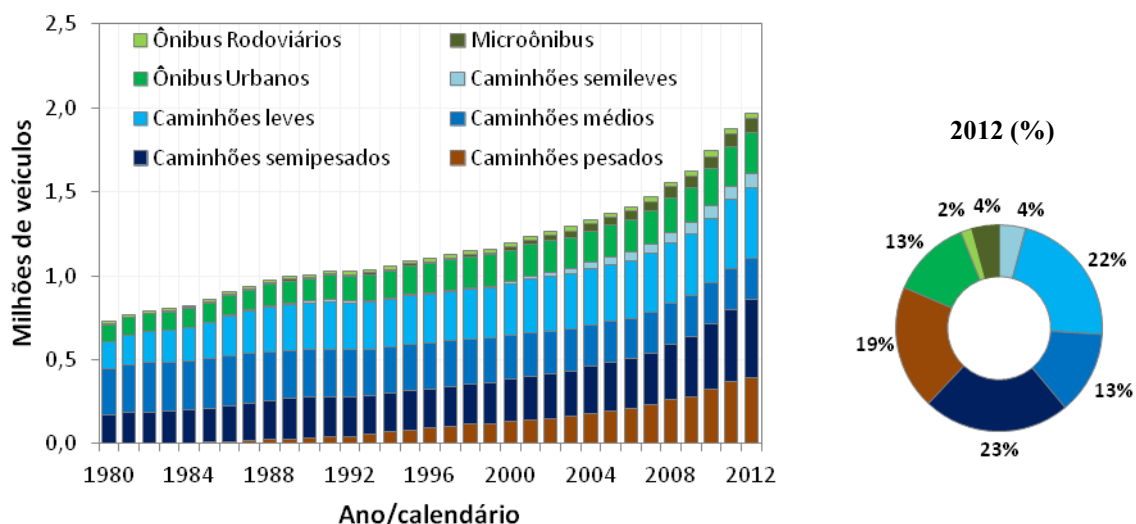
Com uma frota em constante crescimento desde 1980, observa-se, no Gráfico 3, que em 2012 o volume de veículos atingiu um número próximo a 49 milhões, destes, 57% correspondem a automóveis, 28% a motocicletas, 11% a veículos comerciais leves, 3% a caminhões e 1% a ônibus. O aumento no total de veículos foi de aproximadamente 27% em relação à frota estimada em 2009 (mostrada no 1º Inventário).

Gráfico 3: Evolução da frota estimada de veículos por categoria



Ao se destacar, no Gráfico 4, os números do crescimento de veículos pesados (ônibus e caminhões), observa-se que, em 2012, os mesmos já totalizavam quase 2 milhões. Assim, de acordo com a nova desagregação aqui assumida, os caminhões pesados representaram 19% da frota, semipesados 23%, médios 1%, leves 22%, semileves 4%, ônibus urbanos 13%, rodoviários 2% e micro-ônibus 4%. Ainda no mesmo gráfico, vale destacar na evolução histórica dessa frota, o surgimento dos caminhões pesados no final de década de 80, que tiveram uma expansão constante especialmente entre 2008 e 2012, em contraponto, a um menor crescimento da frota de caminhões médios nos últimos anos.

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



Nos Gráficos 5, 6 e 7, é possível verificar como se compõem as frotas de automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas segundo o tipo de motor. O Gráfico 5 mostra, por exemplo, que em 2012 a frota de automóveis alcançou a marca aproximada de 27 milhões de unidades, sendo 57% com motorização *flex fuel*, 40% com motorização dedicada a gasolina e apenas 3% ainda dedicados a etanol hidratado. Já no Gráfico 6 que trata da frota de comerciais leves, a distribuição de veículos segundo a motorização e tipo de combustível é relativamente mais equilibrada que nos automóveis. Das cerca de 5,8 milhões de unidades que compunham a frota em 2012, 38% era de veículos *flex fuel*, 36% a gasolina, 27% com motorização diesel e apenas 2% dedicados a etanol.

Mas é no Gráfico 7, referente a frota de motocicletas, que se observa o crescimento vertiginoso dessa categoria desde o final da década de 90, com a rápida aceleração da introdução de motos tipo *flex fuel* a partir de 2009.

Gráfico 5: Evolução da frota estimada de automóveis por tipo de combustível

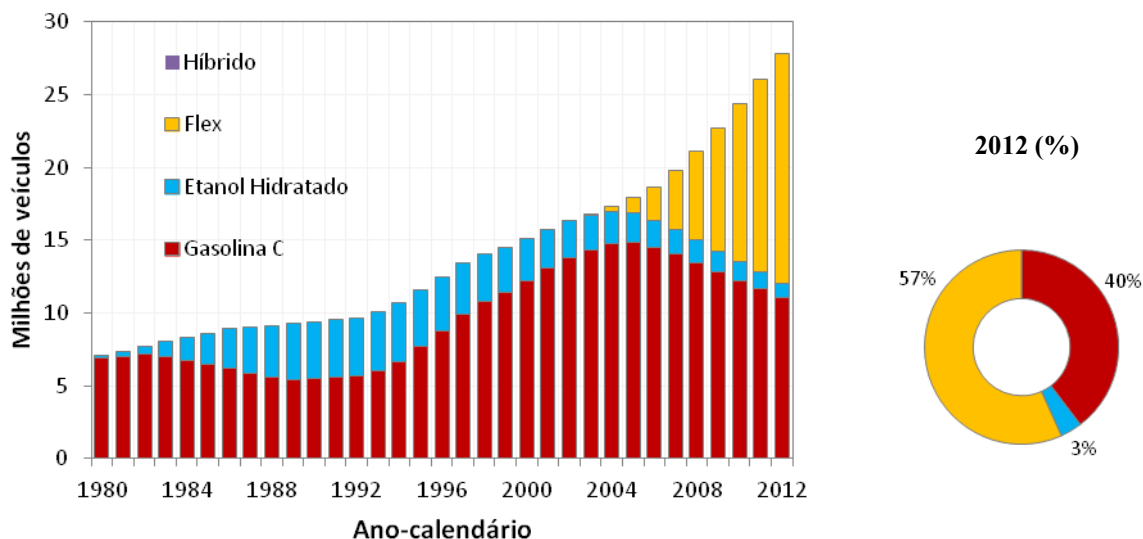


Gráfico 6: Evolução da frota estimada de comerciais leves por tipo de combustível

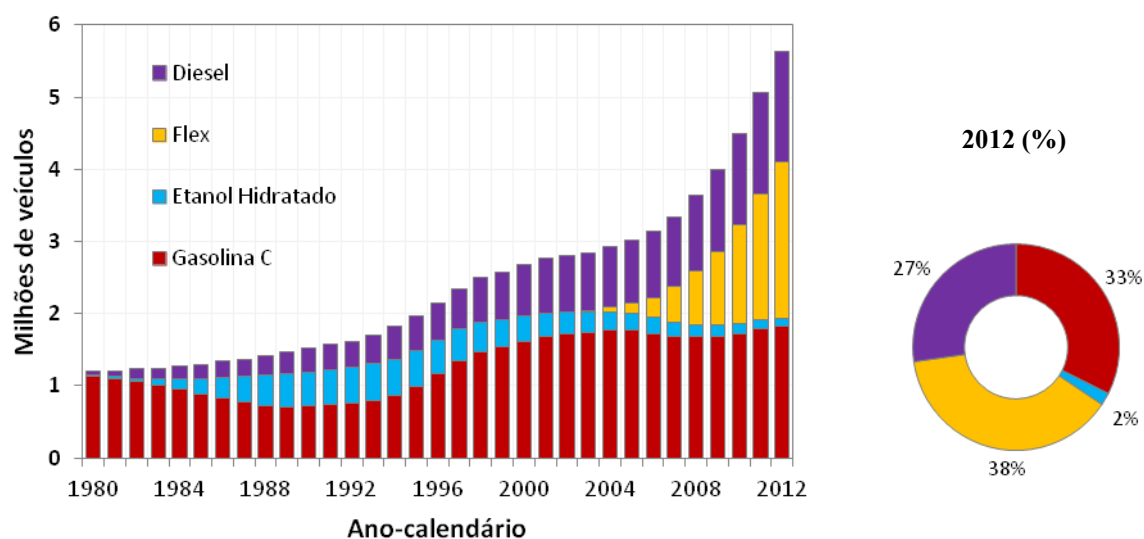
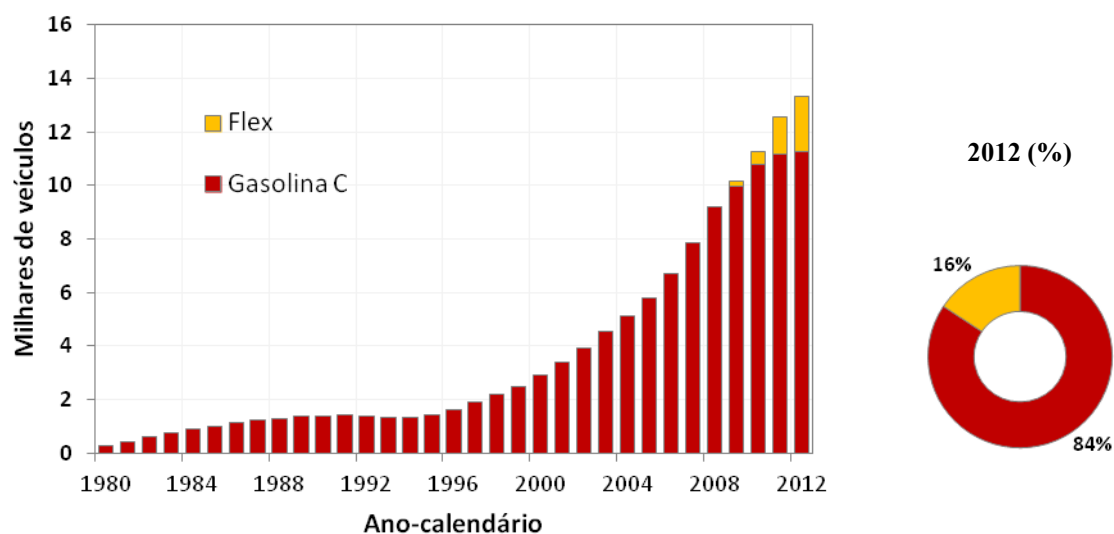


Gráfico 7: Evolução da frota estimada de motocicletas por tipo de combustível



Por fim, os Gráficos 8, 9 e 10 mostram como se compõe a frota nacional de acordo com as fases dos Programas PROCONVE e PROMOT, valendo lembrar que este Inventário captura a entrada da fase mais recente do PROCONVE para veículos pesados, P7, iniciada em 2012; já a entrada das fases L6 do PROCONVE para veículos leves e da fase M4 do PROMOT, previstas para 2013 e 2014, respectivamente, não estão incluídas na abrangência temporal deste Inventário.

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

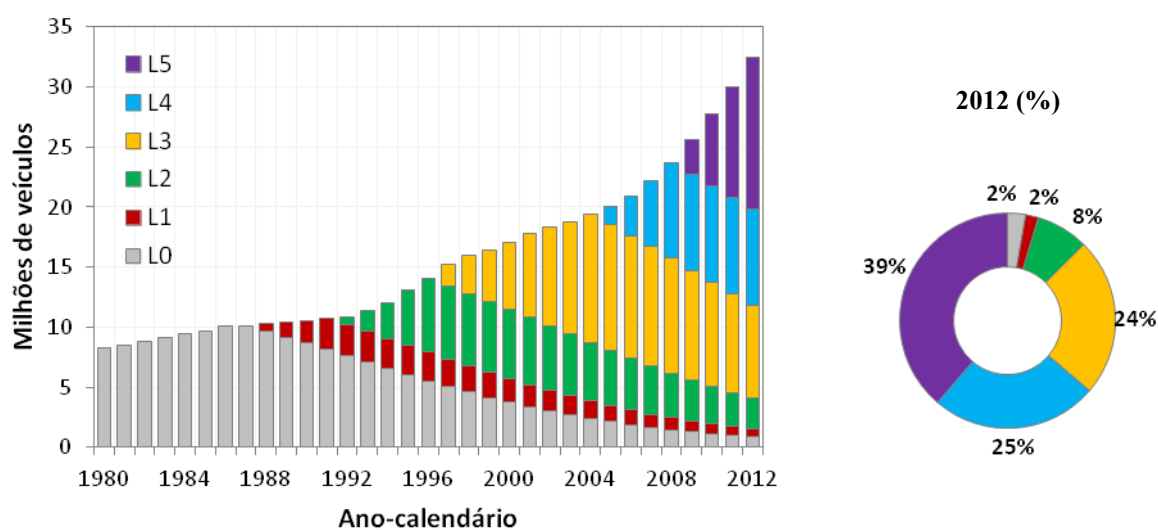


Gráfico 9: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE

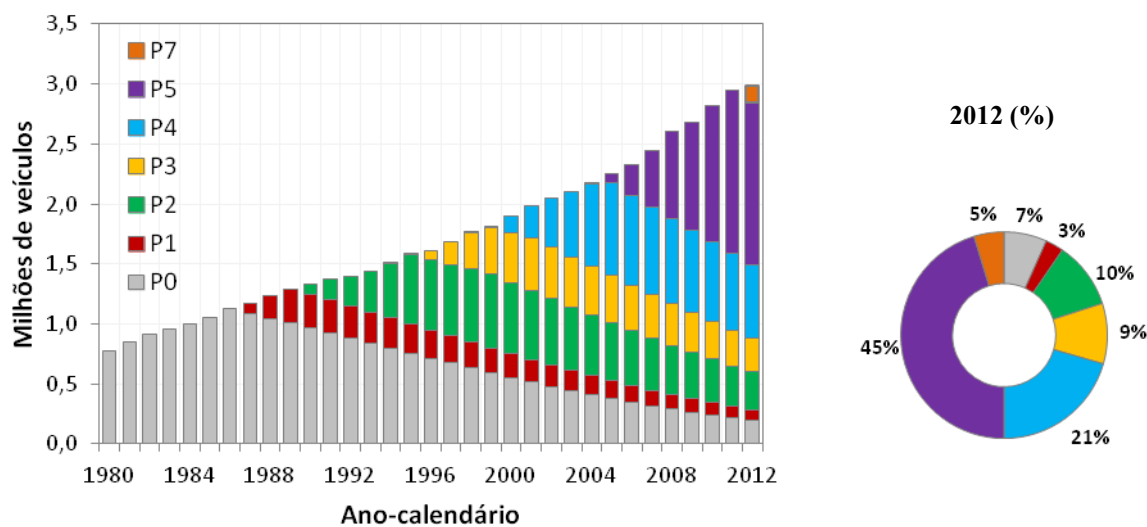
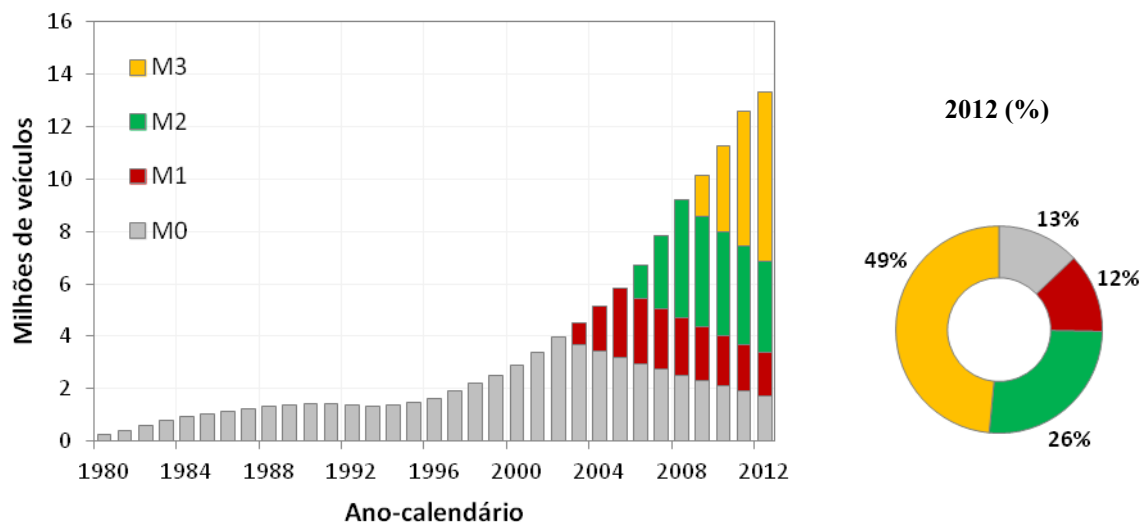


Gráfico 10: Evolução da frota estimada de motocicletas por fase do PROMOT



4. Fatores de emissão

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

4.1.1 Veículos novos (0km) movidos à gasolina C e etanol hidratado

4.1.1.1. Emissões de escapamento PROCONVE

No âmbito do PROCONVE, são realizados ensaios para fins de pesquisa e homologação de veículos desde 1989, deles, são obtidos os fatores de emissão pelo Agente Técnico do Programa, a CETESB, que os registra e encaminha ao IBAMA nos pareceres de homologação. Assim, os fatores médios de emissão de **CO**, **NOx**, **THC_{escap}/NMHC_{escap}** e **RCHO** – por ano de fabricação, ponderados pelo volume de vendas de cada modelo de automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto novos, são disponibilizados tanto anualmente pela CETESB em seus Relatórios de Emissões Veiculares, quanto no site do IBAMA.

Para fins deste Inventário, e no que trata dos veículos com fabricação entre 1980 e 2012, empregaram-se os fatores de emissão do Relatório publicado em 2013 pela CETESB (CETESB, 2013). Para veículos anteriores a 1980, foram adotados fatores de emissão iguais aos dos veículos fabricados entre 1980 e 1983, também na base da CETESB. No caso dos veículos comerciais leves, do Ciclo Otto, os fatores de emissão apresentados nessa seção são válidos somente para os veículos fabricados até 2008. Para os veículos dessa categoria fabricados nos demais anos, a descrição dos respectivos fatores é apresentada na seção 4.4.

4.1.1.2. Emissões evaporativas (NMHC_{evap})

Conforme discutido no 1º Inventário, a legislação brasileira estabelece limite para emissões evaporativas provenientes do sistema de alimentação de automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, sendo que estes devem ser homologados conforme a norma **ABNT - NBR 11.481**. No entanto, o resultado final das emissões evaporativas obtido desses ensaios, pode não ter uma correspondência direta com as emissões que ocorrem em situações reais de uso dos veículos, conforme os seguintes processos: emissões diurnas (e_d), perdas em movimento (e_r), emissões evaporativas do veículo em repouso com o motor quente e emissões evaporativas do veículo em repouso com o motor frio (e_s).

Apesar do ensaio de homologação reproduzir, de certa forma, a emissão evaporativa 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 variáveis importantes como 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, o GT adotou um método de cálculo próprio baseado na metodologia *Tier 2*, do Guia Europeu para Inventário de Emissões – ***Emission Inventory Guidebook*, EMEP/EEA (2009)**, aproveitando também os resultados dos ensaios de homologação nacionais. Essa metodologia encontra-se detalhada em Vicentini (2010).

A Tabela 4 apresenta os valores obtidos por meio do referido método.

A fim de transformar os fatores das emissões e_r e e_s , 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 (2008)**, a distância média nacional percorrida por viagem no transporte individual.

Tabela 4: Fatores de emissões evaporativas de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado

Ano/modelo	Combustível	e_d (g/dia)	e_s (g/viag)	e_r (g/viag)
Até 1989	Gasolina C	4,90	15,04	12,67
	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

Tabela 4 (continuação): Fatores de emissões evaporativas de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado

Ano/modelo	Combustível	e _d (g/dia)	e _s (g/viag)	e _r (g/viag)
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
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

4.1.1.3. CH₄

Os fatores de emissão de metano utilizados nesse Inventário são os apresentados pelo “Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2012” CETESB (2013).

4.1.1.4. Material particulado (MP)

Uma vez que as emissões de MP por escapamento de veículos do ciclo Otto não são regulamentadas pelo PROCONVE, da mesma forma que no 1º Inventário, aqui foram adotados os fatores propostos no Guia Europeu para Inventário de Emissões – *Emission Inventory Guidebook* - **EMEP/EEA (2009)**, para veículos utilizando gasolina C, observando-se a correspondência tecnológica entre veículos europeus e brasileiros:

Fase L2 e anteriores: 0,0024 g/km e **Fase L3 e posteriores:** 0,0011 g/km

As emissões de material particulado devido ao desgaste de pista, pneus e freios mostrados na Tabela 5, foram estimadas também a partir dos fatores de emissão disponíveis em **EMEP/EEA (2009)**. O cálculo das emissões é feito por meio da Equação 1, uma vez que, os fatores utilizados possuem g_{poluente}/km como unidade.

Cabe destacar que, por se tratarem de fatores de emissão europeus, esses podem não refletir a realidade brasileira, tanto no que diz respeito à qualidade da pavimentação, quanto ao material de pneus e freios. Ainda assim, mesmo com as imprecisões destacadas, o aumento dessas emissões, causado pelo aumento da quilometragem percorrida pelos veículos ao longo do tempo, demonstra a importância de fazer tais estimativas.

Tabela 5: Fatores de emissão de MP por desgaste de pneus, freios e pista por categoria

Categoria	MP 10 desgaste de pneus e freios (g/km)	MP 10 desgaste de pista (g/km)
Motocicletas	0,0064	0,0030
Automóveis	0,0138	0,0075
Comerciais Leves	0,0138	0,0075
Caminhões Semileves	0,0216	0,0075
Caminhões Leves	0,0216	0,0075
Caminhões Médios	0,5900	0,0380
Caminhões Semipesados	0,5900	0,0380
Caminhões Pesados	0,5900	0,0380
Ônibus Rodoviários	0,5900	0,0380
Ônibus Urbanos / Micro-ônibus	0,5900	0,0380

A Tabela 6, a seguir, resume os fatores de emissão no escapamento de CO, NO_x, RCHO, NMHC_{escap}, CH₄ e MP_{comb} aqui aplicados para automóveis e veículos comerciais leves novos, movidos a gasolina C e a etanol hidratado.

Tabela 6: Fatores de emissão de escapamento de CO, NO_x, RCHO, NMHC, CH₄ e MP_{comb}, para automóveis e veículos comerciais leves novos, movidos a gasolina C e a etanol hidratado, em g/km

Ano/modelo	Combustível	CO	NO _x	RCHO	NMHC _{escap}	CH ₄	MP _{comb}
Até 1983	Gasolina C	33,00	1,40	0,0500	2,55	0,45	0,0024
	Etanol hidratado	18,00	1,00	0,1600	1,36	0,24	-
1984-1985	Gasolina C	28,00	1,60	0,0500	2,04	0,36	0,0024
	Etanol hidratado	16,90	1,20	0,1800	1,36	0,24	-
1986-1987	Gasolina C	22,00	1,90	0,0400	1,70	0,30	0,0024
	Etanol hidratado	16,00	1,80	0,1100	1,36	0,24	-
1988	Gasolina C	18,50	1,80	0,0400	1,45	0,26	0,0024
	Etanol hidratado	13,30	1,40	0,1100	1,45	0,26	-
1989	Gasolina C	15,20	1,60	0,0400	1,36	0,24	0,0024
	Etanol hidratado	12,80	1,10	0,1100	1,36	0,24	-
1990	Gasolina C	13,30	1,40	0,0400	1,19	0,21	0,0024
	Etanol hidratado	10,80	1,20	0,1100	1,11	0,20	-
1991	Gasolina C	11,50	1,30	0,0400	1,11	0,20	0,0024
	Etanol hidratado	8,40	1,00	0,1100	0,94	0,17	-
1992	Gasolina C	6,20	0,60	0,0130	0,51	0,09	0,0024
	Etanol hidratado	3,60	0,50	0,0350	0,51	0,09	-
1993	Gasolina C	6,30	0,80	0,0220	0,51	0,09	0,0024
	Etanol hidratado	4,20	0,60	0,0400	0,60	0,11	-
1994	Gasolina C	6,00	0,70	0,0360	0,45	0,15	0,0024
	Etanol hidratado	4,60	0,70	0,0420	0,51	0,19	-
1995	Gasolina C	4,70	0,60	0,0250	0,45	0,15	0,0024
	Etanol hidratado	4,60	0,70	0,0420	0,51	0,19	-
1996	Gasolina C	3,80	0,50	0,0190	0,30	0,10	0,0024
	Etanol hidratado	3,90	0,70	0,0400	0,44	0,16	-
1997	Gasolina C	1,20	0,30	0,0070	0,15	0,05	0,0011
	Etanol hidratado	0,90	0,30	0,0120	0,22	0,08	-
1998	Gasolina C	0,79	0,23	0,0040	0,11	0,03	0,0011
	Etanol hidratado	0,67	0,24	0,0140	0,14	0,05	-
1999	Gasolina C	0,74	0,23	0,0040	0,11	0,03	0,0011
	Etanol hidratado	0,60	0,22	0,0130	0,12	0,05	-
2000	Gasolina C	0,73	0,21	0,0040	0,10	0,03	0,0011
	Etanol hidratado	0,63	0,21	0,0140	0,13	0,05	-
2001	Gasolina C	0,48	0,14	0,0040	0,08	0,03	0,0011
	Etanol hidratado	0,66	0,08	0,0170	0,11	0,04	-
2002	Gasolina C	0,43	0,12	0,0040	0,08	0,03	0,0011
	Etanol hidratado	0,74	0,08	0,0170	0,12	0,04	-
2003	Gasolina C	0,40	0,12	0,0040	0,08	0,03	0,0011
	Etanol hidratado	0,77	0,09	0,0190	0,12	0,04	-
	Flex - Gasolina C	0,50	0,04	0,0040	0,04	0,01	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,51	0,14	0,0200	0,11	0,04	-
2004	Gasolina C	0,35	0,09	0,0040	0,08	0,03	0,0011
	Etanol hidratado	0,82	0,08	0,0160	0,12	0,05	-
	Flex - Gasolina C	0,39	0,05	0,0030	0,06	0,02	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,46	0,14	0,0140	0,10	0,04	-
2005	Gasolina C	0,34	0,09	0,0040	0,08	0,02	0,0011
	Etanol hidratado	0,82	0,08	0,0160	0,12	0,05	-
	Flex - Gasolina C	0,45	0,05	0,0030	0,08	0,03	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,39	0,10	0,0140	0,10	0,04	-
2006	Gasolina C	0,33	0,08	0,0020	0,06	0,02	0,0011
	Etanol hidratado	0,67	0,05	0,0140	0,09	0,03	-
	Flex - Gasolina C	0,48	0,05	0,0030	0,08	0,02	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,47	0,07	0,0140	0,08	0,03	-
2007	Gasolina C	0,33	0,08	0,0020	0,06	0,02	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,48	0,05	0,0030	0,08	0,02	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,47	0,07	0,0140	0,08	0,03	-
2008	Gasolina C	0,37	0,04	0,0014	0,03	0,01	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,51	0,04	0,0020	0,05	0,02	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,71	0,05	0,0152	0,04	0,01	-
2009	Gasolina C	0,24	0,02	0,0018	0,023	0,007	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,32	0,03	0,0019	0,034	0,006	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,53	0,03	0,0113	0,044	0,026	-
2010	Gasolina C	0,22	0,03	0,0015	0,023	0,007	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,28	0,03	0,0015	0,031	0,009	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,51	0,04	0,0093	0,040	0,050	-
2011	Gasolina C	0,26	0,03	0,0020	0,027	0,013	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,28	0,03	0,0010	0,032	0,008	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,49	0,03	0,0090	0,048	0,042	-
2012	Gasolina C	0,25	0,03	0,0017	0,014	0,026	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,27	0,03	0,0014	0,026	0,014	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,47	0,03	0,0082	0,062	0,028	-

4.1.1.5. 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 **Segunda Comunicação Nacional (MCT, 2010)**.

A unidade original dos fatores apresentados naquele Relatório é ton C/TJ, a conversão para unidades de massa de CO₂ por volume de combustível é feita por meio da Equação 4:

$$\frac{\text{kg CO}_2}{\text{L}} = \frac{\text{ton C}}{\text{TJ}} \times \frac{\text{TJ}}{\text{tep}} \times \frac{\text{tep}}{\text{m}^3} \times \% \text{ Oxidação} \times \frac{44 \text{ ton CO}_2}{12 \text{ ton C}} \dots (\text{Equação 4})$$

Onde,

- **kg CO₂/L** é o fator de emissão calculado em kg de dióxido de carbono por litro de combustível.
- **ton C/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 carbono por Terajoule de combustível.
- **TJ/tep** é o fator de conversão de unidades de energia, de Terajoules para toneladas equivalentes de petróleo (tep), disponível no **Balanco Energético Nacional 2012, EPE (2013)**.
- **tep/m³** é a densidade energética em tep/m³. Para os anos anteriores a 2005, foram utilizados os valores apresentados na Comunicação Nacional do Brasil à CQNUMC, para os demais anos os valores se encontram no BEN.
- **%Oxidação** é a fração do carbono presente no combustível realmente oxidado na combustão, disponível na Comunicação Nacional do Brasil à CQNUMC.
- **44 ton CO₂/12 ton C** é a relação entre as massas molares do CO₂ e do carbono.

A Tabela 7 mostra uma síntese dos parâmetros utilizados para o cálculo dos fatores de emissão de CO₂. A Tabela 8 apresenta as densidades energéticas utilizadas para cada combustível em cada ano-calendário, enquanto a Tabela 9 mostra os valores obtidos para os fatores de emissão em kgCO₂/L e em kgCO₂/m³ (para o GNV).

Tabela 7: Parâmetros utilizados no cálculo dos fatores de emissão de CO₂

Combustível	Fator de Emissão (tC/TJ)	TJ/tep	tep/m³	% Oxidada
Gasolina Automotiva	18,9	0,04187	Tabela 9	99,0%
Etanol Anidro	18,8			
Etanol Hidratado				
Diesel Mineral	20,2			
Biodiesel*	20,2			99,5%
GNV	15,3			

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

Tabela 8: Densidades energéticas utilizadas para cada combustível em cada ano-calendário

Ano-calendário	Gasolina Automotiva (tep/m³)	Etanol Hidratado (tep/m³)	Etanol Anidro (tep/m³)	Diesel Mineral (tep/m³)	Biodiesel (tep/m³)	GNV (tep/1000m³)
1980	0,77	0,51	0,534	0,8570	-	-
1981	0,769			0,8620		
1982	0,77			0,8650		
1983	0,787			0,8630		
1984	0,786			0,8710		
1985	0,793			0,8680		
1986	0,792			0,8750		
1987	0,787			0,8730		
1988	0,794			0,8700		
1989	0,789			0,8750		
1990	0,787			0,8750		
1991-1997	0,787			0,8710		
1998	0,781	0,880	0,880	0,8620	0,880	0,880
1999	0,777			0,8570		
2000	0,773			0,8510		
2001-2004	0,77			0,8480		
2005-2012	0,77			0,8480	0,7920	

Tabela 9: Fatores de emissão de CO₂ por ano-calendário e combustível

Ano-calendário	Gasolina Automotiva (kg/L)	Etanol Hidratado (kg/L)	Etanol Anidro (kg/L)	Diesel Mineral (kg/L)	Biodiesel (kg/L)	GNV (kg/m³)
1980	2,209	1,457	1,526	2,631	-	-
1981	2,209			2,646		
1982	2,212			2,656		
1983	2,261			2,649		
1984	2,258			2,674		
1985	2,278			2,665		
1986	2,275			2,686		
1987	2,261			2,680		
1988	2,281			2,671		
1989	2,266			2,686		
1990	2,261			2,686		
1991-1997	2,261			2,674		
1998	2,243	1,999	1,999	2,646	1,999	1,999
1999	2,232			2,631		
2000	2,220			2,613		
2001-2004	2,212			2,603		
2005-2012	2,212			2,603	2,431	

4.1.1.6. Óxido Nitroso (N₂O)

De modo a contemplar uma gama maior de emissões de gases de efeito estufa, tratados pelo IPCC, o Óxido Nitroso (N₂O) passou a ser estimado a partir deste documento, sendo que os fatores de emissão utilizados são os disponíveis no “Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2012” - CETESB (2013).

Tabela 10: Fatores de emissão de N₂O por categoria e por combustível para veículos leves, em g/km

Ano/modelo	Combustível	Automóveis	Comerciais Leves	Motocicletas
Até 1983	Gasolina C	0,005	0,005	0,002
	Etanol hidratado	0,007	0,007	-
1984-1993	Gasolina C	0,004	0,004	0,002
	Etanol hidratado	0,006	0,006	-
1994-2002	Gasolina C	0,022	0,022	0,002
	Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2003	Gasolina C	0,021	0,021	0,002
	Etanol hidratado	0,017	0,017	-
	Flex - Gasolina C	0,023	0,023	-
	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2004	Gasolina C	0,021	0,021	0,002
	Etanol hidratado	0,017	0,017	-
	Flex - Gasolina C	0,022	0,022	-
	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2005	Gasolina C	0,021	0,021	0,002
	Etanol hidratado	0,017	0,017	-
	Flex - Gasolina C	0,021	0,021	-
	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2006	Gasolina C	0,021	0,021	0,002
	Etanol hidratado	0,017	0,017	-
	Flex - Gasolina C	0,020	0,020	-
	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2007	Gasolina C	0,021	0,021	0,002
	Flex - Gasolina C	0,020	0,020	-
	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2008	Gasolina C	0,024	0,024	0,002
	Flex - Gasolina C	0,020	0,020	-
	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2009	Gasolina C	0,025	0,025	0,002
	Flex - Gasolina C	0,020	0,020	0,002
	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2010	Gasolina C	0,023	0,034	0,002
	Flex - Gasolina C	0,019	0,019	0,002
	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2011	Gasolina C	0,021	0,024	0,002
	Flex - Gasolina C	0,019	0,024	0,002
	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-
2012	Gasolina C	0,021	0,024	0,002
	Flex - Gasolina C	0,019	0,026	0,002
	Flex - Etanol hidratado	0,017	0,017	-

Tabela 11: Fatores de emissão de N₂O por categoria para veículos do ciclo Diesel

Categoria	N ₂ O (g/km)
Comerciais Leves Diesel	0,02
Ônibus	0,03
Caminhões	0,03

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 do 1º Inventário – 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 2012, EPE (2013).

Para aplicação no Inventário, calculou-se um fator médio de emissões para cada poluente a partir dos valores divulgados em CETESB (2013), 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 12.

De acordo com a Equação 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 inventário. No que se refere às emissões de CO_2 , o procedimento e os valores adotados são os mesmos da Seção 4.1.1.5., ao passo que os valores utilizados para estimar as emissões de N_2O foram propostos por BORSARI (2009).

Tabela 12: Fatores de emissão de CO , NO_x , RCHO, NMHC, CH_4 e N_2O para veículos movidos a GNV, em g/km

CO	NO_x	RCHO	NMHC	CH_4	N_2O
0,56	0,29	0,0038	0,026	0,22	0,0313

4.1.3. Deterioração de emissões por acúmulo de rodagem

Uma vez que os fatores de emissão para os veículos em condições reais de uso ainda são inconsistentes no país, este inventário continua adotando apenas os valores gerados nos **ensaios de durabilidade** (os mesmos do 1º Inventário), estabelecidos pelo PROCONVE a partir de 2003. Estes ensaios têm o objetivo de verificar se os limites de emissão estabelecidos são respeitados por, no mínimo, 80.000km 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.

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 13.

Tabela 13: Incremento médio de emissões por acúmulo de rodagem, em g/km a cada 80.000 km

Combustível	Poluentes			
	CO	NO _x	NMHC	RCHO
Gasolina C	0,263	0,030	0,023	0,00065
Etanol hidratado	0,224	0,020	0,024	0,00276

Nos veículos fabricados entre 1995 e 2002, onde não foram realizados esses 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 160.000km, permanecendo constante a partir daí;
- Para NO_x considerou-se não haver deterioração.

A Tabela 14 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 14: 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 catalisadores)		(Veículos equipados com catalisadores)	
Fonte de informação	GT (CETESB)		Ensaio de durabilidade do PROCONVE (extrapolação)	Ensaio de durabilidade do PROCONVE

4.2 Fatores de emissão para motocicletas

Os fatores para os poluentes regulamentados pelo PROMOT – CO, NO_x e THC – resultam dos processos de homologação de novos modelos a partir de 2003, e são apresentados tanto no Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2012, da CETESB, o agente técnico do Programa, quanto no site do IBAMA, responsável pelo PROMOT. Para as motocicletas fabricadas até 2002, os fatores foram sugeridos por aquela Companhia no âmbito do GT - os mesmos utilizados no 1º Inventário.

Nos dados reportados em CETESB (2013), 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 o perfil da frota em termos das cilindradas. Dos dados da ABRA-CICLO (2013), é 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.

Como o PROMOT regulamenta apenas a emissão de THC, os fatores para NMHC e CH₄ foram estimados utilizando a razão CH₄/THC = 15%, à semelhança do valor proposto por BORSARI (2005) para automóveis e veículos comerciais leves não equipados com catalisadores.

Em relação ao MP de escapamento, poluente não regulamentado pelo PROMOT, optou-se por aplicar os fatores disponíveis no Guia Europeu para Inventário de Emissões (EMEP/EEA,2009). Dessa maneira, para tais emissões, foram utilizados os mesmos valores do Inventário anterior.

A Tabela 15 apresenta os fatores de emissão adotados para motocicletas, e no que se refere às emissões de CO₂, o procedimento e os valores já foram mostrados na Seção 4.1.1.5. Já os fatores de deterioração por acúmulo de rodagem de motos não foram considerados por absoluta ausência de informações.

Tabela 15: Fatores de emissão de CO, NO_x, NMHC, CH₄ e MP_{comb} para motocicletas, em g/km

Ano/modelo	Combustível	CO	NO _x	NMHC _{escap}	CH ₄	MP _{comb}
Até 2002	Gasolina C	19,70	0,10	2,21	0,39	0,0287
2003	Gasolina C	5,03	0,15	0,65	0,12	0,0140
2004	Gasolina C	6,17	0,18	0,72	0,13	0,0140
2005	Gasolina C	2,65	0,16	0,40	0,07	0,0035
2006	Gasolina C	2,18	0,18	0,29	0,05	0,0035
2007	Gasolina C	1,82	0,17	0,28	0,05	0,0035
2008	Gasolina C	1,40	0,12	0,20	0,04	0,0035
2009	Gasolina C	1,09	0,10	0,14	0,02	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,75	0,05	0,13	0,02	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,58	0,07	0,14	0,02	-
2010	Gasolina C	0,74	0,07	0,14	0,02	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,75	0,05	0,13	0,02	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,58	0,07	0,14	0,02	-
2011	Gasolina C	0,70	0,08	0,15	0,03	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,76	0,06	0,12	0,02	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,68	0,06	0,14	0,02	-
2012	Gasolina C	0,57	0,08	0,16	0,03	0,0035
	Flex - Gasolina C	0,74	0,04	0,12	0,02	0,0035
	Flex - Etanol hidratado	0,9	0,04	0,14	0,02	-

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 e IBAMA, são gerados nos ensaios de homologação segundo os ciclos estabelecidos nas normas técnicas ABNT-NBR 14489 e ABNT-NBR 15634. As emissões são medidas em termos da massa de poluentes gerados por unidade de trabalho realizado pelo motor expressas em g_{poluente}/kWh, conforme mostrado na Tabela 17. Os valores relatados para ônibus urbanos foram aplicados, também, para micro-ônibus.

Os fatores expressos em $g_{\text{poluente}}/\text{kWh}$ são convertidos para $g_{\text{poluente}}/\text{km}$ utilizando operações que levam em conta o consumo específico de combustível ($g_{\text{diesel}}/\text{kWh}$), a densidade do óleo diesel ($g_{\text{diesel}}/L_{\text{diesel}}$) e a quilometragem por litro ($\text{km}/L_{\text{diesel}}$) dos veículos, conforme as seguintes equações:

$$\frac{g_{\text{poluente}}}{g_{\text{diesel}}} = \frac{g_{\text{poluente}}}{\text{kWh}} \div \frac{g_{\text{diesel}}}{\text{kWh}} \dots (\text{Equação 5})$$

$$\frac{g_{\text{poluente}}}{\text{km}} = \frac{g_{\text{poluente}}}{g_{\text{diesel}}} \times \frac{g_{\text{diesel}}}{L_{\text{diesel}}} \div \frac{\text{km}}{L_{\text{diesel}}} \dots (\text{Equação 6})$$

O dados de consumo específico dos motores ($g_{\text{diesel}}/\text{kWh}$), mostrados na Tabela 16, até 2010, foram baseados em ensaios de motores realizados pela Mercedes-Benz e fornecidos pela ANFAVEA. Desde 2011 a referência para o consumo de combustível dos motores passa a ser a homologação pela CETESB. Com base nesses valores e nos números indicados na Tabela 17, aplicou-se a Equação 5 para calcular os fatores em $g_{\text{poluente}}/g_{\text{diesel}}$ e, em seguida, a Equação 6 para obter os fatores de emissão em $g_{\text{poluente}}/\text{km}$. Para esse cálculo, foram necessários os dados de quilometragem por litro de combustível ($\text{km}/L_{\text{diesel}}$) para veículos a Diesel (valores baseados em informações levantadas pela ANFAVEA em 2008 e pela PETROBRAS em 2010), os quais são apresentados na Tabela 18. Para micro-ônibus, o valor utilizado está referenciado em OLIVEIRA e ORICO FILHO (2004).

Tabela 16: Consumo específico de combustível de motores Diesel por fase do PROCONVE, em $g_{\text{diesel}}/\text{kWh}$

Ano/modelo	Fase PROCONVE	Categorias	$g_{\text{diesel}}/\text{kWh}$
-	Pré-PROCONVE, P1 e P2	-	225
-	P3	-	218
-	P4	-	210
2004-2010	P5	-	220
2011	P5	Caminhões	Semileves
			Leves
			Médios
			Semipesados
			Pesados
		Ônibus	Urbanos
			Micro-ônibus
			Rodoviários
		Comerciais Leves	
2012	P7	Caminhões	Semileves
			Leves
			Médios
			Semipesados
			Pesados
		Ônibus	Urbanos
			Micro-ônibus
			Rodoviários

Tabela 17: Fatores de emissão de CO, NO_x, NMHC e MP_{comb} para motores Diesel, em g_{poluente}/kWh

Ano/modelo	Fase PROCONVE	Categoria		CO	NMHC	NO _x	MP _{comb} *
Até 1999	Pré-PROCONVE, P1/P2/P3/P4	-		1,86	0,68	10,70	0,660
2000-2001	P3/P4	-		1,62	0,54	6,55	0,318
2002-2003	P4	-		0,85	0,29	6,16	0,120
2004-2008	P4/P5	-		0,85	0,23	5,42	0,100
2009	P5	Caminhões	Semileves	1,08	0,17	4,45	0,075
			Leves	0,97	0,17	4,70	0,086
			Médios	0,76	0,11	4,56	0,088
			Semipesados	0,87	0,09	4,72	0,080
			Pesados	0,81	0,09	4,65	0,070
		Ônibus	Urbanos	0,98	0,14	4,61	0,081
			Micro-ônibus	0,98	0,14	4,61	0,081
			Rodoviários	0,51	0,14	4,69	0,070
		Comerciais Leves**		1,36	0,30	4,40	0,095
2010	P5	Caminhões	Semileves	1,07	0,21	4,47	0,086
			Leves	0,76	0,15	4,57	0,074
			Médios	0,74	0,14	4,61	0,078
			Semipesados	0,83	0,12	4,71	0,090
			Pesados	0,59	0,14	4,64	0,060
		Ônibus	Urbanos	1,05	0,17	4,68	0,084
			Micro-ônibus	1,05	0,17	4,68	0,084
			Rodoviários	0,55	0,16	4,49	0,072
		Comerciais Leves		1,82	0,38	4,76	0,106
2011	P5	Caminhões	Semileves	1,22	0,15	4,50	0,1010
			Leves	0,73	0,13	4,36	0,0730
			Médios	0,79	0,16	4,68	0,0860
			Semipesados	0,95	0,09	4,47	0,0810
			Pesados	0,70	0,13	4,54	0,0620
		Ônibus	Urbanos	0,90	0,11	4,73	0,0800
			Micro-ônibus	0,90	0,11	4,73	0,0800
			Rodoviários	0,51	0,16	4,52	0,0600
		Comerciais Leves		1,36	0,30	4,19	0,0900
2012***	P7	Caminhões	Semileves	0,01	0,01	1,35	0,0074
			Leves	0,18	0,04	1,15	0,0110
			Médios	0,08	0,01	1,61	0,0116
			Semipesados	0,26	0,03	1,56	0,0147
			Pesados	0,10	0,01	1,39	0,0122
		Ônibus	Urbanos	0,27	0,02	1,29	0,0125
			Micro-ônibus	0,27	0,02	1,29	0,0125
			Rodoviários	0,26	0,02	1,36	0,0144

* Valor válido para o teor de enxofre no diesel utilizado no ensaio de homologação.

** Veículos homologados como veículos pesados

*** Em 2012, todos os comerciais leves do ciclo Diesel foram homologados como veículos leves

Tabela 18: Valores médios de quilometragem por litro para veículos do ciclo Diesel

Categoria	Consumo específico de diesel ($L_{\text{diesel}}/100 \text{ km}$)	Quilometragem por litro de diesel ($\text{km}/L_{\text{diesel}}$)
Caminhões Semileves	11,0	9,1
Caminhões Leves	18,0	5,6
Caminhões Médios	18,0	5,6
Caminhões Semipesados	29,0	3,4
Caminhões Pesados	29,0	3,4
Ônibus Urbanos	43,5	2,3
Micro-ônibus	26,0	3,8
Ônibus Rodoviários	33,0	3,0

O valor médio de quilometragem por litro para veículos comerciais leves Diesel está descrito na seção 5.3.4. A Figura 3 ilustra de maneira sintética os procedimentos adotados no cálculo dos fatores de emissão, sendo os resultados finais obtidos, em $g_{\text{poluente}}/\text{km}$ mostrados na Tabela 19.

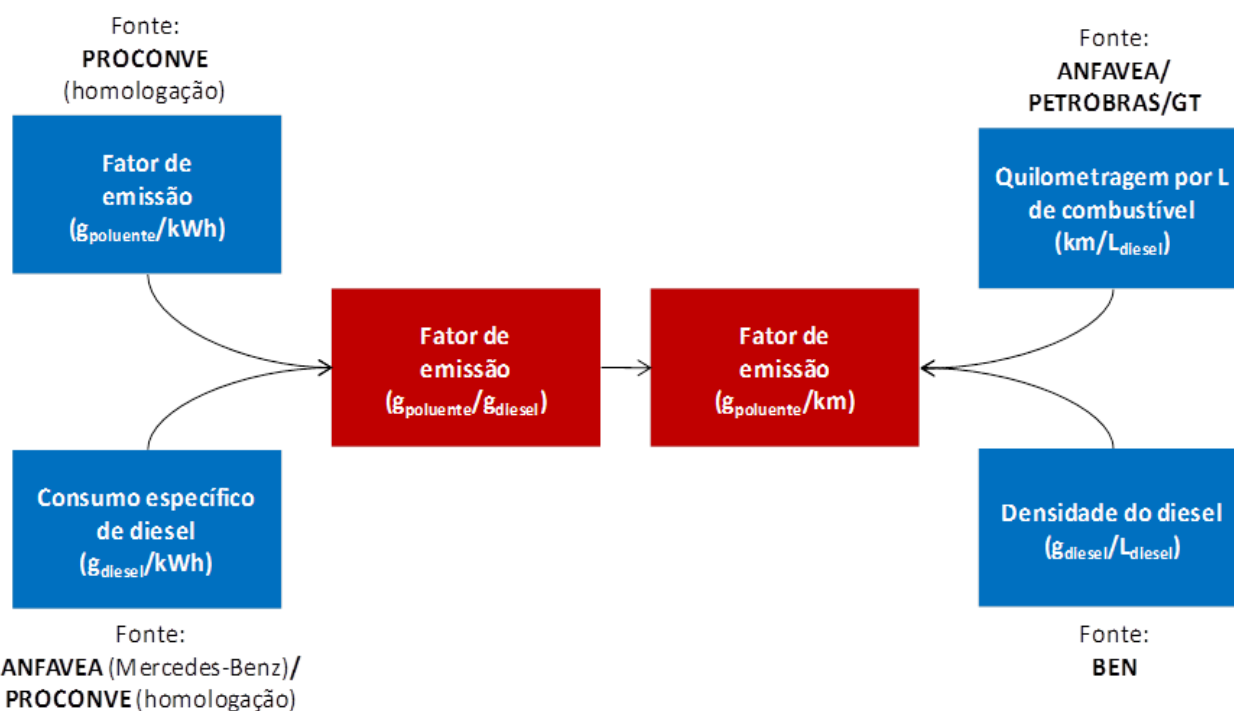


Figura 3: Procedimentos adotados para estimar os fatores de emissão para veículos do ciclo Diesel, expressos em g/km

Tabela 19: Fatores de emissão de 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} *
Até 1999	P2/P3/P4	Caminhões	Semileves	0,764	4,394	0,279	0,271
			Leves	1,250	7,190	0,457	0,444
			Médios	1,250	7,190	0,457	0,444
			Semipesados	2,014	11,585	0,736	0,715
			Pesados	2,014	11,585	0,736	0,715
		Ônibus	Urbanos	3,021	17,377	1,104	1,072
			Micro-ônibus	1,805	10,386	0,660	0,641
			Rodoviários	2,292	13,182	0,838	0,813
		Comerciais Leves	0,739	4,250	0,270	0,262	

2000-2001	P3/P4	Caminhões	Semileves	0,687	2,776	0,229	0,135
			Leves	1,124	4,543	0,375	0,221
			Médios	1,124	4,543	0,375	0,221
			Semipesados	1,810	7,319	0,603	0,355
			Pesados	1,810	7,319	0,603	0,355
		Ônibus	Urbanos	2,715	10,979	0,905	0,533
			Micro-ônibus	1,623	6,562	0,541	0,319
			Rodoviários	2,138	8,646	0,713	0,420
		Comercias Leves		0,689	2,787	0,230	0,135
2002-2003	P4	Caminhões	Semileves	0,374	2,710	0,128	0,053
			Leves	0,612	4,435	0,209	0,086
			Médios	0,612	4,435	0,209	0,086
			Semipesados	0,986	7,146	0,336	0,139
			Pesados	0,986	7,146	0,336	0,139
		Ônibus	Urbanos	1,479	10,718	0,505	0,209
			Micro-ônibus	0,884	6,406	0,302	0,125
			Rodoviários	1,122	8,131	0,383	0,158
		Comercias Leves		0,362	2,621	0,123	0,051
2004-2008	P4/P5	Caminhões	Semileves	0,357	2,276	0,097	0,042
			Leves	0,584	3,725	0,158	0,069
			Médios	0,584	3,725	0,158	0,069
			Semipesados	0,941	6,001	0,255	0,111
			Pesados	0,941	6,001	0,255	0,111
		Ônibus	Urbanos	1,412	9,002	0,382	0,166
			Micro-ônibus	0,844	5,381	0,228	0,099
			Rodoviários	1,071	6,829	0,290	0,126
		Comercias Leves		0,345	2,202	0,093	0,041
2009	P5	Caminhões	Semileves	0,454	1,869	0,071	0,032
			Leves	0,667	3,230	0,117	0,059
			Médios	0,522	3,134	0,076	0,060
			Semipesados	0,963	5,226	0,100	0,089
			Pesados	0,897	5,149	0,100	0,078
		Ônibus	Urbanos	1,628	7,657	0,233	0,135
			Micro-ônibus	0,973	4,576	0,139	0,080
			Rodoviários	0,643	5,909	0,176	0,088
		Comercias Leves		0,547	1,768	0,121	0,038
2010	P5		Leves	0,449	1,877	0,088	0,036
			Médios	0,522	3,141	0,103	0,051
			Semipesados	0,509	3,168	0,096	0,054
			Pesados	0,919	5,215	0,133	0,100
				0,653	5,138	0,155	0,066
		Ônibus	Urbanos	1,744	7,773	0,282	0,140
			Micro-ônibus	1,042	4,646	0,169	0,083
			Rodoviários	0,693	5,657	0,202	0,091
		Comercias Leves		0,837	2,190	0,175	0,049
2011	P5	Caminhões	Semileves	0,474	1,747	0,058	0,039
			Leves	0,521	3,110	0,093	0,052
			Médios	0,517	3,063	0,105	0,056
			Semipesados	1,015	4,776	0,096	0,087
			Pesados	0,729	4,726	0,135	0,065
		Ônibus	Urbanos	1,462	7,682	0,179	0,130
			Micro-ônibus	0,874	4,591	0,107	0,078
			Rodoviários	0,661	5,855	0,207	0,078
		Comercias Leves		0,484	1,490	0,107	0,032
2012	P7	Caminhões	Semileves	0,004	0,511	0,004	0,003
			Leves	0,120	0,771	0,027	0,007
			Médios	0,051	1,025	0,006	0,007
			Semipesados	0,275	1,645	0,032	0,016
			Pesados	0,111	1,544	0,011	0,014
		Ônibus	Urbanos	0,440	2,103	0,033	0,020
			Micro-ônibus	0,263	1,257	0,020	0,012
			Rodoviários	0,334	1,750	0,026	0,018

* Valor válido para o teor de enxofre no diesel utilizado no ensaio de homologação.

Os fatores de emissão obtidos nos ensaios de homologação de veículos a diesel novos, foram levantados utilizando-se o combustível de referência – o mesmo usado no momento dos ensaios. Os veículos em uso, no entanto, utilizam o combustível comercial que pode conter um teor de enxofre diferente do diesel de referência. Como as emissões de MP são afetadas por esse parâmetro, foi feito um ajuste nas estimativas para este poluente. Os procedimentos adotados estão descritos no **Anexo D**.

A Tabela 20 mostra os fatores utilizados para estimar as emissões de CH₄ por veículos do ciclo Diesel mostrados em CETESB (2013) e no site do IBAMA, uma novidade nesse 2º Inventário.

Tabela 20: Fatores de emissão de CH₄ para motores Diesel.

Categoria	CH ₄ (g/km)
Comerciais Leves Diesel	0,005
Ônibus	0,060
Caminhões	0,060

4.4. Fatores de emissão para comerciais leves homologados como “veículos leves”

Desde 2008, parte dos veículos comerciais leves a Diesel é homologada como “veículos leves”, sendo assim, em **CETESB (2013)** pode-se encontrar seus fatores de emissão em g_{poluente}/km. Os dados disponíveis no documento da CETESB estão apresentados na Tabela 21, a seguir. Para anos anteriores a 2008, os fatores dos comerciais leves do ciclo Otto são os mesmos apresentados para veículos leves na seção 4.1.1, enquanto a metodologia e os fatores para veículos comerciais leves do ciclo Diesel, homologados como veículos pesados, estão apresentados na seção 4.3.

Tabela 21: Fatores de emissão para comerciais leves homologados como veículos leves, em g_{poluente}/km.

Ano/modelo	Combustível	CO	NO _x	NMHC _{escap}	CH ₄	MP _{comb}
2008	Diesel	0,30	0,75	0,046	0,014	0,057
2009	Gasolina C	0,22	0,03	0,019	0,001	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,22	0,03	0,038	0,032	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,46	0,03	0,014	0,005	nd
	Diesel	0,28	0,68	0,025	0,008	0,060
2010	Gasolina C	0,26	0,02	0,023	0,008	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,20	0,04	0,011	0,049	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,47	0,04	0,023	0,008	nd
	Diesel	0,21	0,72	0,050	0,020	0,068
2011	Gasolina C	0,30	0,02	0,024	0,006	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,23	0,03	0,029	0,011	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,68	0,02	0,037	0,053	nd
	Diesel	0,15	0,61	0,043	0,004	0,052
2012	Gasolina C	0,28	0,01	0,019	0,006	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,24	0,04	0,029	0,009	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,73	0,05	0,056	0,045	nd
	Diesel	0,05	0,31	0,017	0,012	0,020

5. Intensidade de Uso

5.1 Equações Gerais

Nas conclusões do 1º Inventário foi ressaltada a carência de informações referentes à intensidade de uso da frota circulante no país; seja devido ao baixo número de estudos e pesquisas, seja porque as iniciativas já empreendidas tiveram baixa representatividade no que se refere à composição da frota e/ou sua abrangência.

Apesar das melhorias alcançadas nessa versão, ainda persistem algumas incertezas quanto à intensidade de uso de caminhões semipesados e pesados, logo, novamente foi adotada a solução de fazer um ajuste pelo consumo de combustível rodoviário apresentado no **Balanço Energético Nacional 2013, EPE (2012)**. A metodologia para que tal ajuste é a mesma apresentada no 1º Inventário.

A partir de valores de intensidade de uso de referência (km/ano) e de autonomia (km/L) disponibilizadas ao GT pela ANFAVEA e PETROBRAS, estimou-se o consumo de combustível de cada categoria de veículos e seus respectivos ano-modelo, aplicando-se a Equação 7.

$$C_{i, estimado} = Fr_i \times Iu_{i, referência} \div Ql_i \dots (\text{Equação 7})$$

Onde:

- $C_{i, estimado}$ é o consumo anual de combustível do veículo do tipo i (L/ano);
- $Fr_{i, estimado}$ é a frota em circulação no ano do veículo do tipo i (número de veículos);
- $Iu_{i, referência}$ 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 8). 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 (Equações 9 e 10) e suas respectivas emissões (Equação 8).

$$C_{estimado} = \sum_i C_{i, estimado} \dots (\text{Equação 8})$$

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);

$$Iu_{i, ajustada} = Iu_{i, referência} \times \frac{C_{observado}}{C_{estimado}} \dots (\text{Equação 9})$$

Onde:

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

$$C_{i,ajustado} = Fr_i \times Iu_{i,ajustada} \div Ql_i \dots (\text{Equação 10})$$

Onde:

- $C_{i,ajustado}$ 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 2.2, 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, independente 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.

Esse ajuste foi feito para os anos entre 2003 e 2012, exceto para 2004 e 2005, período onde se inicia a introdução desses veículos. Com respeito a esses anos, foi considerado que 100% da frota de veículos *flex fuel* utilizou etanol hidratado. A Tabela 23 apresenta os resultados do ajuste empregado.

Tabela 22: Frações da frota de veículos *flex fuel* que opta por cada combustível, para cada ano-calendário

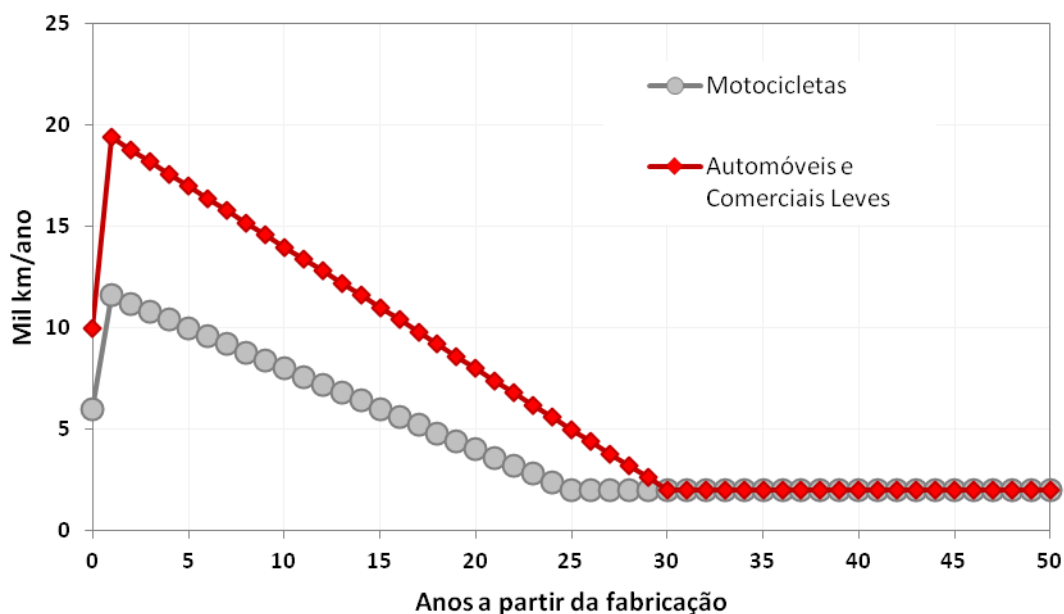
Ano calendário	Fração da frota usando gasolina C	Fração da frota usando etanol hidratado
2003	50,0%	50,0%
2004	0%	100,0%
2005	0%	100,0%
2006	8,5%	91,5%
2007	16,0%	84,0%
2008	20,0%	80,0%
2009	30,0%	70,0%
2010	48,0%	52,0%
2011	68,0%	32,0%
2012	75,0%	25,0%

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 do primeiro inventário. Assim, o Gráfico 11 mostra as curvas de referência para veículos do ciclo Otto, e que tem seus valores tabelados no Anexo E.

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



5.2.2 Veículos do ciclo Diesel

Os valores de referência para a intensidade de uso dos veículos do ciclo Diesel 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 DESPOLUIR¹.

Nesse levantamento, a CNT aplicou questionário 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 23, que os veículos pesados e semi-pesados representaram cerca de 58% da amostra, persistindo incerteza considerável sobre a intensidade de uso dos veículos de menor capacidade.

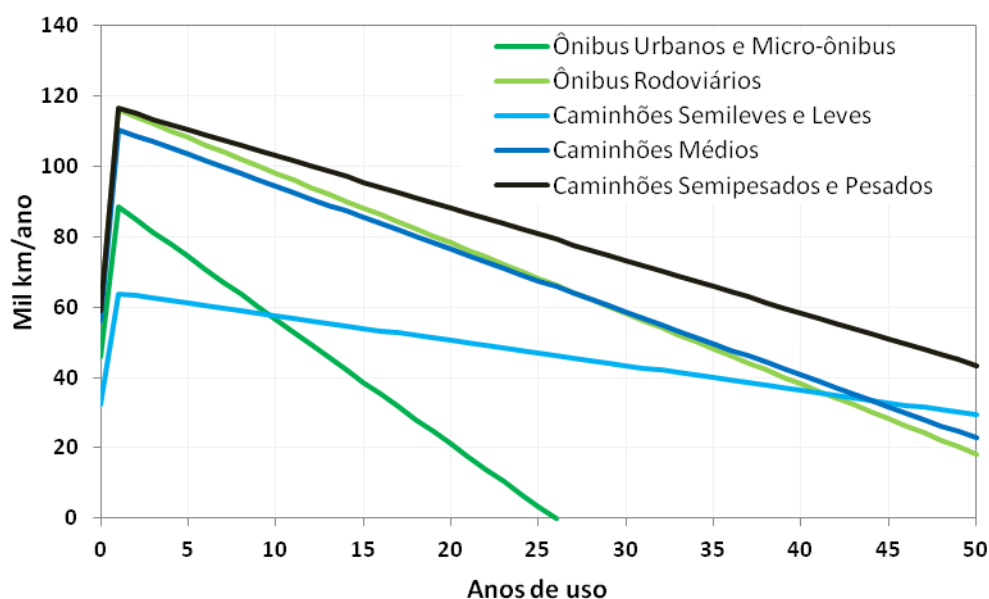
As curvas de intensidade de uso para as diferentes categorias de veículos do ciclo Diesel estão apresentadas no Gráfico 12, devendo-se ressaltar que foi adotada a mesma curva para Ônibus Urbanos e Micro-ônibus.

¹ Para mais informações, acesse: www.cntdespoluir.org.br

Tabela 23: Amostragem realizada na pesquisa de intensidade de uso pela CNT, para cada categoria de veículo diesel

Semi-leve	Leve	Médio	Semi-pesado	Pesado	Ônibus Urbano	Ônibus Rodoviário
68	187	108	360	346	138	82

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



5.3 Quilometragem por litro de combustível (km/L)

5.3.1 Automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto

As fontes de informação para quilometragem por litro, tanto para automóveis, quanto para veículos comerciais leves do ciclo Otto, são:

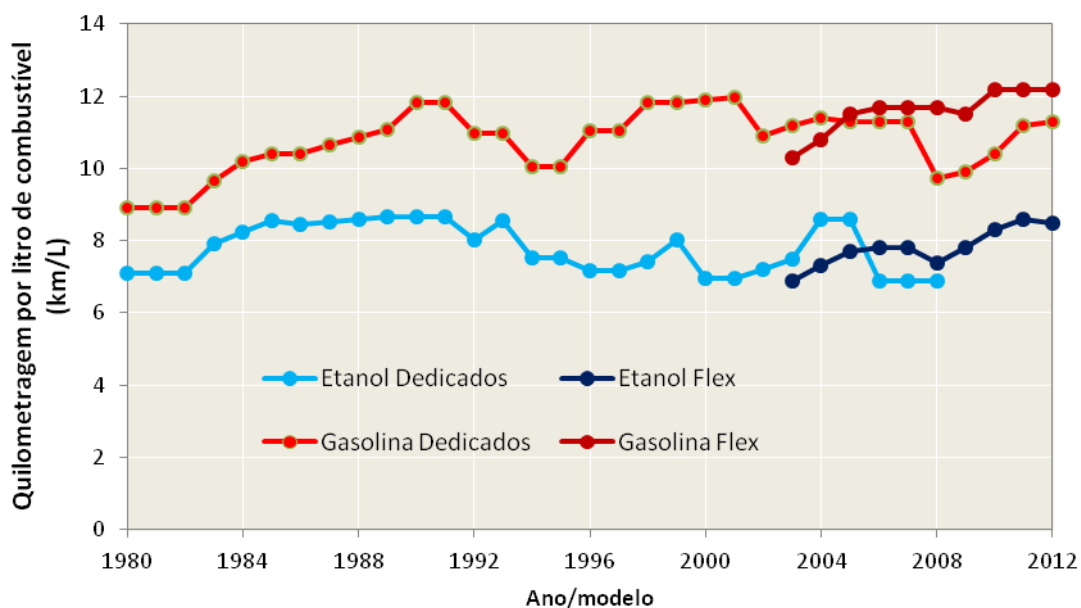
- **Guia Escolha Certo, MIC/STI (1983-1986):** Por conta do Programa de Economia de Combustíveis (PECO), foram publicados valores médios de quilometragem por litro de combustível para os automóveis fabricados entre 1983 a 1985, das quatro principais montadoras existentes à época – Fiat, Ford, General Motors Brasil e Volkswagen Brasil. Para os automóveis fabricados em 1981 e 1982, os guias trazem as informações dos sete modelos de veículos mais vendidos na época. Os valores de quilometragem por litro de combustível são apresentados para condução em ciclo urbano e em ciclo estrada, separadamente.

- **Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2012, CETESB (2013):** São apresentados 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)².

Este Inventário faz uso desses dois grupos de informação, considerando o ciclo urbano, uma vez que os fatores de emissão de poluentes regulamentados são levantados neste ciclo. Para os veículos fabricados anteriormente a 1981, adotaram-se os valores divulgados pelo PECO para veículos fabricados em 1981 e 1982. Para preencher a lacuna de informação referente aos veículos fabricados entre 1986 e 2001, a CETESB forneceu ao GT, por meio da Informação Técnica nº 01/2010/TDTA, valores selecionados nos processos de homologação do PROCONVE.

O Gráfico 13 e a Tabela 24 apresentam os valores de quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto aqui empregados.

Gráfico 13: Quilometragem por litro de combustível para automóveis



² 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).

Tabela 24: 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
1957 a 1982	Automóveis e Com. Leves	8,9	7,1	-	-
1983	Automóveis e Com. Leves	9,65	7,90	-	-
1984	Automóveis e Com. Leves	10,19	8,25	-	-
1985	Automóveis e Com. Leves	10,39	8,54	-	-
1986	Automóveis e Com. Leves	10,42	8,46	-	-
1987	Automóveis e Com. Leves	10,64	8,52	-	-
1988	Automóveis e Com. Leves	10,86	8,58	-	-
1989	Automóveis e Com. Leves	11,07	8,65	-	-
1990	Automóveis e Com. Leves	11,82	8,65	-	-
1991	Automóveis e Com. Leves	11,82	8,65	-	-
1992	Automóveis e Com. Leves	10,98	8,01	-	-
1993	Automóveis e Com. Leves	10,98	8,54	-	-
1994	Automóveis e Com. Leves	10,04	7,54	-	-
1995	Automóveis e Com. Leves	10,04	7,54	-	-
1996	Automóveis e Com. Leves	11,04	7,17	-	-
1997	Automóveis e Com. Leves	11,04	7,17	-	-
1998	Automóveis e Com. Leves	11,82	7,41	-	-
1999	Automóveis e Com. Leves	11,82	8,01	-	-
2000	Automóveis e Com. Leves	11,89	6,96	-	-
2001	Automóveis e Com. Leves	11,97	6,96	-	-
2002	Automóveis e Com. Leves	10,9	7,2	-	-
2003	Automóveis e Com. Leves	11,2	7,5	10,3	6,9
2004	Automóveis e Com. Leves	11,4	8,6	10,8	7,3
2005	Automóveis e Com. Leves	11,3	8,6	11,5	7,7
2006	Automóveis e Com. Leves	11,3	6,9	11,7	7,8
2007	Automóveis e Com. Leves	11,3	6,9	11,7	7,8
2008	Automóveis e Com. Leves	9,74	6,9	11,70	7,38
2009	Automóveis	9,9	-	11,5	7,8
	Comerciais Leves	8,3	-	8,3	6,9
2010	Automóveis	10,4	-	12,2	8,3
	Comerciais Leves	8,8	-	8,2	6,8
2011	Automóveis	11,2	-	12,2	8,6
	Comerciais Leves	9,9	-	9,0	6,3
2012	Automóveis	11,3	-	12,2	8,5
	Comerciais Leves	9,9	-	9,1	6,2

5.3.2 Motocicletas

Em CETESB (2013) é possível encontrar, para 2011, as quilometragens por litro para motocicletas movidas a gasolina C, de acordo com a cilindrada. A partir desses valores, foi feita a média ponderada pela distribuição de cilindradas das motocicletas vendidas entre 2003 e 2011, disponível em ABRACICLO (2013). Assumiu-se que a quilometragem por litro daquelas produzidas em 2003, foi a mesma para anos anteriores. Quanto a 2012, o Relatório mostra outro valor, o qual foi ponderado pela distribuição de cilindradas da mesma maneira.

Procedimento semelhante foi adotado para as motocicletas *flex fuel*. O valor apresentado para 2011 foi aplicado aos anos anteriores e, para 2012, os cálculos foram realizados pelo valor fornecido no Relatório da CETESB. A Tabela 25 sintetiza os valores de quilometragem por litro aqui utilizados.

Tabela 25: Quilometragem por litro de combustível para motocicletas (km/L)

Ano de fabricação	Gasolina C	Flex Fuel	
		Gasolina C	Etanol Hidratado
Até 2003	37,38	-	-
2004	37,45	-	-
2005	37,45	-	-
2006	37,20	-	-
2007	37,09	-	-
2008	37,20	-	-
2009	37,27	42,84	28,01
2010	37,04	42,84	28,01
2011	36,14	42,84	28,01
2012	37,19	43,20	29,30

5.3.3 Veículos pesados do ciclo Diesel

Os valores de quilometragem por litro de combustível para veículos ciclo Diesel adotados neste Inventário são apresentados na Tabela 18 da Seção 4.3.

5.3.4 Veículos comerciais leves do ciclo Diesel

CETESB (2013) traz a quilometragem por litro de veículos comerciais leves do ciclo Diesel, fabricados a partir de 2009 e homologados como veículos leves. Para efeito das estimativas adotou-se que esses valores também seriam válidos para os comerciais leves homologados como veículos pesados. O valor apresentado para 2009 também foi utilizado para veículos fabricados em anos anteriores. A Tabela 26 resume as quilometragens por litro utilizadas.

Tabela 26: Quilometragem por litro de combustível para comerciais leves do ciclo Diesel (km/L)

Ano de fabricação	km/L _{diesel}
Até 2009	9,5
2010	8,3
2011	9,8
2012	10,5

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 9 e 10 foi ajustado com base no consumo de combustível publicado no Balanço Energético Nacional 2012 (EPE, 2013). Os Gráficos 14 a 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. No 1º Inventário, o consumo estava sistematicamente sendo subestimado, porém, os novos dados tornaram a estimativa mais aderente ao consumo divulgado no BEN, conforme apresentado no Gráfico 16.

Gráfico 14: Evolução do consumo nacional de gasolina C no transporte rodoviário.

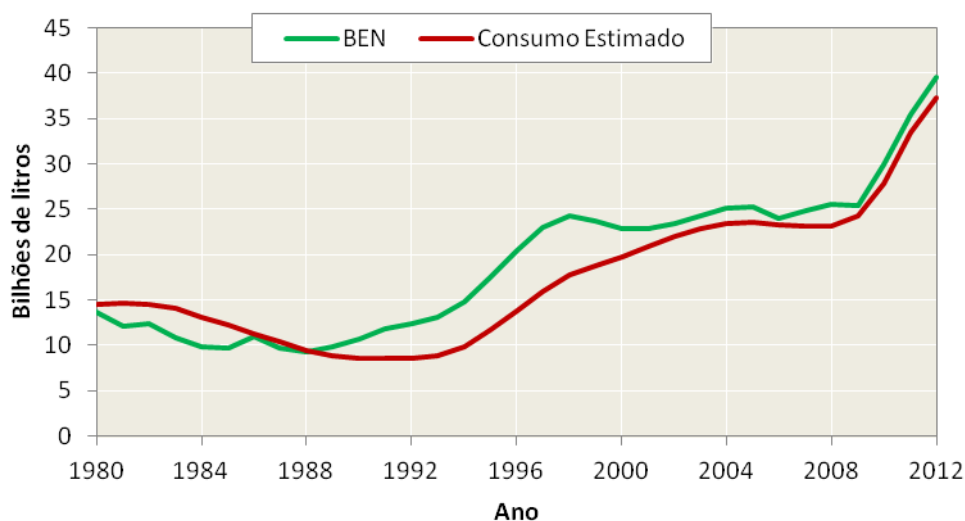


Gráfico 15: Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário.

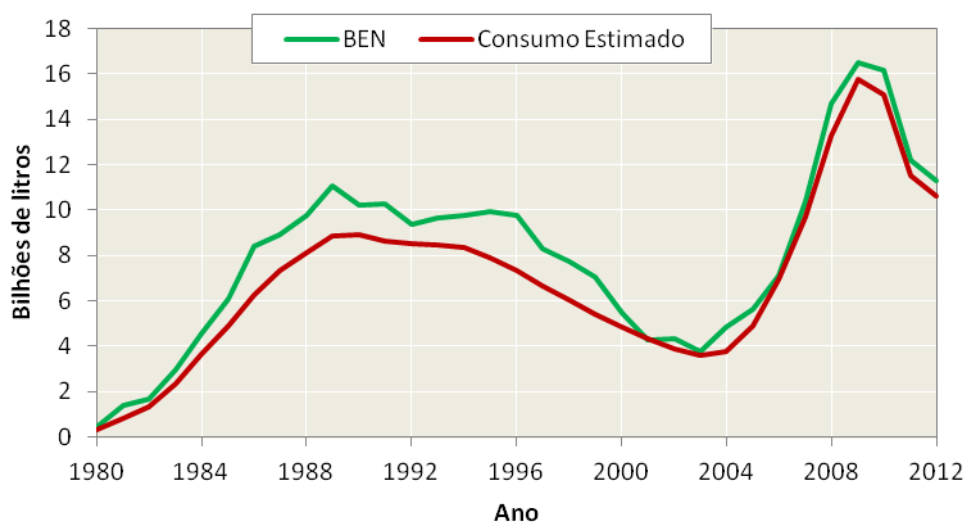
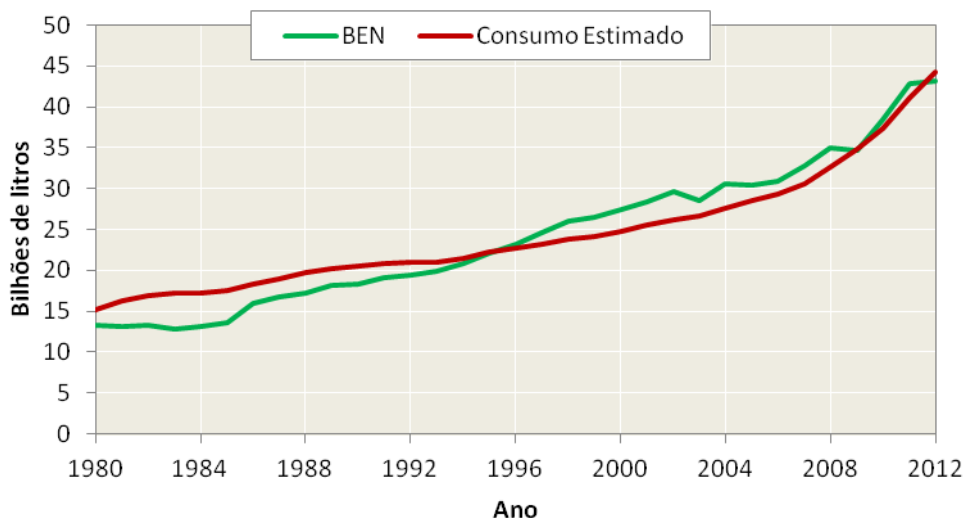


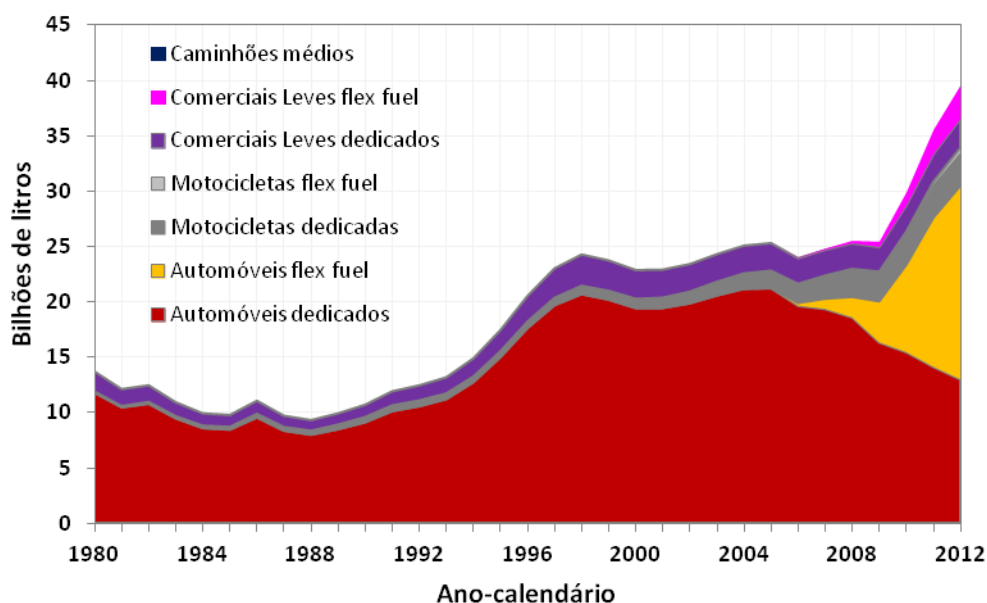
Gráfico 16: Evolução do consumo nacional de diesel no transporte rodoviário.



5.5 Consumo de combustível por categoria de veículos

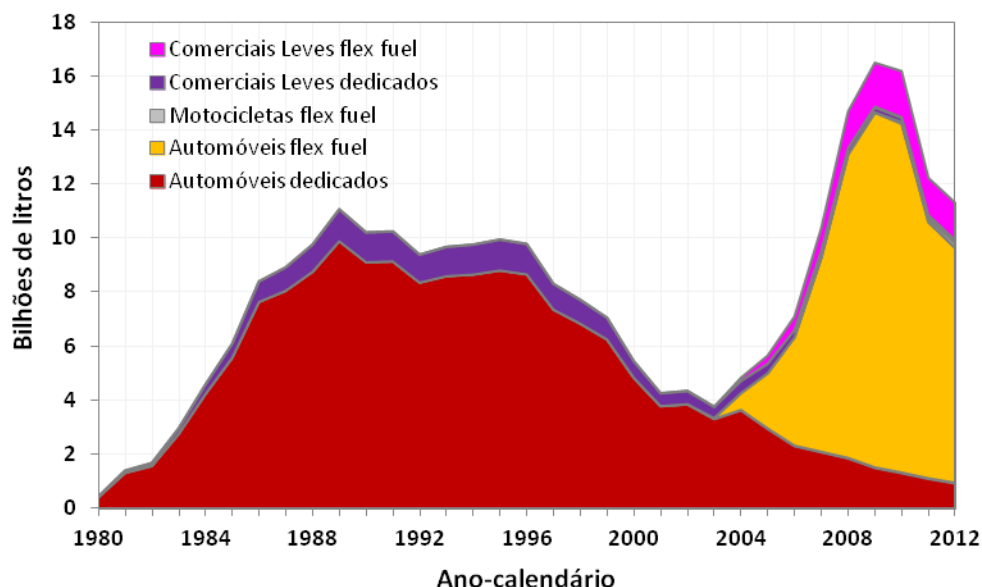
Os Gráficos 17 a 19 mostram, para gasolina C, etanol hidratado e diesel, o consumo de combustível por categoria de veículos. No primeiro (Gráfico 17), observa-se, desde 2009, um aumento geral do consumo de gasolina C por todas as categorias de veículos *flex fuel* (automóveis e comerciais leves), assim como nas motocicletas e comerciais leves dedicados. A queda ocorre entre os automóveis dedicados (provavelmente por conta do sucateamento da frota), mas que ainda assim, em 2012, responderam por cerca de 12,5 bilhões de litros. Mas é na frota automóveis *flex* onde se nota expansão mais significativa no consumo de gasolina nos últimos anos, chegando, em 2012, a cerca de 18 bilhões de litros consumidos.

Gráfico 17: Evolução do consumo nacional de gasolina C no transporte rodoviário por categoria de veículos



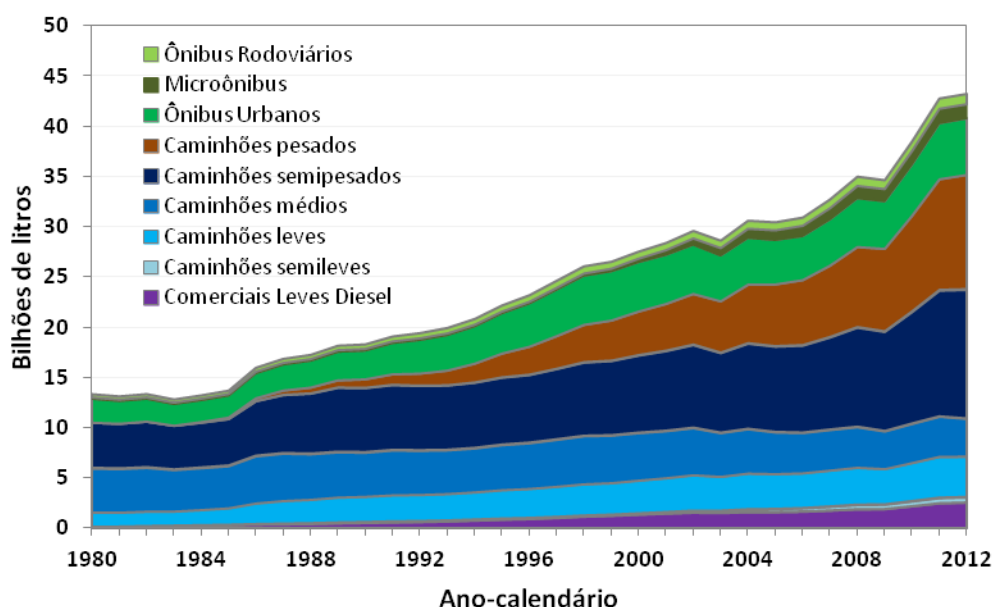
No Gráfico seguinte que mostra o consumo de etanol hidratado no transporte rodoviário, observa-se, no mesmo período a partir de 2009, um movimento contrário ao consumo da gasolina, com redução em todas as categorias. Em 2012, os automóveis flex, responsáveis pela maior parcela do consumo, responderam por cerca de 9,5 bilhões de litros (Gráfico 18).

Gráfico 18: Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário por categoria de veículos



O consumo de diesel apresentado no Gráfico 19 tem um comportamento que não surpreende, e após o forte aumento no biênio 2009 – 2010, mostrou alguma desaceleração na expansão do consumo em todas as categorias em 2011 e 2012. A maior parcela do consumo de diesel em 2012 ainda está nos caminhões semipesados, pesados e ônibus urbanos, com cerca de 13, 12 e 5 bilhões de litros consumidos, respectivamente.

Gráfico 19: Evolução do consumo nacional de diesel no transporte rodoviário por categoria de veículos



6. Resultados

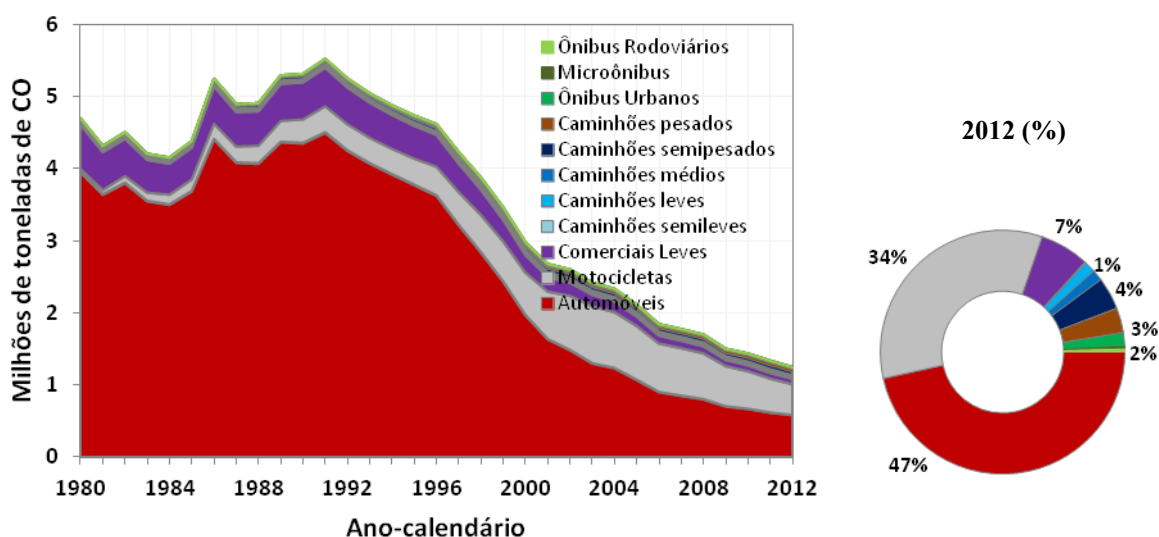
Os resultados do **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013**, estão organizados de modo a cobrir diferentes combinações dos dados, e permitir múltiplas análises das emissões inventariadas entre 1980 e o ano-base 2012. Os Gráficos 20 a 44 apresentam as emissões de CO, NO_x, MP, RCHO, NMHC³, 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 G traz as tabelas contendo os resultados numéricos das emissões, por categoria de veículos e tipo de combustível.

6.1 Emissões de monóxido de carbono (CO)

O Gráfico 20 mostra as emissões de CO por categoria de veículo. Ressalta-se a acentuada queda nas emissões de CO a partir de 1991, passando de cerca de 5,5 milhões, para 1,3 milhões de toneladas em 2012. 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. O mesmo Gráfico 20 mostra a contribuição relativa das categorias de veículos em 2012, evidenciando que os veículos do ciclo Otto (automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas) foram responsáveis por aproximadamente 86% das emissões, destacando-se os automóveis com 47%.

Outras análises dos resultados podem ser empreendidas, por exemplo, correlacionando-os com diferentes fases tecnológicas introduzidas pelo PROCONVE e pelo PROMOT, como se verá nos Gráficos 22 e 23 mais adiante.

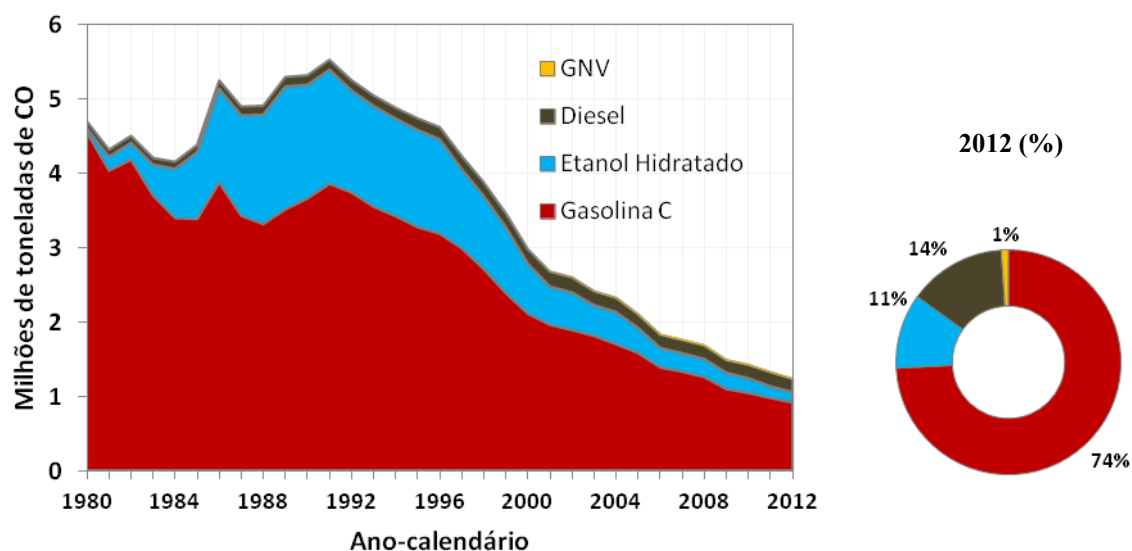
Gráfico 20: Emissões de CO por categoria de veículos



³ NMHC = NMHC_{escap} + NMHC_{evap} (no caso de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado).

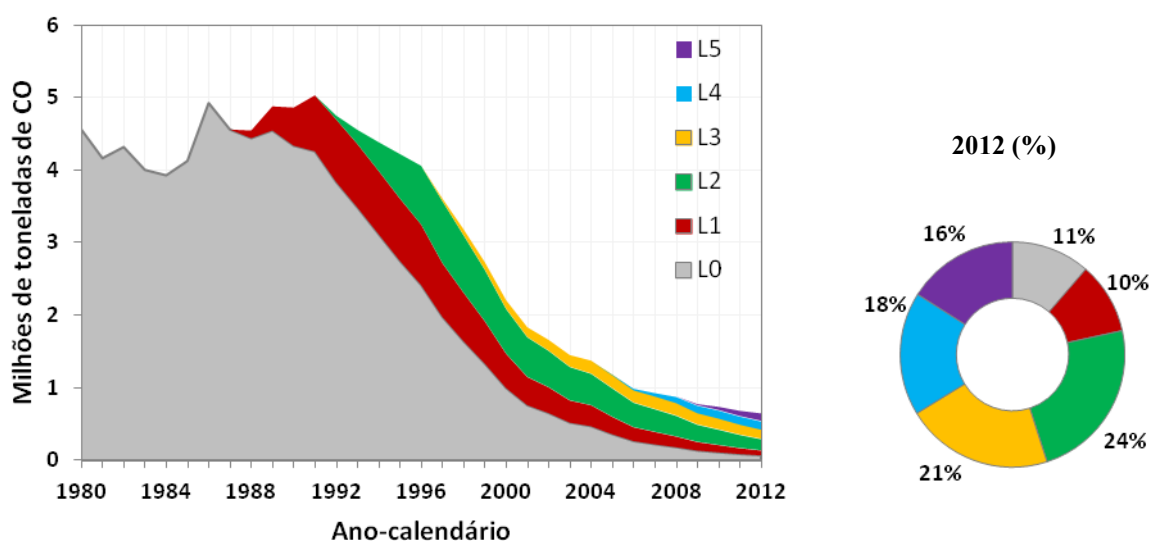
No Gráfico 21 são apresentadas as emissões de CO decorrentes do uso dos diferentes combustíveis, nele é possível observar a maior contribuição referente ao consumo de gasolina C, a qual historicamente tem tido maior influência sobre estas emissões e que, em 2012, respondeu por 74% das emissões deste poluente.

Gráfico 21: Emissões de CO por tipo de combustível



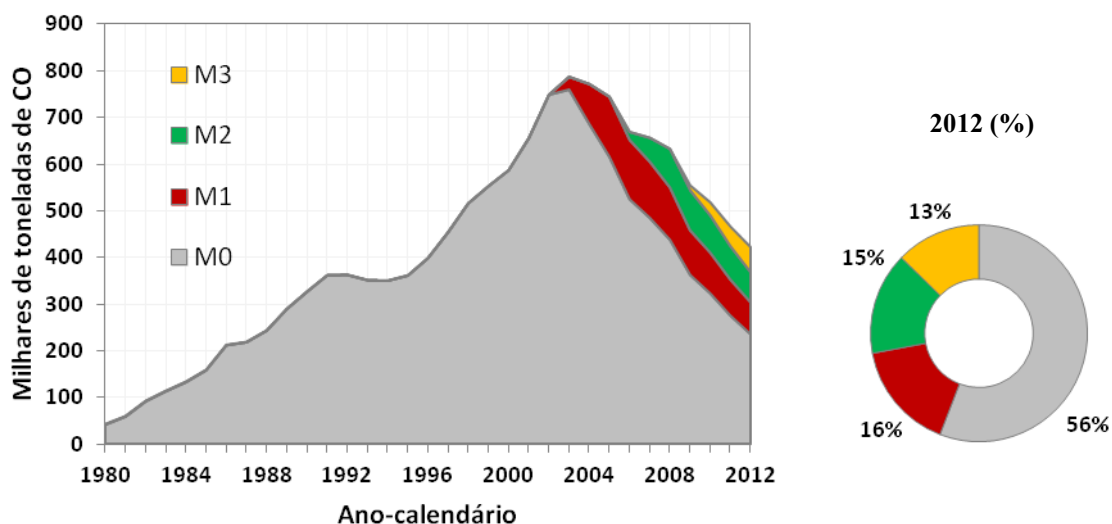
No Gráfico 22 é mostrado o comportamento das emissões de CO em relação às fases do PROCONVE para os veículos leves, no qual nota-se queda acentuada a partir do início da década de 1990, com a adoção de novas tecnologias de controle de emissões, como uso de catalisadores e melhorias nos sistemas de alimentação de combustível.

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



Com relação as emissões de CO pelas motocicletas, após o pico de emissão observado em 2003 (cerca de 800 mil ton), 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, como mostra o Gráfico 23. Os veículos fabricados anteriormente ao início do PROMOT foram, ainda em 2012, os maiores responsáveis pelas emissões deste poluente, respondendo por 56% do total.

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

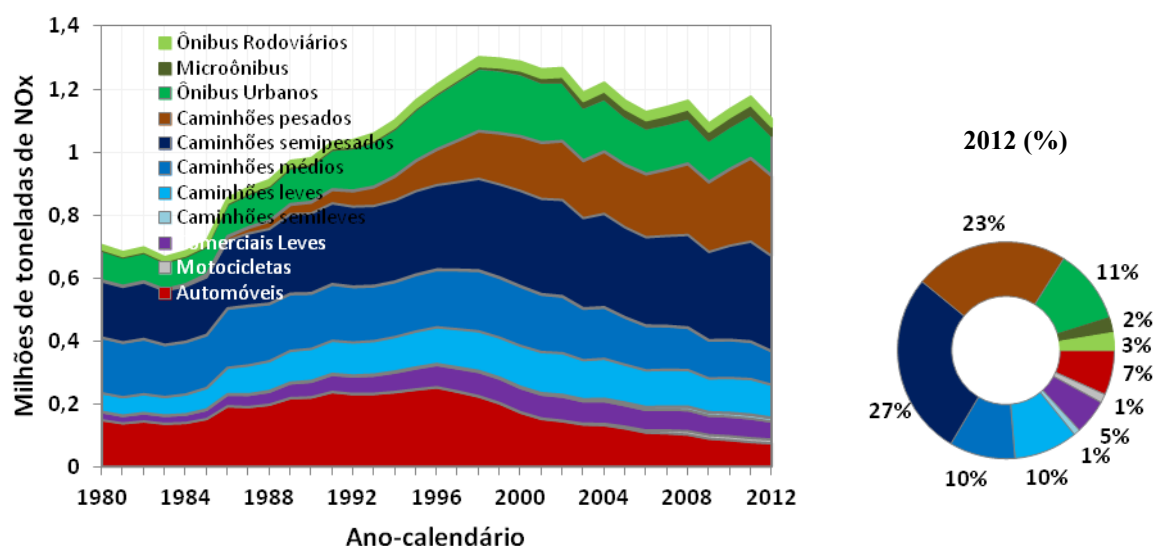


6.2. Emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x)

As estimativas de emissão de NO_x, por categoria de veículos e por tipo de combustível (Gráficos 24 e 25, respectivamente), mostram, em linhas gerais, resultados que mantêm o foco de atenção principalmente na frota de veículos movidos a diesel.

No Gráfico 24 pode-se observar que houve um crescimento bastante significativo das emissões de NO_x entre 1985 e 1998, atingindo um pico em torno de 1,3 milhões de toneladas ao final dos anos 1990, devido, principalmente, ao crescimento da frota de veículos do ciclo Diesel anteriores à entrada do PROCONVE. Um ponto a destacar é a grande importância dos caminhões pesados e semipesados que, em 2012, responderam por 50% das emissões. Quanto aos ônibus urbanos e micro-ônibus, em 2012, responderam por 13% das emissões.

Gráfico 24: Emissões de NO_x por categoria de veículos



Já o Gráfico 25 ressalta a contundência da participação do diesel nas emissões de NO_x. Ao longo de todo o período de cobertura do Inventário, as emissões oriundas desse combustível constituíram as fontes preponderantes desse poluente, sendo que em 2012 responderam por 91%, contra 7% da gasolina C, 1% do etanol hidratado e 1% decorrente do GNV. Em nível nacional as emissões estão, portanto, concentradas nos veículos transportadores de carga, em contrapartida à menor contribuição da parcela oriunda do transporte de passageiros. Porém em escala regional esta lógica se inverte, devido a maior presença dos veículos de transporte de passageiros.

Se as representações anteriores permitem dimensionar a magnitude e o comportamento geral das emissões de NO_x, também permitem desagregações importantes para conhecer a influência da evolução das fases do PROCONVE, tanto nas emissões por veículos pesados movidos a diesel, como nas emissões por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto.

Gráfico 25: Emissões de NO_x por tipo de combustível

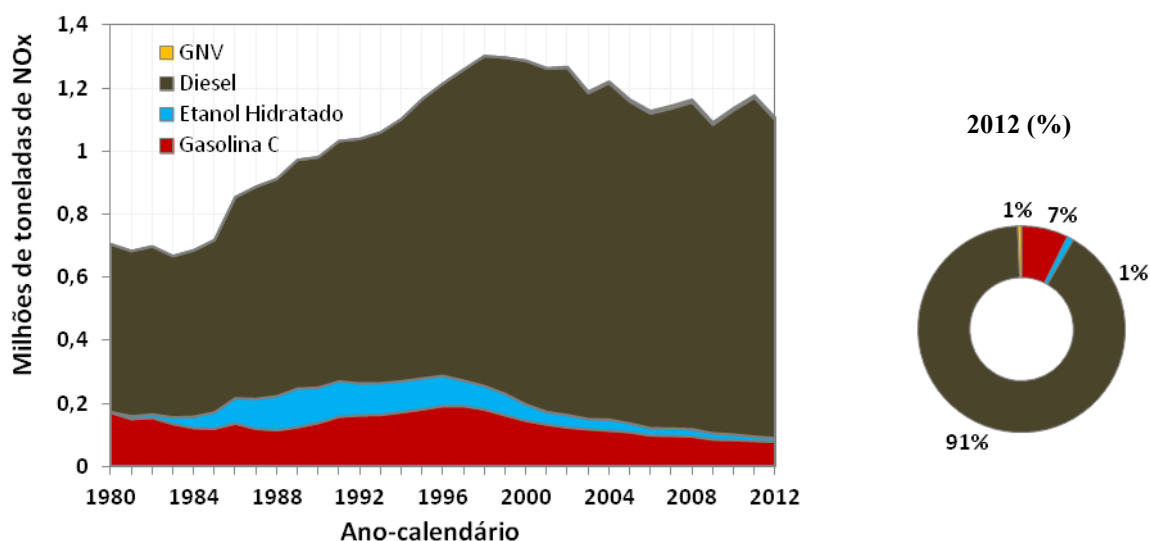
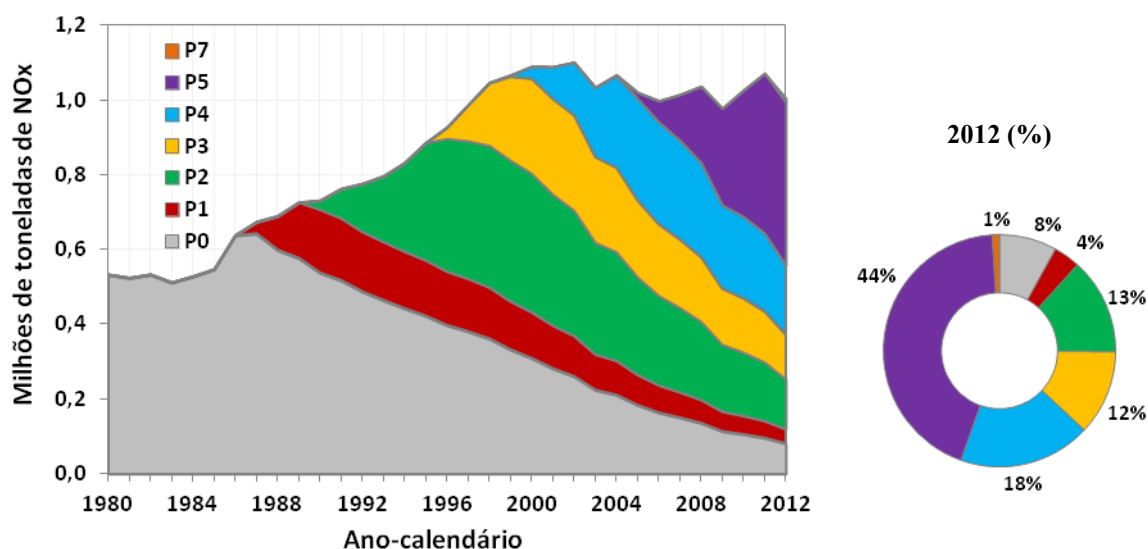
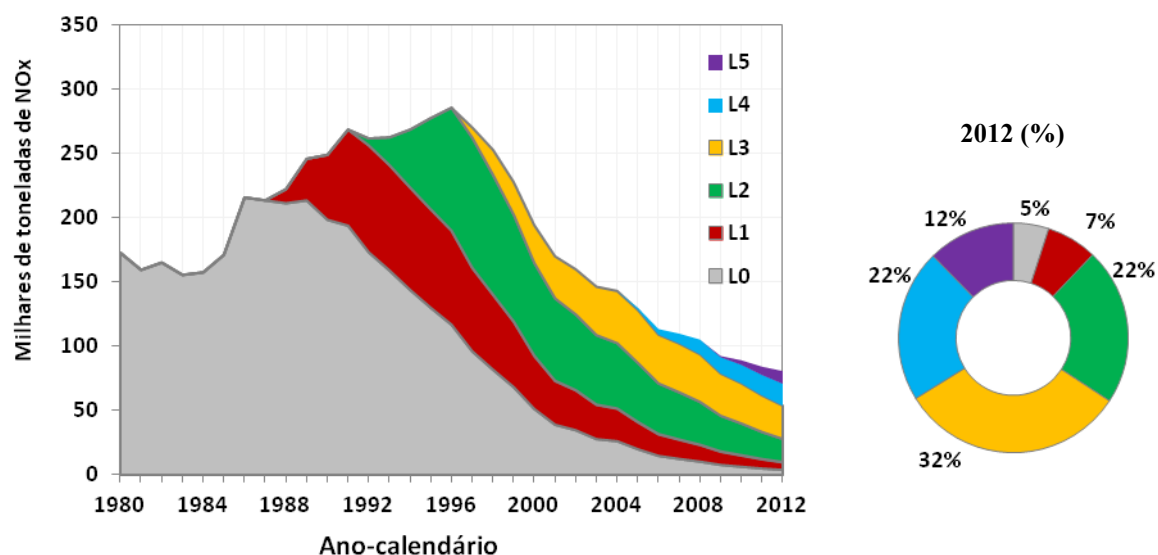


Gráfico 26: Emissões de NO_x por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE



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.

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



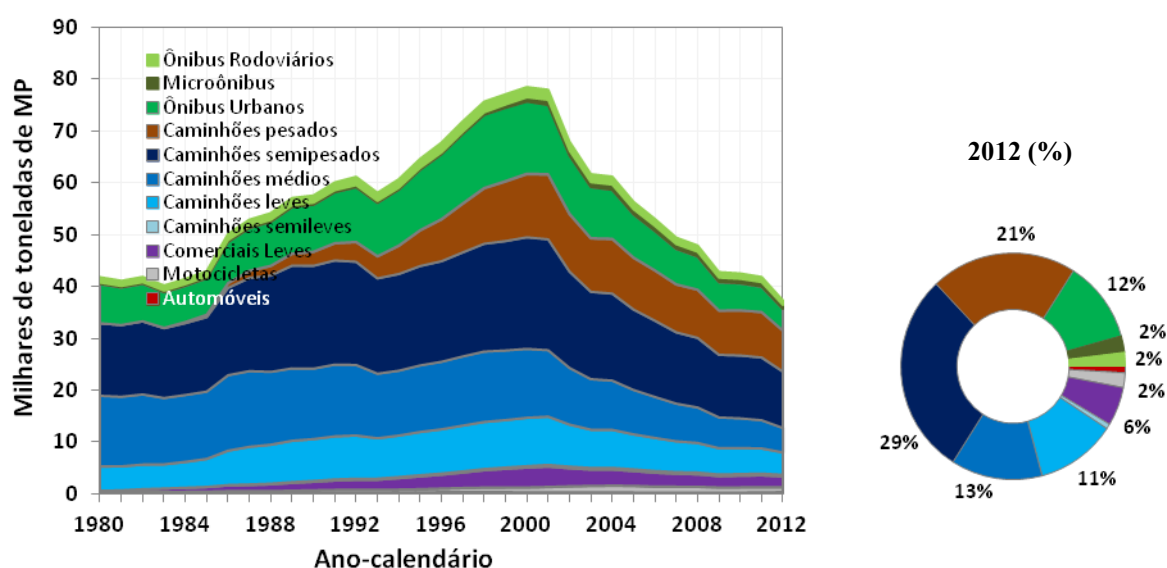
6.3. Emissões de material particulado (MP)

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

Da mesma forma que o verificado para as emissões de NO_x, quando se trata de MP, as frotas de veículos pesados do ciclo Diesel, em especial a que serve ao transporte de carga, também se destacam em quaisquer análises deste poluente.

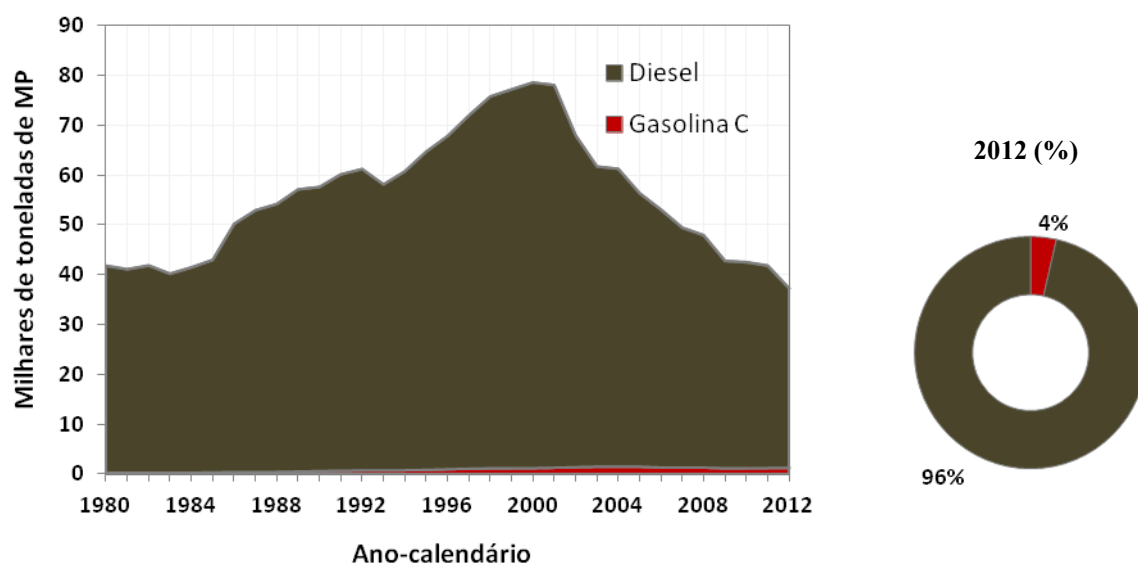
O Gráfico 28 ilustra o comportamento temporal das emissões de MP por categoria de veículos, ressaltando uma curva crescente que persistiu até 2000, ano em que foram lançadas mais de 78 mil toneladas do poluente. A partir daí, teve início uma contínua queda nas emissões, de forma que em 2012 elas corresponderam a menos da metade do observado em 2000. Ainda assim, a participação relativa das categorias de veículos não se alterou de forma significativa. Em 2012 o segmento de caminhões pesados e semipesados respondeu por 50% das emissões, ao passo que a frota de ônibus urbanos e micro-ônibus foi responsável pelo lançamento de 14% do MP para a atmosfera.

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



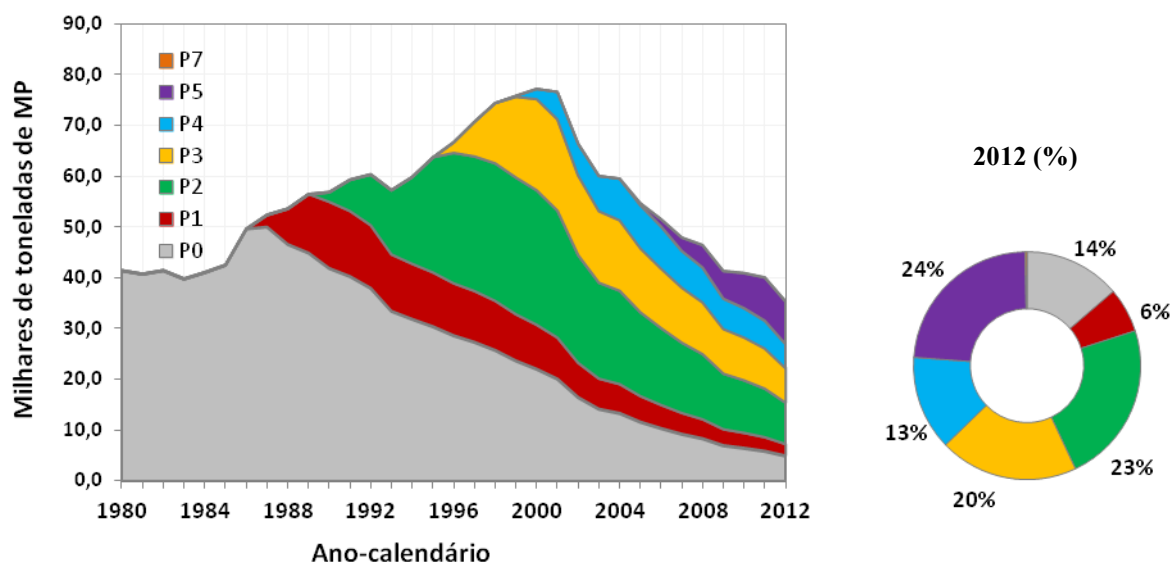
O Gráfico 29 permite observar esses mesmos números, só que à luz da participação dos combustíveis, e reforça o já observado na desagregação da frota. Nela, verifica-se que 96% de todo MP emitido em 2012 pelo setor de transporte rodoviário vem do diesel, contra apenas 4% da gasolina C.

Gráfico 29: Emissões de MP por combustão por tipo de combustível



Os efeitos da adoção de limites de emissão, cada vez mais restritivos por parte do PRO-CONVE, são nitidamente observados quando se trata da emissão de MP por veículos do ciclo Diesel. O Gráfico 30 dá a dimensão das reduções progressivas dessas emissões, principalmente a partir de 2002, quando vigorava a fase P4 do programa.

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



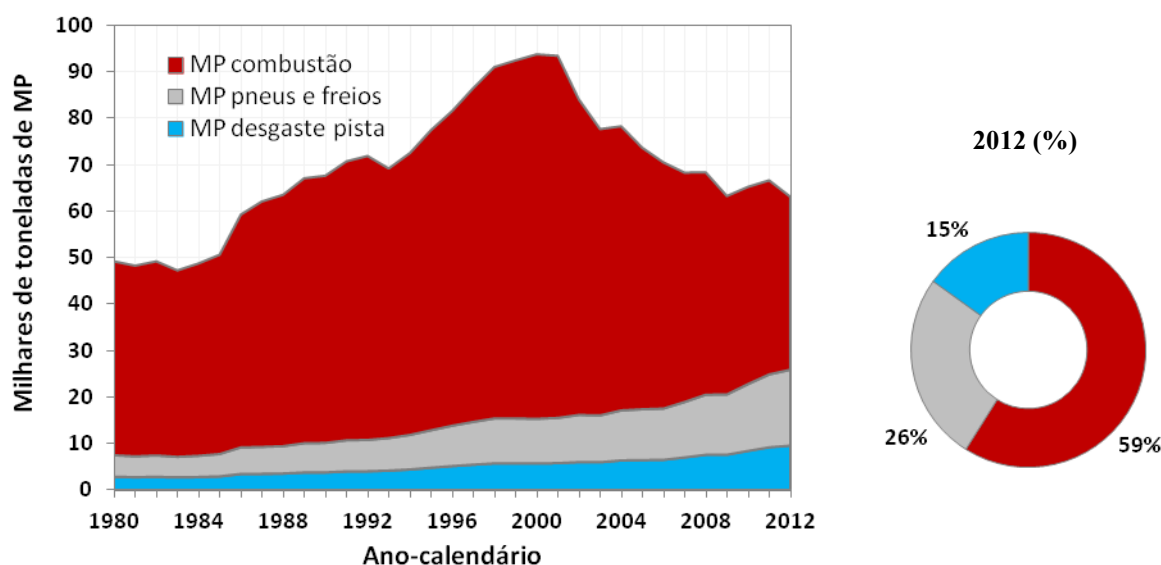
6.3.2. Emissões de material particulado por desgaste (MP_{desgaste})

A queda das emissões de material particulado por queima de combustíveis apresentada nos gráficos anteriores mostra o resultado obtido 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.

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 31. Em 2012, as emissões de MP total, incluídos MP_{comb} e MP_{desgaste} , somam, aproximadamente 63 mil toneladas, das quais 26% são originadas no desgaste de pneus e freios e 15% no desgaste de pistas.

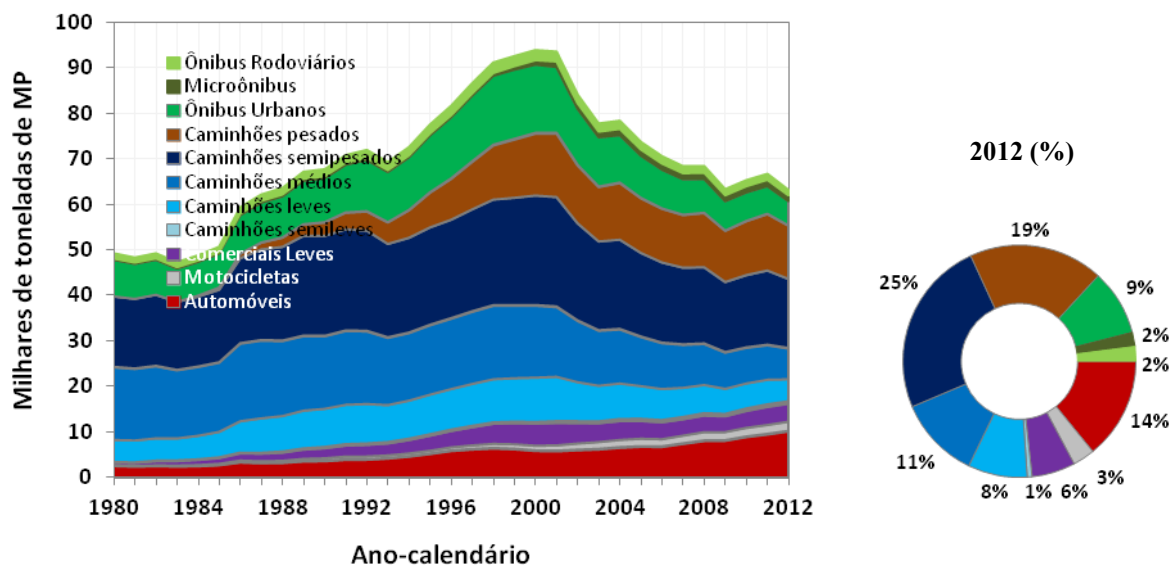
Uma vez que as emissões provenientes do desgaste não podem ser controladas por medidas similares às aquelas adotadas pelo PROCONVE, a estimativa é que essas emissões venham a crescer e tomar importância cada vez maior, apontando, assim, a necessidade de estudos mais detalhados sobre estas emissões, dos processos envolvidos em sua geração e de métodos para seu controle.

Gráfico 31: Emissões totais de MP por tipo de emissão



O Gráfico 32 mostra as emissões totais de MP desagregadas por categoria de veículos, no qual é possível visualizar que a maior parcela das emissões é devida aos veículos semi-pesados e pesados, que foram responsáveis por 25% e 19%, respectivamente, das emissões de MP em 2012. Com relação aos automóveis, estes corresponderam a 14% das emissões de 2012, porém nota-se que sua contribuição sobre emissões de MP vem crescendo constantemente ao longo do tempo.

Gráfico 32: Emissões totais de MP por categoria de veículos



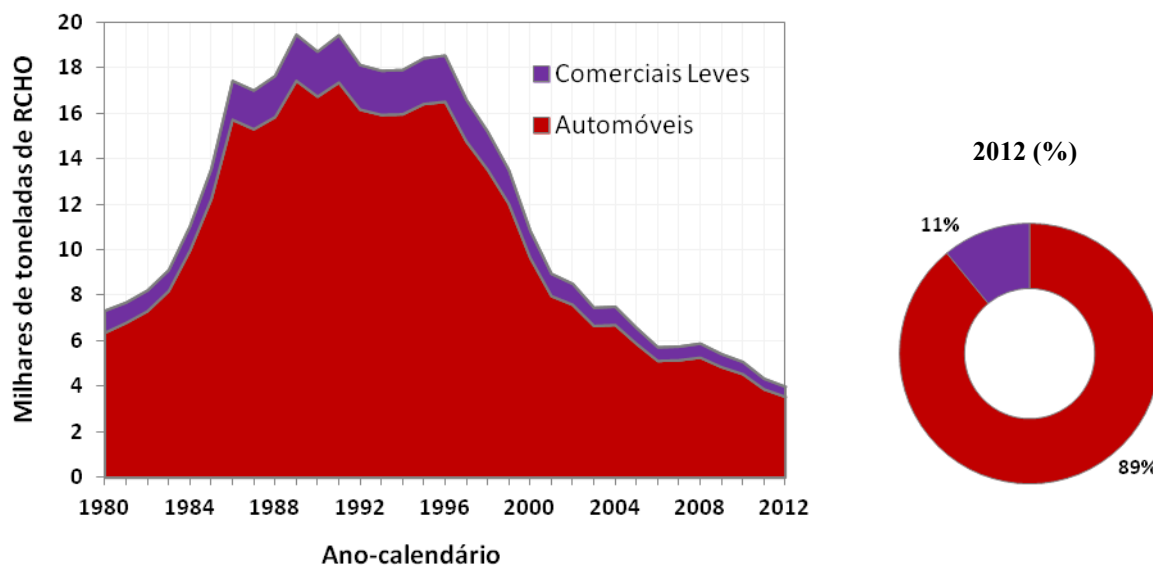
6.4. Emissões de aldeídos (RCHO)

Os aldeídos são poluentes típicos dos veículos do ciclo Otto, principalmente daqueles movidos a etanol. A literatura científica internacional aponta que os aldeídos também estão presentes nas emissões dos escapamento de veículos a diesel, entretanto no presente Inventário essa emissão não foi considerada por falta de dados nacionais suficientes.

Como se pode observar no Gráfico 33, as emissões de aldeídos por veículos do ciclo Otto 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.

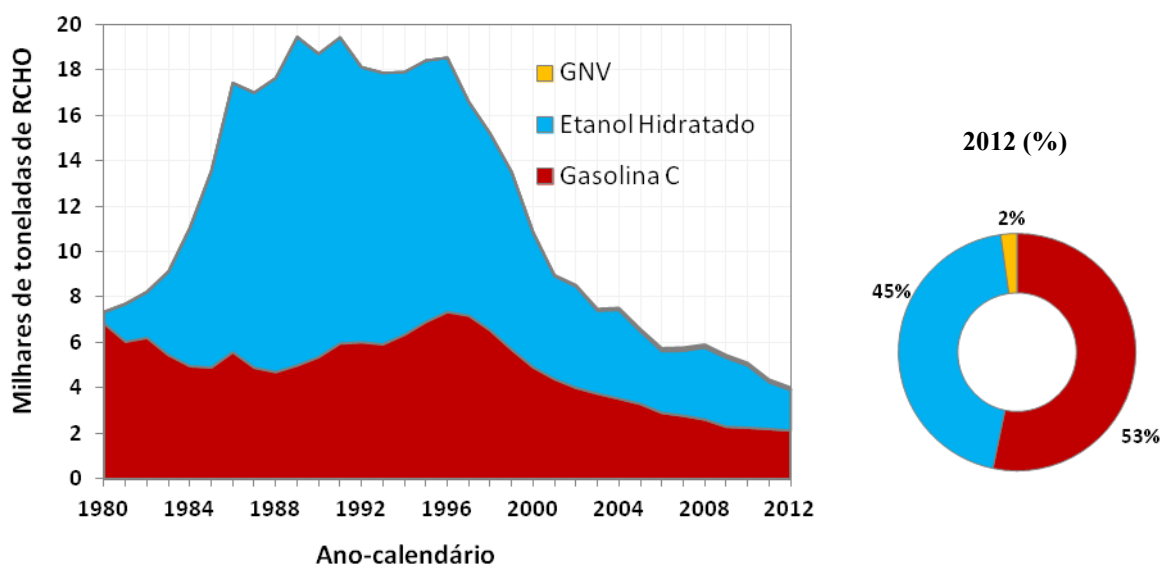
Com a introdução dos veículos *flex fuel* a partir de 2003, o consumo de etanol hidratado de uso rodoviário foi retomado de forma também veloz, batendo recordes históricos de consumo em 2008 e 2009, o que novamente pôs em ascensão a curva de emissões de aldeídos. No entanto, o controle progressivamente 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.

Gráfico 33: Emissões de RCHO por categoria de veículos do ciclo Otto



O Gráfico 34 reforça o impacto do etanol hidratado na emissão desse poluente. Nele, observa-se que em 2009 este combustível foi responsável por 58% da emissão total de aldeídos, contra 42% da gasolina, já em 2012, devido à queda da fração da frota flex que utiliza etanol hidratado, o gráfico mostra que 53% das emissões são provenientes do consumo de gasolina C, contra 45% do etanol e 2% do GNV.

Gráfico 34: Emissões de RCHO por tipo de combustível

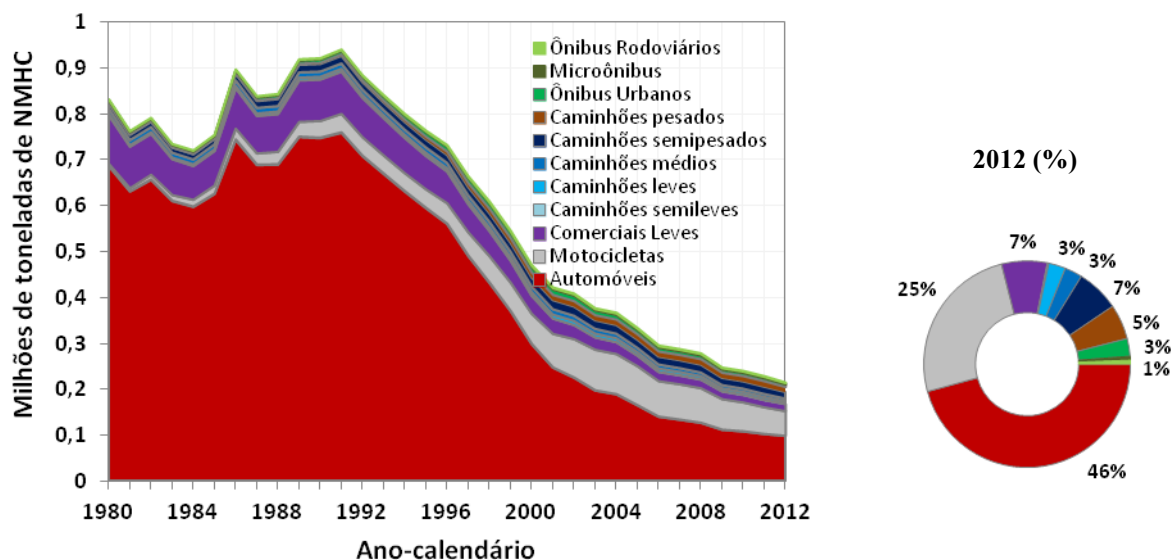


6.5. Emissões de hidrocarbonetos não metano (NMHC)

Os resultados do Inventário mostram uma tendência geral de queda das emissões de NMHC desde o início dos anos 1990 até os dias de hoje, como mostra o Gráfico 35. A participação relativa das categorias de veículos revela, em todo o período de cobertura do Inventário, serem os automóveis os maiores emissores.

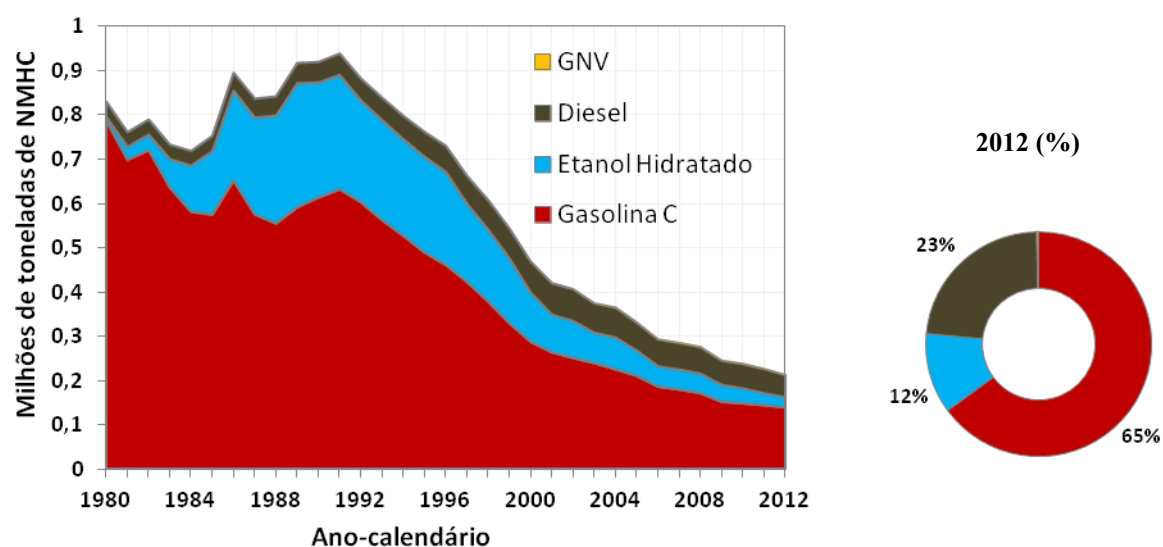
O Gráfico 35 detalha que em 2012 as emissões se distribuíram da seguinte forma: 46% oriundas de automóveis, 25% de motocicletas, 10% de caminhões pesados e semipesados e 7% de veículos comerciais leves. É importante destacar ainda que desde o início dos anos 2000, a contribuição das emissões de NMHC por motos tem se acelerado e já ultrapassa a de caminhões e a de veículos comerciais leves, uma mudança significativa do quadro observado nos anos 1990.

Gráfico 35: Emissões de NMHC por categoria de veículos



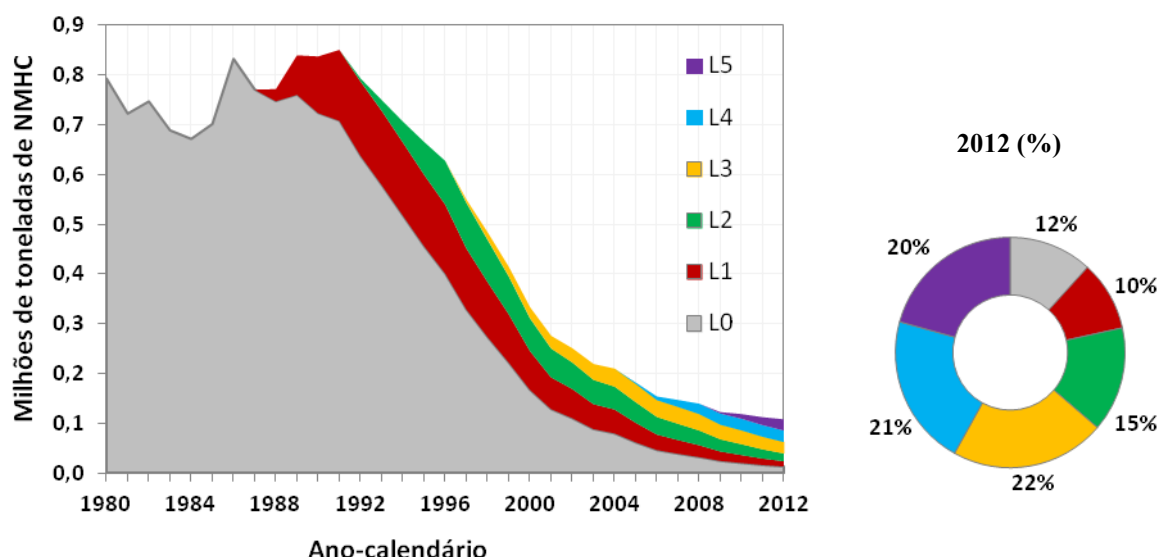
Em relação à participação relativa dos combustíveis na emissão de NMHC mostrada no Gráfico 36, observa-se, em 2012, que a gasolina C foi responsável por 65% das emissões, contra 12% do etanol hidratado e 23% do diesel.

Gráfico 36: Emissões de NMHC por tipo de combustível



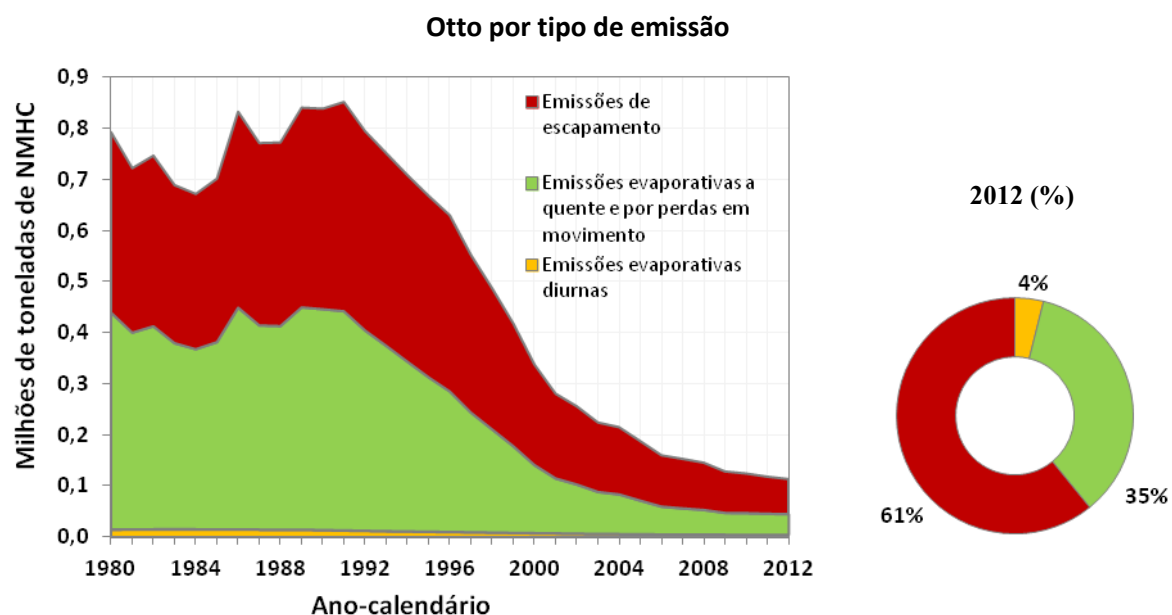
Como é possível observar, as emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto apresentaram uma brusca queda a partir de 1992, uma vez que a década de 1990 caracterizou-se pela rápida evolução de limites mais restritivos, tanto para as emissões de escapamento, quanto para as emissões evaporativas. Quando se observa o Gráfico 37, vê-se esta acentuada queda das emissões na década de 1990, um comportamento consistente, porém mais lento, na década de 2000, e uma relativa estabilização a partir de 2010 .

Gráfico 37: Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves por fase do PROCONVE



Esse comportamento de queda, seguida de uma estabilização também é notado tanto nas emissões de escapamento, quanto nas emissões evaporativas de NMHC. No que trata dessas últimas, o Gráfico 38 mostra uma grande predominância das emissões relacionadas ao uso do veículo, ou seja, as emissões evaporativas decorrentes do aquecimento do motor e as ocorridas com o veículo em movimento.

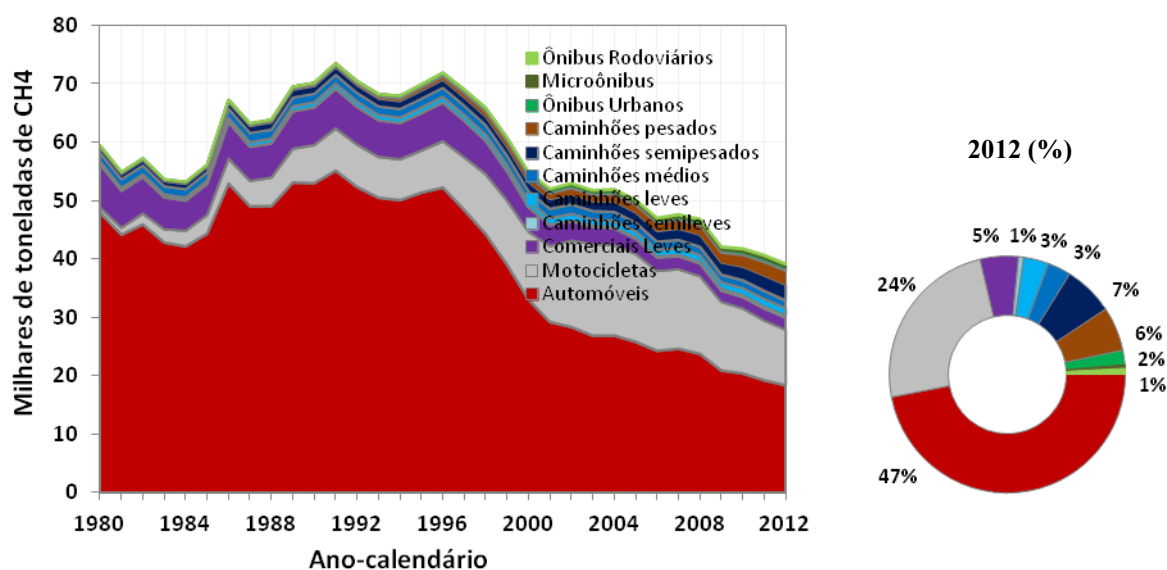
Gráfico 38: Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por tipo de emissão



6.6. Emissões de metano (CH₄)

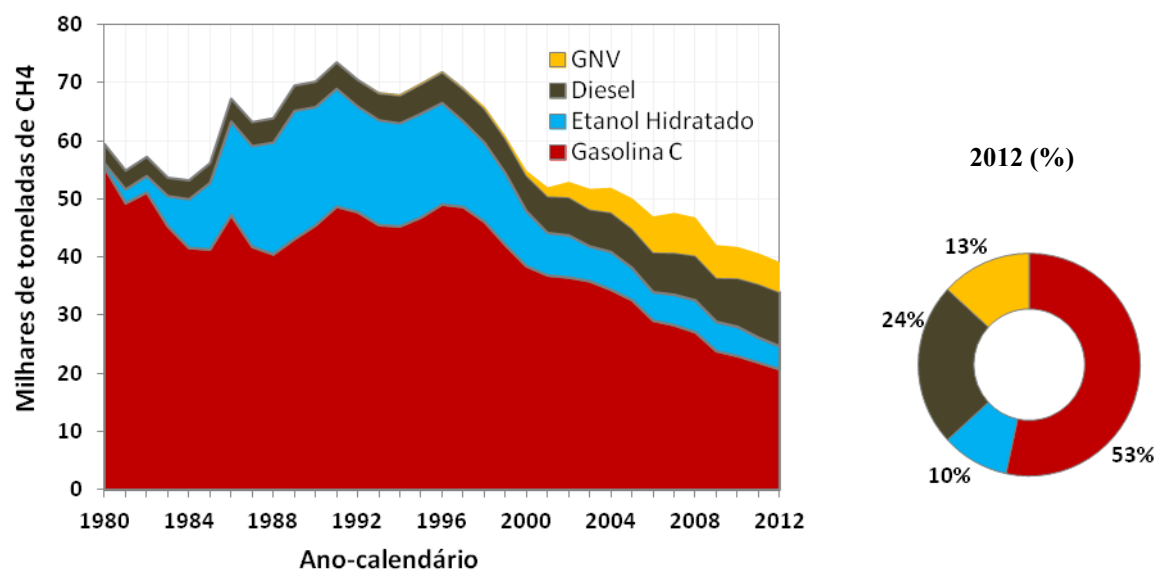
Ainda que o CH₄ não constitua um poluente diretamente regulado pelo PROCONVE, ou pelo PROMOT, assumiu-se no presente Inventário que as melhorias de performance em emissões de hidrocarbonetos totais (THC) ou hidrocarbonetos não-metânicos (NMHC) trariam redução proporcional na emissão de CH₄ (catalisadores de oxidação, para controle de CO e NMHC, também levam à redução de emissões de CH₄). Dessa forma, os resultados apresentados no Gráfico 39 mostram uma tendência de queda generalizada nas emissões desse gás por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto (a partir da segunda metade dos anos 90) e, mais recentemente, por motocicletas, além de um crescente aumento na participação das emissões provenientes dos veículos do ciclo Diesel. As emissões em 2012 estão assim distribuídas: 47% oriundas de automóveis, 24% de motocicletas (majoritariamente movidas a gasolina C) e 5% de veículos comerciais leves, 13% de caminhões pesados e semipesados e 3% de ônibus urbanos e microônibus.

Gráfico 39: Emissões de CH₄ por categoria de veículos



Tomando como foco a participação relativa dos diferentes combustíveis veiculares, o Gráfico 40 mostra que, em 2012, 53% do CH₄ foi emitido a partir da queima de gasolina C, 10% de etanol hidratado, 24% de óleo diesel e 13% de GNV. Deve-se ressaltar mais uma vez que as emissões por veículos movidos a GNV foram estimadas segundo uma abordagem *top-down*, não havendo detalhamento por idade de veículos ou procedência dos equipamentos de conversão. Desse modo, para os veículos movidos a GNV, os cálculos não refletem a evolução da frota circulante e, tampouco, dos *kits* de conversão em termos de performance em emissões.

Gráfico 40: Emissões de CH₄ por tipo de combustível



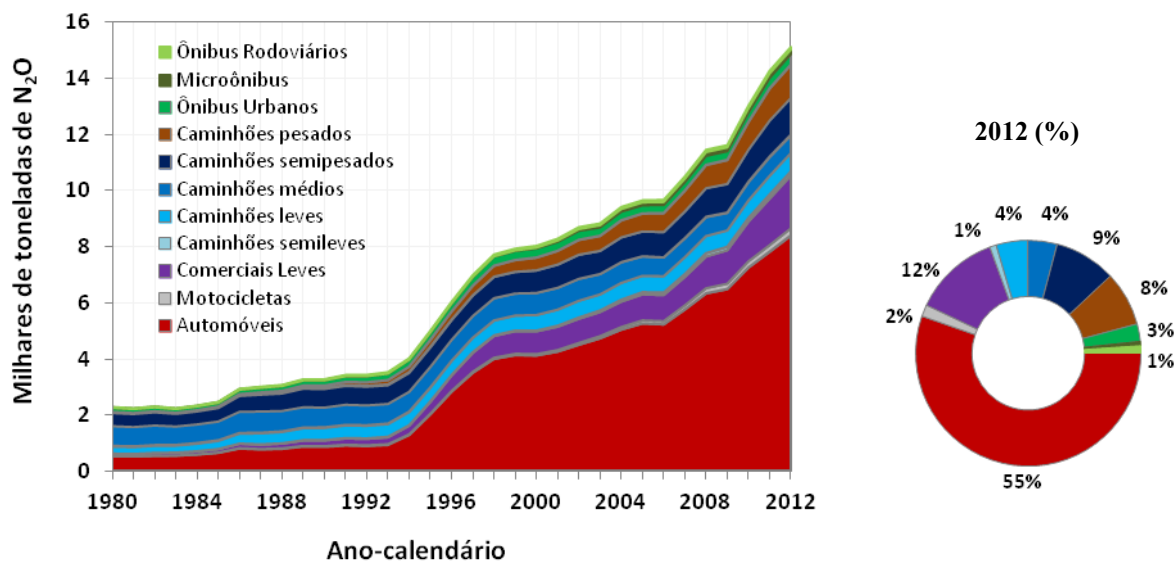
6.7. Emissões de óxido nitroso (N₂O)

As emissões de N₂O vem aumentando constantemente ao longo dos anos, indicando uma forte correlação positiva com o aumento da frota veicular circulante, conforme pode ser visualizado no Gráfico 41.

Existe uma tendência de redução devido a 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 (DASCH 1992; CANT et al. 1998; BECKER et al. 1999; LIPMAN & DELUCCHI 2002). 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.

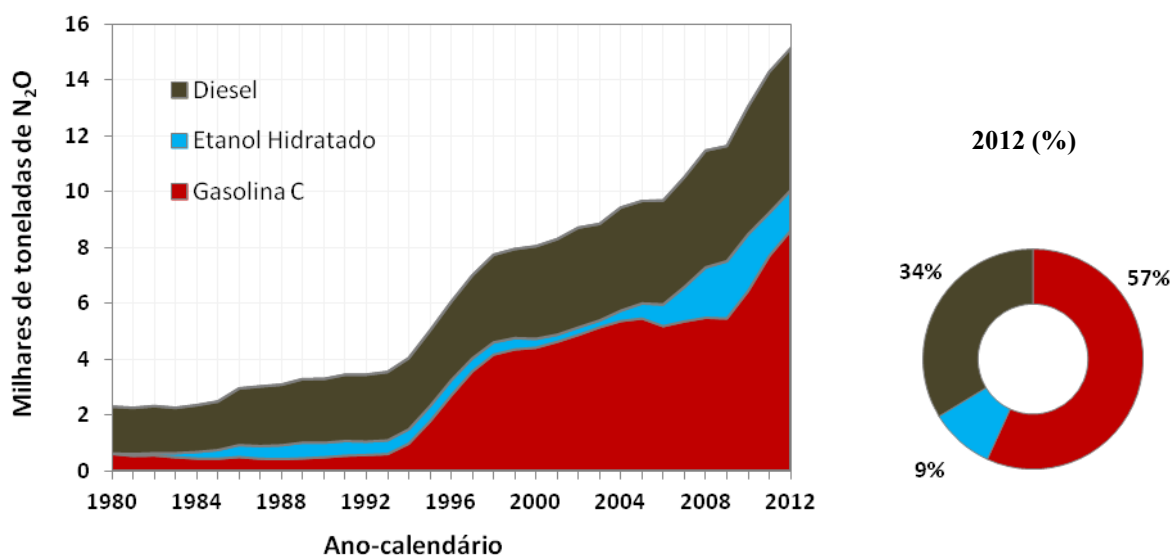
Com relação às emissões de N₂O, em 2012, estas estão assim distribuídas: 55% oriundas de automóveis, 2% de motocicletas (considerando apenas as movidas a gasolina C) e 12% de veículos comerciais leves, 17% de caminhões pesados e semipesados e 4% de ônibus urbanos e micro-ônibus.

Gráfico 41: Emissões de N₂O por categoria de veículos



O Gráfico 42 apresenta as emissões de N₂O de acordo com a participação relativa dos diferentes combustíveis, nele, observa-se que desde aproximadamente a metade da década de 90, as emissões oriundas da queima de gasolina C tem aumentado constantemente sua participação sobre o total das emissões deste gás, e que em 2012, 57% do N₂O foi emitido a partir da queima de gasolina C, 9% de etanol hidratado e 34% de óleo diesel.

Gráfico 42: Emissões de N₂O por tipo de combustível



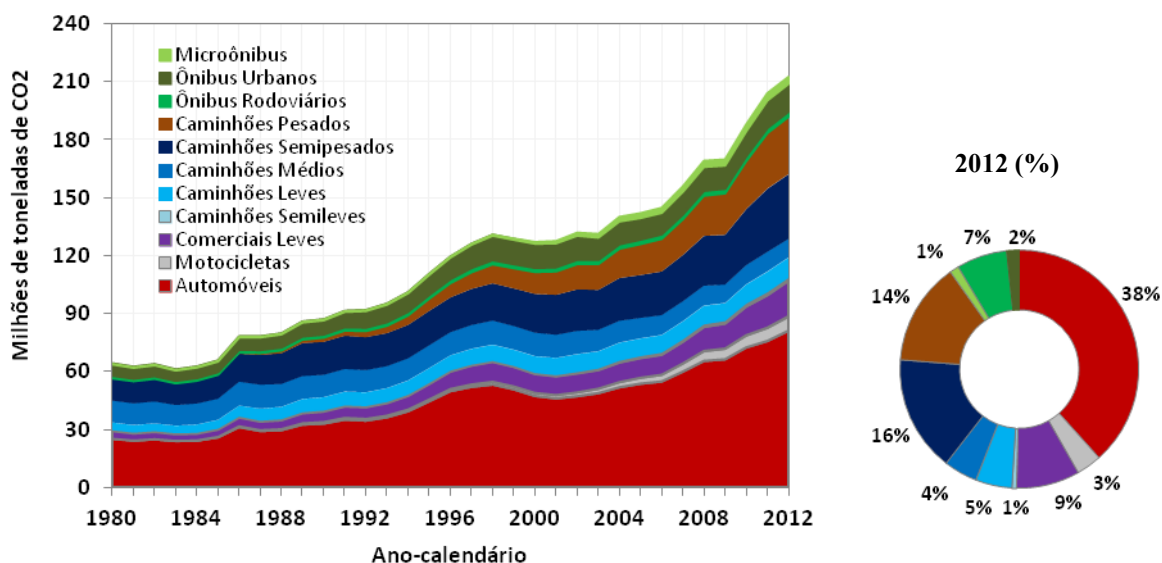
6.8. Emissões de dióxido de carbono (CO₂)

As emissões de dióxido de carbono (CO₂) 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 43 ilustra a participação das diferentes categorias de veículos e mostra um cenário geral marcado por curvas de emissão predominantemente ascendentes desde 1980, com intervalos breves de relativa estabilização, por exemplo, entre 1998 e 2003, quando foram emitidas cerca de 130 milhões de toneladas a cada ano.

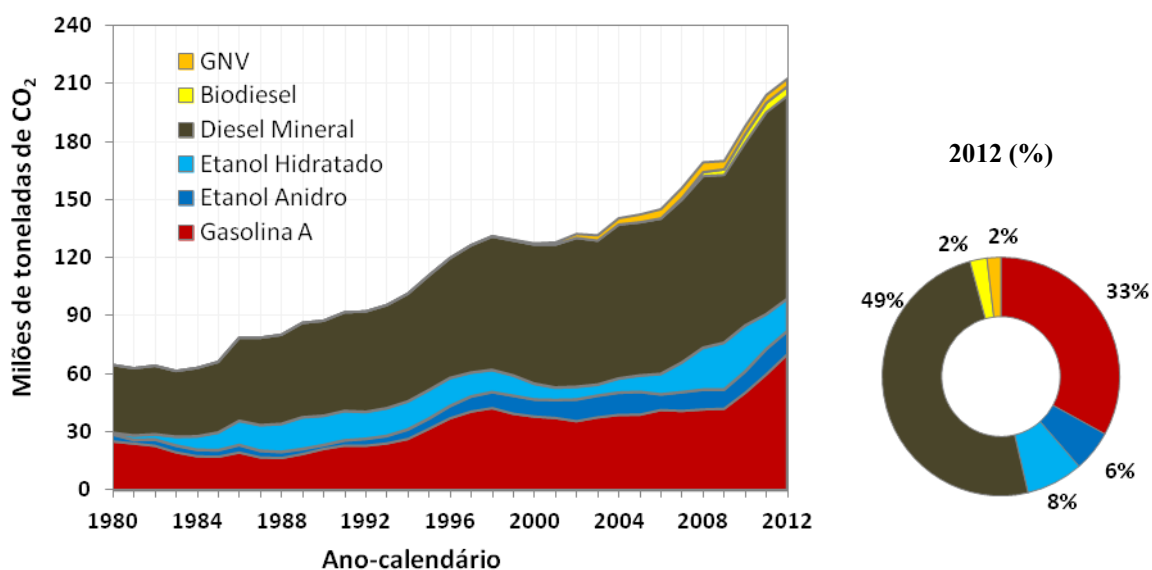
Detendo-se no quadro mais recente, em 2012 foram emitidas quase 213 milhões de toneladas de CO₂, 38% das quais originadas de automóveis (incluindo os veículos movidos a GNV), praticamente o mesmo percentual originando-se de caminhões, e 8% de ônibus urbanos e microônibus.

Gráfico 43: Emissões de CO₂ por categoria de veículos



Os resultados da participação desagregada da frota na emissão de CO₂ remetem também à análise da contribuição relativa dos combustíveis. Assim, o Gráfico 44 mostra que do total de emissões do setor de transporte rodoviário em 2012, 49% veio da queima de óleo diesel de origem fóssil, 2% do biodiesel, 33% da gasolina, 14% do etanol e 2% do GNV.

Gráfico 44: Emissões de CO₂ por tipo de combustível.

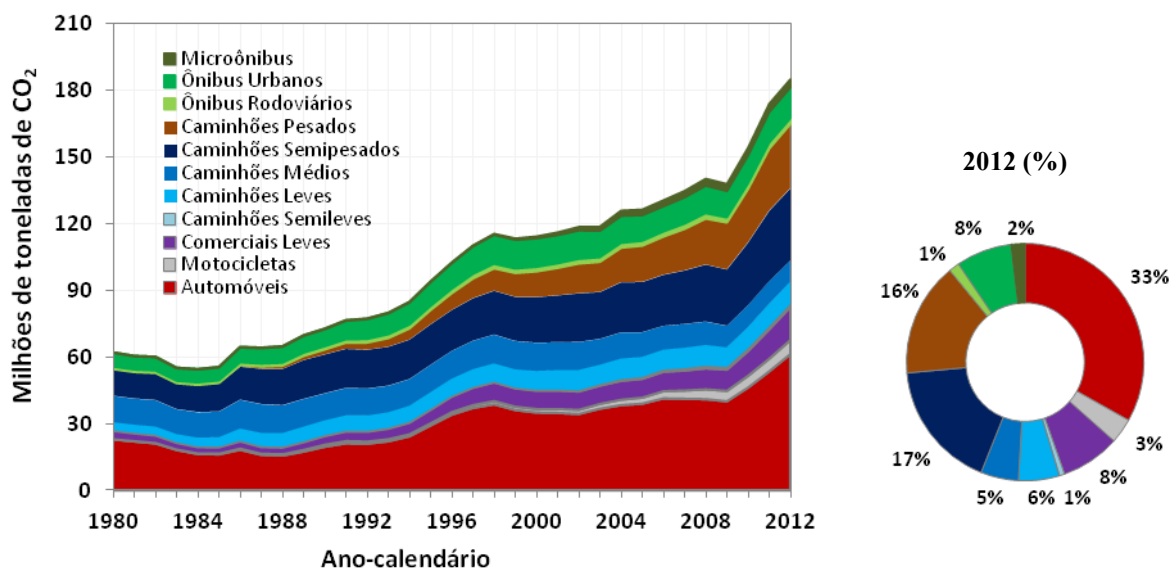


6.9. Emissões de dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq})

Os Gráficos 45 e 46 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 21 para o CH₄ e 310 para o N₂O**.

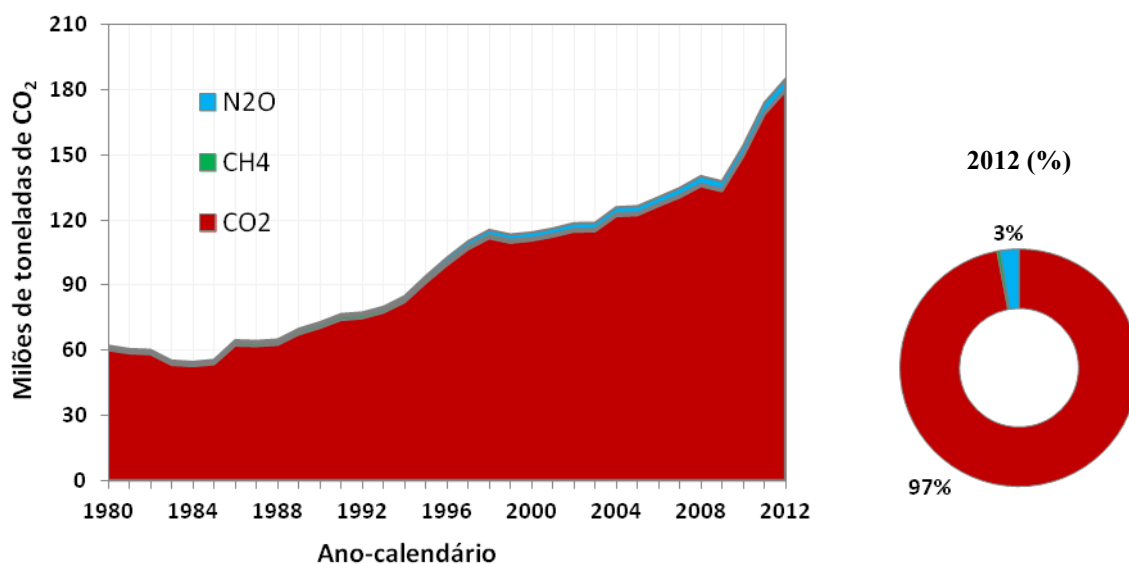
No Gráfico 45 são mostradas as emissões de CO₂ equivalente, desagregadas por categoria de veículo, nota-se que, a partir de 1990, a parcela decorrente dos automóveis aumentou em maior taxa que a dos demais segmentos. Em 2012, do total de CO₂ equivalente emitido, os automóveis foram responsáveis por 33%, seguidos dos caminhões semipesados com 17% e dos caminhões pesados com 16%.

Gráfico 45: Emissões de CO₂ equivalente por categoria de veículos



O Gráfico 46 mostra as emissões de CO₂ equivalente, desagregadas por gás de efeito estufa. Em 2012, o CO₂ foi responsável por 97% das emissões de CO₂equivalente, sendo assim o gás de efeito estufa mais representativo para o transporte rodoviário.

Gráfico 46: Emissões de CO₂ equivalente por tipo de gás



7. Recomendações

O Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 : Ano-base 2012, dá continuidade a uma estratégia de apresentar, periodicamente, dados oficiais sobre emissões de fontes móveis rodoviárias no país e, ao mesmo tempo, repercutir o resultado de programas de melhoria tecnológica de veículos, dos combustíveis e da qualidade ambiental.

Sua primeira versão, de 2011, mostrou séries históricas e projeções de emissões em vários recortes, além de chamar à atenção para lacunas de informações disponíveis no país, o que demandou a adoção de premissas e simplificações, como forma de utilizar os melhores dados naquele momento. Por conta disso, aquele documento já elencava, em suas recomendações, estudos e outras iniciativas que poderiam levar à obtenção de dados cada vez mais confiáveis sobre a frota de veículos, intensidade de uso, autonomia, etc., contribuindo para redução de incertezas em cálculos futuros. Outros pontos de atenção diziam respeito à criação dos meios institucionais para sua internalização e contínua atualização, e para o desenvolvimento de metodologias espacialmente mais adequadas à escala subnacional.

Assim, o Grupo de Trabalho responsável pela elaboração do documento de 2011, restituído pela Portaria Ministerial MMA nº 386, de 3 de outubro de 2011 (Anexo H), teve entre suas atribuições: i) definir metodologia de referência e apoiar a elaboração de inventários de emissões atmosféricas por fontes móveis adequados à escala local e regional, nos termos do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR; ii) elaborar estudos e pesquisas que permitam o aperfeiçoamento da qualidade das informações, e o desenvolvimento e implantação de sistemas de informação, necessários aos futuros inventários de escala nacional, com base nas recomendações do Relatório Final do GT criado pela Portaria no 336, de 22 de setembro de 2009; e iii) propor as bases instrumentais e normativas que permitam a atualização contínua e sistemática dos inventários futuros.

Tendo isso como ponto de partida, o presente item, destaca os avanços obtidos, e aponta os esforços para melhoramentos que ainda devem ser empreendidos.

7.1 Para melhoria da qualidade das informações

Os inventários são instrumentos que, em qualquer tempo, permitem entender o estado atual das emissões e fazer estimativas futuras, portanto, os métodos neles adotados exigem a organização de um grande número de informações, ora reduzindo-as, combinando-as, ou mesmo selecionando as mais representativas da realidade em um dado momento.

Essa premissa reforça ainda mais a necessidade de aumentar as opções de fontes de informações, sempre na busca de maior precisão.

Nesse aspecto, em relação à edição de 2011, algumas melhorias foram feitas quanto às fontes de dados. Por exemplo, a pesquisa feita pela Confederação Nacional do Transporte –CNT, por meio de seu Programa DESPOLUIR, que permitiu capturar dados mais aderentes à realidade da frota de veículos do ciclo Diesel, especialmente quanto à intensidade de uso de caminhões e ônibus de diferentes categorias. Na mesma linha, a base de dados sobre vendas de veículos foi apri-

morada com a combinação de diferentes fontes: bases adquiridas da ADK, da ANFAVEA e do Quadro de Fabricantes do DNIT. No entanto, essas melhorias ainda não foram suficientes para suprir carências de informações sobre:

7.1.1 Frota de veículos

Nesse tema, a estimativa da frota nacional continuou se baseando em curvas de sucateamento teóricas aplicadas ao licenciamento e venda de veículos novos, persistindo a recomendação de que as mesmas devem ser calibradas e atualizadas pela comparação dos dados de frota registrada, com os dados de veículos licenciados anualmente pelos DETRAN nos Estados, buscando maior aderência com a frota, de fato, circulante.

7.1.2 Fatores de Emissão

Os fatores de emissão, peças-chave nas estimativas dos inventários, são determinados por inúmeras condicionantes, como porte e uso do veículo; tecnologia e equipamentos de controle de emissão empregados; tipo e características do combustível utilizado; condições de operação e condução ou mesmo condições de manutenção, etc. Dentre essas variáveis, o 1º Inventário mostrava a necessidade de conhecer melhor o impacto das condições de operação, condução e manutenção da frota sobre os fatores de emissão; aspectos ganham importância à medida que se propõem inventários de maior resolução espacial e temporal, e que possam ser correlacionados com ações de melhoria da qualidade do ar.

Assim, o presente Inventário incorporou novidades como os fatores de emissão de MP por desgaste de pneus, freios e pista, N_2O , e CH_4 para veículos a diesel, contudo, persistiu a abordagem a abordagem baseada nos ensaios de homologação, não sendo possível avançar no conhecimento do peso das variáveis associadas ao uso e manutenção dos veículos na emissão de poluentes.

Para os futuros inventários ainda são válidas as recomendações de:

- Elaborar estudo que permita conhecer os fatores de emissão de veículos em condições reais de uso;
- Levantar fatores de emissão para material particulado (MP) proveniente de veículos do ciclo Otto (não regulamentado);
- Pesquisar curvas de emissão por acúmulo de rodagem por toda a vida útil de automóveis e comerciais leves do ciclo Otto, não se limitando a 80.000 km;
- Definir e hierarquizar os principais parâmetros relacionados às condições de manutenção de veículos que possam influenciar os fatores de emissões de poluentes;
- Aprimorar informações disponíveis e metodologia de cálculo de emissões evaporativas.

7.1.3 Intensidade de uso e autonomia de veículos

No 1º Inventário já se observava que a intensidade de uso era uma variável sobre a qual incidiam incertezas significativas. Mesmo com o aporte de dados mais realistas levantados pela CNT sobre a intensidade de uso veículos pesados, ainda é válida a recomendação de melhorar as informações acerca da distância rodada pelos veículos de carga das demais categorias e/ou de passageiros, e de incorporar parâmetros de produtividade do transporte (passageiros.km/ano, toneladas.km/ano, fator de carregamento (ton/veículo) e taxa de ocupação (passageiros/veículo).

Da mesma forma, até a elaboração deste documento, não haviam sido criadas as condições para aperfeiçoar a informação sobre autonomia de veículos, persistindo a indisponibilidade desses dados em condições reais de uso. Isso levou com que os valores acordados no 1º GT continuassem a ser empregados: valores de autonomia para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto obtidos em testes de ciclo de condução urbano, e números fornecidos pela ANFAVEA e PETROBRÁS para veículos do ciclo diesel. Portanto, uma vez que não foram obtidos avanços nesse ponto, ainda são totalmente pertinentes as recomendações feitas no Inventário de 2011.

7.2 Quanto a elaboração de inventários locais e regionais

Entre as atribuições do GT restituído pela Portaria Ministerial MMA nº 386 de 2011, estava a de definir metodologia de referência e apoiar a elaboração de inventários de emissões atmosféricas por fontes móveis adequados à escala local e regional, nos termos do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR – outra recomendação do 1º Inventário Nacional. Nessa perspectiva, esforços do GT foram concentrados na proposição de duas metodologias, consolidadas em Nota Técnica do Ministério do Meio Ambiente de 2013, que visavam responder a situações de maior ou menor disponibilidade de dados para sua elaboração - Inventários Metropolitanos Níveis 1 e 2, respectivamente. O apoio à plena aplicação dessas metodologias é uma atividade que ainda está por ser implementada.

7.3 Quanto à infraestrutura, desenvolvimento e implantação de sistema de informações e fortalecimento do arranjo institucional

É conhecido que as atualizações sistemáticas e aperfeiçoamentos deste Inventário, seguramente, tendem a acontecer em um cenário de volume crescente de dados, requerendo ampliar as capacidades de processamento e armazenamento das instituições por ele responsáveis. Com base nesta condição recomendou-se que era importante constituir uma estrutura técnica mínima responsável pela sua internalização no seio das instituições, o desenvolvimento de sistemas de informação para o gerenciamento de uma base de dados nacional, o acesso público aos dados, e incorporação ao processo de avaliação e tomada de decisões. Com vistas a atender essa

demanda, avalia-se a possibilidade de criar, no âmbito do INFOSERV/PROCONVE-PROMOT do IBAMA⁴, um módulo que abrigue o conjunto de dados necessários à elaboração dos futuros inventários.

Além de ser necessário avançar na iniciativa anterior, persiste a recomendação de consolidar um arranjo que permita mobilizar e coordenar esforços de múltiplas instituições geradoras de dados, tanto do Governo Federal, quanto dos estados, do setor privado ou da sociedade civil.

⁴ Serviço destinado à obtenção de Licença para Uso da Configuração de Veículo ou Motor – LCVM.

8. Referências Bibliográficas

- ABRACICLO. São Paulo, 2013. Disponível em: http://www.abraciclo.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=6%3Avendas&catid=6%3Amotocicletas&Itemid=37
- ANFAVEA, 2013. Site Autoveículos 2013. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>.
- ANFAVEA, 2013: Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. 160p.
- ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos, 2008. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2007. São Paulo.
- ACEA - European Automobile Manufacturers Association, 2006. Worldwide Fuel Charter Alliance of Automobile Manufacturers, Engine Manufacturers Association - EMA, Japan Automobile Manufacturers Association.
- BECKER, K. H. *et al.*, 2000. Contribution of vehicle exhaust to the total global N₂O budget. *Chemosphere: Glob Change Sci* 2:387–395.
- BORSARI, V. 2005. As Emissões Veiculares e os Gases do Efeito Estufa. Society of Automotive Engineers. São Paulo.
- CANT, N.W. *et al.*, 1998. Nitrous oxide formation during the reaction of simulated exhaust streams over rhodium, platinum and palladium catalysts. *Appl Catal B: Environ* 17:63–73
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 1994. Inventário de Emissão Veicular – 1992: Metodologia de Cálculo. São Paulo.
- CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2010. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2009. São Paulo.
- CETESB . Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2012. São Paulo, 90p.
- DASCH, J. M., 1992. Nitrous oxide emissions from vehicles. *J Air Waste Manag* 42:63–67
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2012. Quadro de fabricantes de veículos. Diretoria de Infraestrutura Rodoviária. Brasília, 166p.
- EMEP – EEA, 2009. *Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe (UE)* –. Emission Inventory Guidebook: TFEIP-endorsed draft, may 2009.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2013 Balanço Energético Nacional 2013: Ano base 2012. Rio de Janeiro, 2013. (Séries completas, capítulo 3). Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompleatas.aspx>
- FIGUEIREDO, S. A. 2001. Avaliação Técnico-Econômica de Modelos de Implantação da Inspeção Técnica de Veículos. Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

GOMIDE, A. A., 2003. Transporte Urbano e Inclusão Social: Elementos para Políticas Públicas. Brasília -Texto Para Discussão nº 960.

LENTS, J et al, 2004. São Paulo Vehicle Activity Study. International Sustainable Systems Research Center. 86p.

LIPMAN, T., DELUCCHI, E. & MARK, A., 2002. Emissions of nitrous oxide and methane from conventional and alternative fuel motor vehicles. *Clim Change* 53:477–516

MIC -Ministério da Indústria e do Comércio. 1983, 1984, 1985. 1986. Escolha Certo e Gaste Menos, Guia de Consumo do seu carro. Secretaria de Tecnologia Industrial - STI.

MCT- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 2010. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência: Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem *Bottom-Up*.

MCT - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. 2010. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa no Transporte Rodoviário.

MMA, 2011. 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. 111p.

MT – Ministério dos Transportes & Ministério das Cidades, 2013. Plano setorial de transporte e de mobilidade urbana para mitigação e adaptação à mudança do clima (PSTM). Brasília, 115p.

OLIVEIRA & ORRICO FILHO, 2004. Análise do consumo de combustível de ônibus urbanos. : Universidade Federal do Rio de Janeiro“ (COPPE).XVII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Florianópolis 08-12/11 – Compêndios, pp 1479-1491.

SINDIPEÇAS , 2008. CREDIDIO, J. & SERRA, B (Coord.). Estudo da frota circulante brasileira – Sindicato Nacional de Indústria de Componentes para Veículos Automotores - SINDIPEÇAS.

USEPA. EUA, 1997. Disponível em: <http://www.epa.gov/otag/consumer/05-autos.pdf>.

VICENTINI, P. C., 2010. 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.

Anexo A: Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE)

Em 6 de maio de 1986, a Resolução nº 18 do CONAMA criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), coordenado pelo IBAMA, o qual veio para definir os primeiros limites de emissão para veículos leves e contribuir para o atendimento aos padrões de qualidade do ar instituídos pelo Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR). Em 28 de outubro de 1993, a lei nº 8.723 endossou a obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular, contribuindo para induzir o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis, motores e autopeças, e permitindo que veículos nacionais e importados passassem a atender aos limites estabelecidos.

O cumprimento dessas exigências é aferido por meio de ensaios padronizados em dinamômetro e com combustíveis de referência (próprios para os ensaios). Além disso, o PROCONVE também impõe a certificação de protótipos (homologação) e o acompanhamento estatístico em veículos novos produzidos, a autorização do IBAMA para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento ou reparo de veículos e motores encontrados em desconformidade com a produção ou projeto, e a proibição da comercialização de modelos de veículos não homologados.

A homologação de protótipos é, de fato, o maior sustentáculo do PROCONVE, e faz com que as montadoras apliquem conceitos de projetos que assegurem um baixo potencial poluidor aos veículos novos, e uma taxa de deterioração das emissões ao longo de sua vida útil que garanta o atendimento aos limites estabelecidos. Outro ponto importante a ressaltar é que o controle pelo programa se dá a partir da classificação dos veículos em razão de seu peso bruto total (PBT), sendo que as fases caracterizadas por “L” para veículos leves e “P” para veículos pesados, vêm sendo implantadas segundo estratégias diferenciadas (Tabelas 28 e 29).

Ainda que a Resolução CONAMA nº 18 de 1986 tenha dado os primeiros encaminhamentos para o controle da emissão de veículos a diesel, só em 1993, por meio da Resolução CONAMA nº 8, de 31 de agosto, as inovações são mais visíveis no segmento de veículos pesados (Tabela 29).

A mesma preocupação com as emissões para a atmosfera vale para o segmento das motocicletas (e veículos similares), cuja frota vem experimentando um crescimento vertiginoso nos últimos anos. O perfil de utilização, notadamente no segmento econômico de prestação de serviços de entregas em regiões urbanas, tornou necessário o estabelecimento de um programa específico para o controle das emissões desses veículos, muito em razão dos seus elevados fatores de emissão quando comparados aos automóveis novos.

Assim surgiu, em 2002, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), introduzido pela Resolução CONAMA nº 297, de 2002, com o objetivo de complementar o controle do PROCONVE. O PROMOT foi baseado nas legislações vigentes na Europa, principalmente na Diretiva das Comunidades Europeias de nº 97/24/EC, sendo que os primeiros limites propostos para vigorar a partir de 2003 (equivalentes aos limites EURO I) levaram em consideração o estágio tecnológico em que se encontrava a indústria nacional de motocicletas e veículos similares.

Seguiram-se fases posteriores com reduções significativas nas emissões, em equivalência aos limites estabelecidos pela Comunidade Econômica Europeia (CEE) (limites EURO II e EURO III). Subsequentemente foram publicadas a Instrução Normativa IBAMA nº 17, de 2002, e a Resolução CONAMA nº 342, de 2003, complementando a Resolução CONAMA nº 297, de 2002, estabelecendo limites EURO III para os motocicletas, e cuja entrada em vigor se deu em 2009. Tais marcos posicionaram o Brasil apenas uma fase de controle atrás da Comunidade Europeia, e resultaram na redução de 2/3 da emissão de monóxido de carbono (CO), em relação aos modelos anteriores sem controle de emissão.

De maneira análoga ao PROCONVE, são denominadas “fases” do PROMOT os interregnos de tempo entre a vigência de um determinado limite de emissão dado pela legislação e a entrada em vigor de novos limites mais restritivos, fases “M” (Tabela 30). Nas fases estão contempladas inovações tecnológicas nas motocicletas e veículos similares que possibilitam a redução das emissões. Outro ponto importante é que o controle pelo PROMOT é executado a partir da classificação dos ciclomotores em razão de seu deslocamento volumétrico (cilindradas/cc).

A despeito dos sabidos ganhos obtidos com esses programas, a continuidade do PROCONVE e do PROMOT deverá basear-se na identificação dos seus reais ganhos ao meio ambiente e evoluir para que se possam traçar associações claras entre a definição de suas novas fases tecnológicas e de restrição das emissões com o estado da qualidade do ar, sobretudo nas grandes cidades brasileiras.

Tabela 27: Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos leves (Fases “L”)

Fase	Implantação	Característica / Inovação
L1	1988-1991	Caracterizada pela eliminação dos modelos mais poluentes e aprimoramento dos projetos dos modelos já em produção. Iniciou-se também nesta fase o controle das emissões evaporativas. As principais inovações tecnológicas que ocorreram nesta fase foram: reciclagem dos gases de escapamento para controle das emissões de óxidos de nitrogênio (NO _x); injeção secundária do ar no coletor de exaustão para o controle de monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC); implantação de amortecedor da borboleta do carburador para controle do HC e otimização do avanço da ignição
L2	1992-1996	A partir dos limites verificados na Resolução CONAMA nº 18 de 1986, nessa fase investiu-se na adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol, em proporção única no mundo. As principais inovações nos veículos foram a injeção eletrônica, os carburadores assistidos eletronicamente e os conversores catalíticos. Em 1994 iniciou-se o controle de ruído dos veículos
L3	1997-2004	Em face da exigência de atender aos limites estabelecidos a partir de 1º de janeiro de 1997 (Resolução CONAMA nº 15 de 1995), ocorreram reduções bastante significativas em relação aos limites anteriores, e o fabricante/importador empregou, conjuntamente, as melhores tecnologias disponíveis para a formação de mistura e controle eletrônico do motor como, por exemplo, o sensor de oxigênio (denominado "sonda lambda")

L4	2005-2008	Tendo como referência a Resolução CONAMA nº 315 de 2002, a prioridade nesta fase que teve início no ano de 2005 é a redução das emissões de HC e NO _x , poluentes precursores da formação de ozônio. Para o atendimento desta fase, se deu o desenvolvimento de motores com novas tecnologias como a otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos de injeção, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica
L5	2009-2013	Com os limites de emissão da Resolução CONAMA nº 315 de 2002, da mesma forma que na fase L4, a prioridade na fase L5 é a redução das emissões de HC e NO _x . De maneira análoga à fase L4, as inovações tecnológicas se deram na otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica
L6	A partir de 2013	Em 2009, o CONAMA, ao aprovar a Resolução nº 415, introduziu a Fase L6 que entrará em vigor em 2013. L6 estabelece, basicamente, novos limites máximos para a emissão de escapamento de veículos automotores leves novos de passageiros de massa menor ou igual a 1.700 quilogramas e veículos leves comerciais com massa superior a 1.700 quilogramas. Ambas as categorias são para uso rodoviário, e contemplam tanto veículos do ciclo Otto quanto veículos do ciclo Diesel. Para o futuro ainda está prevista a introdução de catalisadores de oxidação, de filtro de particulados e de recirculação de gases

Tabela 28: Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos pesados (Fases “P”)

Fase	Implantação	Característica / Inovação
P1 e P2	1990-1993	Já em 1990 estavam sendo produzidos motores com níveis de emissão menores que aqueles que seriam requeridos em 1993 (ano em que teve início o controle de emissão para veículos deste tipo com a introdução das fases P1 e P2). Nesse período, os limites para emissão gasosa – fase P1 – e material particulado (MP) – fase P2 – não foram exigidos legalmente
P3	1994-1997	O desenvolvimento de novos modelos de motores visaram a redução do consumo de combustível, aumento da potência e redução das emissões de NO _x por meio da adoção de intercooler e motores turbo. Nesta fase se deu uma redução drástica das emissões de CO (43%) e HC (50%)
P4	1998-2002	Reduziu ainda mais os limites criados pela fase P3
P5	2003-2008	Teve como objetivo a redução de emissões de MP, NO _x e HC
P6	2009-2011	Em janeiro de 2009 deveria ter se dado o início à fase P6, conforme Resolução CONAMA nº 315 de 2002, e cujo objetivo principal, assim como na fase P5, era a redução de emissões de MP, NO _x e HC
P7	A partir de 2012	Resolução CONAMA nº 403 de 2008 introduz uma fase que demanda sistemas de controle de emissão pós-combustão (catalisadores de redução de NO _x e/ou filtros de MP)

Tabela 29: Estratégia de implantação do PROMOT (Fases “M”)

Fase	Implantação	Característica / Inovação
M1	2003-2005	Estabeleceu os limites iniciais máximos de emissão de gases de escapamento para motocicletas e veículos similares
M2	2006-2008	Iniciou a segunda fase com reduções drásticas dos limites de emissão da primeira fase (redução de 83% em CO; redução de 60% em HC + NO _x)
M3	A partir de 2009	Também ocorre uma redução significativa das emissões de poluentes sendo, em alguns casos, superiores a 50% dos limites previstos na fase anterior

Anexo B: Dados de vendas de veículos novos no mercado interno

Gráfico 47: Evolução das vendas de veículos novos no Brasil por categoria

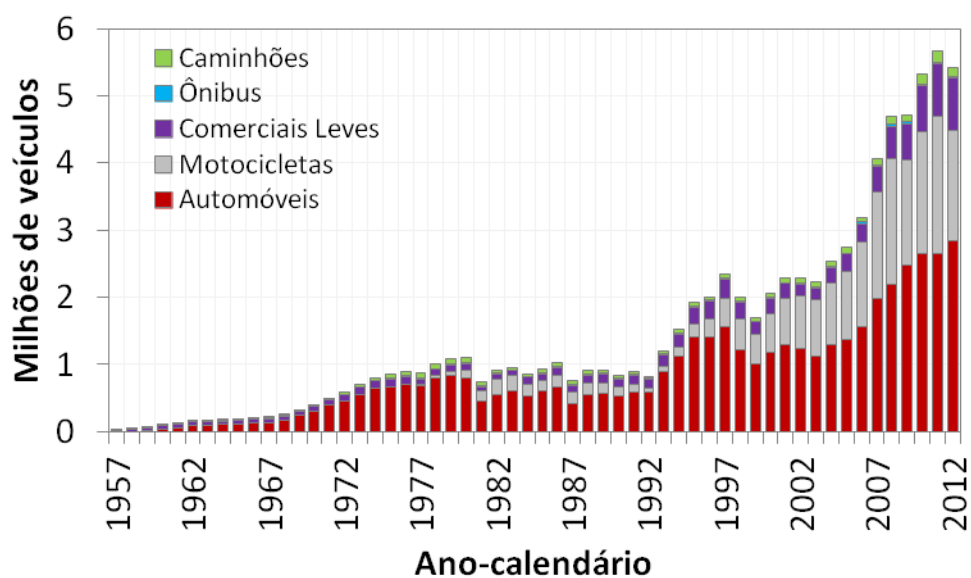


Gráfico 48: Evolução das vendas de automóveis novos no Brasil por tipo de motor

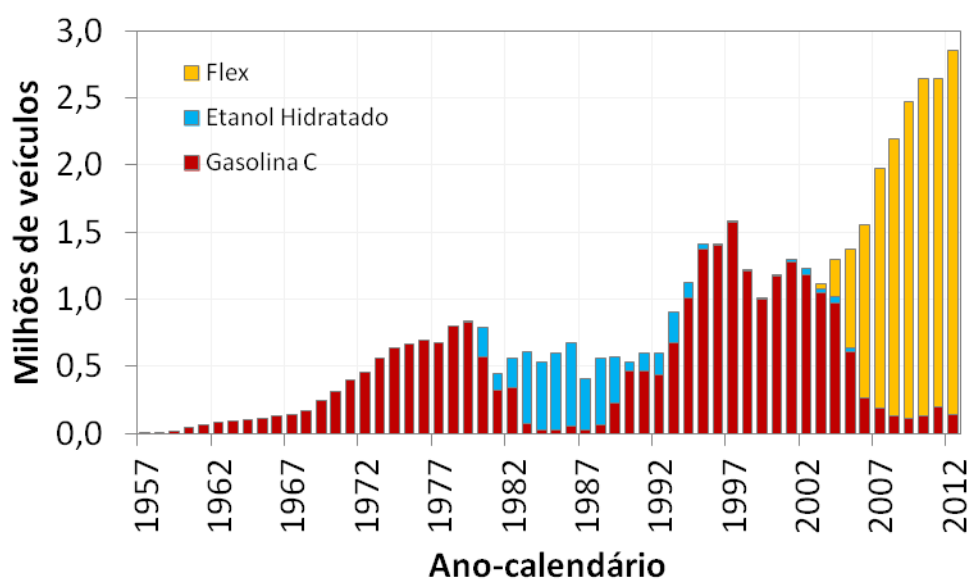


Gráfico 49: Evolução das vendas de comerciais leves novos no Brasil por tipo de motor

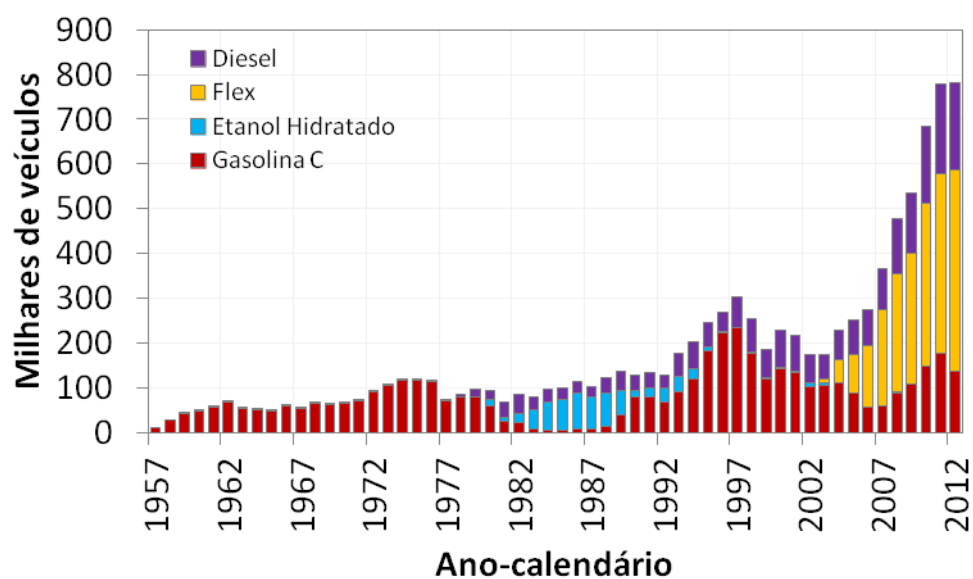


Gráfico 50: Evolução das vendas de caminhões e ônibus novos no Brasil

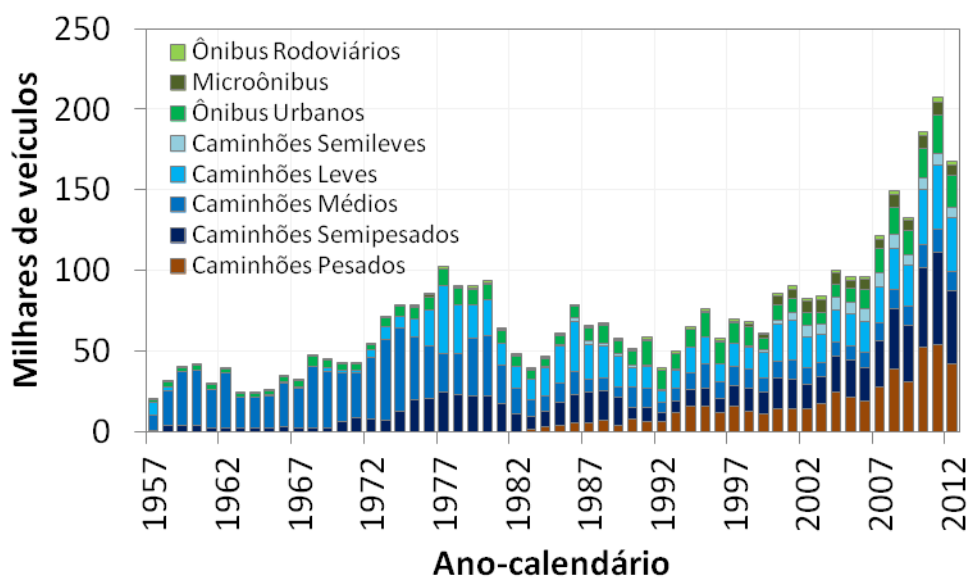


Gráfico 51: Evolução das vendas de motocicletas no Brasil por tipo de motor

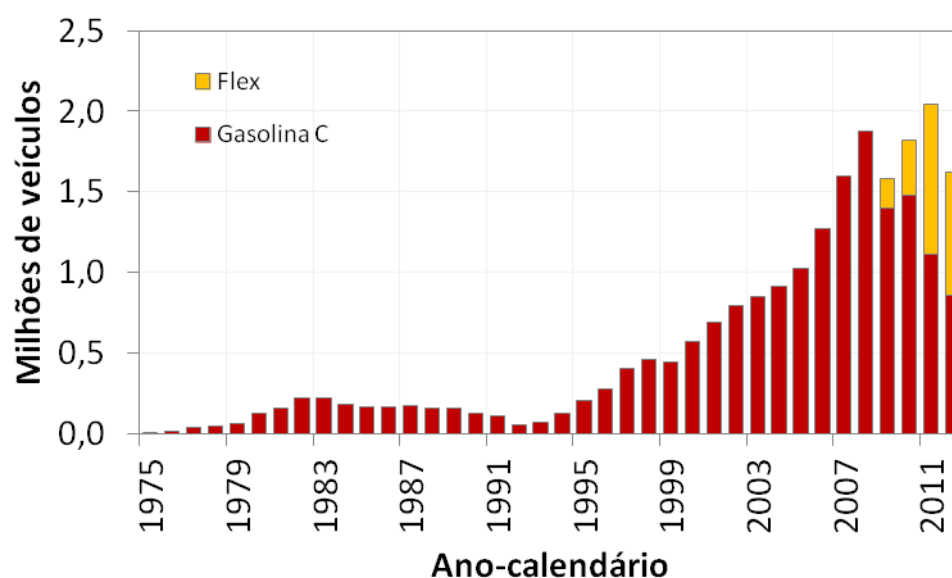


Tabela 30: Evolução das vendas de caminhões e ônibus novos no Brasil

Ano	Caminhões Semi-leves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semi-pesados	Caminhões Pesados	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários
1957	0	7.967	0	139	0	1.714	0	190
1958	0	2.048	5.227	4.038	0	3.000	0	333
1959	0	0	6.847	3.253	0	2.547	0	283
1960	0	0	5.733	4.009	0	3.080	0	342
1961	0	0	3.777	1.937	0	2.565	0	285
1962	0	0	5.716	1.687	0	2.874	0	319
1963	0	0	3.816	2.161	0	2.069	0	230
1964	0	0	3.733	1.749	0	2.298	0	255
1965	0	180	4.147	2.432	0	2.634	0	293
1966	0	554	6.882	2.898	0	3.248	0	361
1967	0	624	7.682	1.701	0	4.289	0	477
1968	0	0	13.268	1.790	0	6.296	0	700
1969	0	2.699	11.956	2.220	0	5.059	0	562
1970	0	1.477	13.499	6.124	0	3.690	0	410
1971	0	1.123	12.580	8.068	0	3.874	0	430
1972	0	4.190	18.378	7.873	0	3.785	0	421
1973	0	7.476	24.322	7.132	0	5.700	0	633
1974	0	7.558	22.258	12.232	0	6.363	0	707
1975	0	11.149	23.164	19.238	0	7.037	865	878
1976	0	21.721	24.278	20.763	0	8.693	1.182	1.097
1977	0	42.203	21.628	24.541	0	10.251	560	1.201
1978	0	30.998	24.690	22.685	0	9.963	710	1.186
1979	0	20.837	34.592	22.096	0	9.677	695	1.152
1980	0	22.466	36.888	21.996	0	9.667	712	1.153
1981	0	13.505	23.917	17.397	0	7.497	757	917
1982	0	13.765	15.698	10.754	0	6.688	550	804
1983	129	13.210	9.710	7.786	1.487	5.411	507	658
1984	550	17.404	10.026	9.671	2.537	4.930	455	598
1985	916	22.744	12.261	14.147	3.680	5.935	492	714

1986	2.380	31.088	13.757	18.109	4.901	7.200	439	849
1987	1.657	21.605	8.231	18.722	5.581	8.599	462	1.007
1988	1.417	20.399	7.693	18.722	6.538	11.018	653	1.297
1989	1.337	19.196	6.128	18.110	3.297	8.046	491	949
1990	1.517	12.612	12.449	7.039	7.569	8.718	364	1.009
1991	1.134	13.919	11.195	8.710	6.380	14.716	463	1.687
1992	337	7.620	5.733	5.646	6.258	11.946	389	1.371
1993	482	11.010	8.080	7.298	11.446	9.953	303	1.140
1994	355	15.482	10.574	10.374	15.541	11.025	310	1.260
1995	192	16.349	15.415	10.790	15.980	15.240	391	1.737
1996	72	11.547	10.033	8.979	11.504	13.521	445	1.552
1997	34	14.678	12.150	12.610	15.460	12.089	1.287	1.486
1998	197	13.856	11.941	14.095	12.680	12.223	1.962	1.576
1999	1.235	15.914	9.370	13.216	10.930	6.989	2.622	1.068
2000	2.940	22.634	10.720	19.088	13.710	9.017	5.778	1.644
2001	4.935	24.234	11.804	18.567	13.977	9.292	5.628	1.658
2002	7.304	19.427	9.907	15.276	13.972	8.032	7.079	1.679
2003	5.875	17.839	8.486	16.882	17.209	7.691	7.981	1.741
2004	7.577	20.137	8.642	22.364	24.285	8.227	7.057	1.698
2005	7.782	19.854	8.448	23.222	21.028	8.709	4.631	2.024
2006	7.795	19.329	9.538	20.416	19.180	12.109	5.759	1.899
2007	8.492	22.553	11.240	28.676	27.537	14.846	5.838	2.514
2008	8.981	25.385	11.888	37.321	38.774	17.028	7.782	2.200
2009	6.680	25.793	11.503	34.772	31.125	14.677	6.282	1.666
2010	7.310	34.333	14.173	49.980	51.898	18.127	7.839	2.456
2011	7.895	39.453	14.052	57.954	53.517	23.864	7.310	3.464
2012	6.522	33.343	11.852	45.881	41.549	20.159	5.769	2.881

Anexo C: 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 Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, MCT (2006).

Para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, as curvas adotadas são as utilizadas pelo Serviço de Planejamento da PETROBRAS, calibradas pelos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) (1988). A função de sucateamento resultante é uma função Gompertz e tem as seguintes características:

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

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;
- **b** = - 0,137 para automóveis; b = - 0,141 para veículos comerciais leves do ciclo Otto.

Para veículos do ciclo Diesel, as curvas de sucateamento foram calibradas a partir de dados de idade média e de frota total de 1997 fornecidos pelo DENATRAN. A função de sucateamento resultante é uma função logística renormalizada:

$$S(t) = \frac{1}{\left(1 + \exp(a(t - t_0))\right)} + \frac{1}{\left(1 + \exp(a(t + t_0))\right)}$$

Onde:

- **$S(t)$** é a fração de veículos remanescentes, ainda não sucateados, na idade t ;
- **t** é a idade do veículo em anos;
- **t_0** = 15,3 para veículos comerciais leves do ciclo Diesel; t_0 = 17,0 para caminhões; e t_0 = 19,1 para ônibus;
- **a** = 0,17 para veículos comerciais leves do ciclo Diesel; a = 0,10 para caminhões; e a = 0,16 para ônibus.

Anexo D: Tabelas de evolução da frota de veículos

Tabela 31: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Otto

Ano	Automóveis			Comerciais Leves			Motocicletas	
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel	Gasolina C	Flex Fuel
1980	6.893.796	228.071	0	1.131.996	15.031	0	262.540	0
1981	7.022.313	355.801	0	1.100.749	22.450	0	402.322	0
1982	7.148.259	565.554	0	1.062.166	42.932	0	593.820	0
1983	6.971.855	1.099.574	0	1.008.928	83.171	0	776.829	0
1984	6.726.584	1.595.534	0	950.375	143.874	0	909.549	0
1985	6.450.955	2.161.017	0	890.850	209.186	0	1.015.187	0
1986	6.181.887	2.760.338	0	835.168	283.734	0	1.118.191	0
1987	5.864.215	3.118.235	0	779.294	350.574	0	1.223.118	0
1988	5.574.172	3.568.533	0	729.064	418.488	0	1.302.791	0
1989	5.431.103	3.857.648	0	707.696	463.702	0	1.370.303	0
1990	5.524.879	3.854.691	0	728.606	464.442	0	1.401.070	0
1991	5.624.264	3.891.814	0	749.193	472.632	0	1.413.112	0
1992	5.690.093	3.944.838	0	761.476	486.903	0	1.365.754	0
1993	6.004.812	4.040.256	0	797.536	504.738	0	1.332.676	0
1994	6.657.213	4.008.473	0	865.822	505.771	0	1.351.962	0
1995	7.680.860	3.872.761	0	998.039	489.871	0	1.447.805	0
1996	8.731.681	3.695.241	0	1.169.279	465.525	0	1.611.610	0
1997	9.949.869	3.499.729	0	1.349.344	438.594	0	1.893.488	0
1998	10.803.320	3.294.798	0	1.472.257	410.690	0	2.213.339	0
1999	11.434.882	3.092.516	0	1.534.575	383.070	0	2.495.138	0
2000	12.211.559	2.887.047	0	1.615.750	354.922	0	2.892.160	0
2001	13.074.519	2.687.104	0	1.681.039	329.731	0	3.382.928	0
2002	13.806.723	2.522.469	0	1.710.939	310.399	0	3.943.729	0
2003	14.366.308	2.348.921	39.002	1.739.019	286.780	9.024	4.525.324	0
2004	14.805.615	2.199.508	316.991	1.766.187	262.156	58.264	5.132.912	0
2005	14.845.015	2.040.147	1.042.657	1.764.539	239.193	141.063	5.813.405	0
2006	14.492.867	1.861.606	2.329.582	1.726.868	216.469	275.645	6.691.496	0
2007	14.025.561	1.692.239	4.104.220	1.688.523	195.092	485.930	7.842.122	0
2008	13.462.424	1.533.926	6.143.193	1.676.760	175.277	743.087	9.195.036	0
2009	12.852.893	1.386.737	8.459.244	1.681.639	157.013	1.023.159	9.973.685	183.375
2010	12.237.195	1.250.515	10.898.645	1.724.554	140.263	1.370.153	10.781.616	509.376
2011	11.671.185	1.124.970	13.235.493	1.794.969	124.981	1.746.075	11.157.206	1.414.660
2012	11.033.837	1.009.697	15.788.512	1.824.306	111.098	2.159.859	11.246.213	2.097.165

Tabela 32: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel

Ano	Comerciais Leves	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodo-viários
1980	50.687	0	164.344	273.525	171.636	0	99.628	4.539	11.574
1981	84.098	0	172.947	288.385	183.601	0	104.269	5.222	12.166
1982	125.795	0	181.435	294.373	188.449	0	107.875	5.684	12.618
1983	151.126	129	188.981	293.936	190.025	1.487	109.983	6.090	12.897
1984	176.276	676	200.345	293.537	193.260	3.985	111.402	6.429	13.092
1985	197.627	1.574	216.559	295.091	200.695	7.560	113.623	6.790	13.379
1986	219.453	3.912	240.486	297.810	211.701	12.259	116.889	7.081	13.775
1987	236.754	5.465	254.078	294.641	222.828	17.510	121.319	7.378	14.300
1988	265.490	6.734	265.862	290.731	233.453	23.570	127.912	7.846	15.084
1989	300.619	7.886	275.874	285.080	242.968	26.216	131.247	8.128	15.486
1990	327.147	9.182	278.767	285.634	240.939	33.045	135.014	8.262	15.920
1991	350.865	10.053	282.608	284.672	240.403	38.482	144.531	8.474	17.001
1992	368.072	10.097	279.766	278.038	236.594	43.624	150.957	8.590	17.727
1993	405.705	10.274	280.105	273.709	234.318	53.783	155.110	8.598	18.190
1994	450.290	10.309	284.629	271.793	234.972	67.729	160.092	8.593	18.743
1995	486.667	10.169	289.633	274.595	235.829	81.696	169.036	8.649	19.743
1996	510.815	9.901	289.441	271.792	234.668	90.758	175.960	8.741	20.522
1997	560.672	9.591	292.130	271.047	236.995	103.458	181.181	9.655	21.204
1998	613.918	9.439	293.687	270.002	240.588	112.957	186.291	11.218	21.945
1999	650.802	10.319	297.032	266.323	243.062	120.355	185.927	13.403	22.148
2000	706.301	12.870	306.796	264.019	251.208	130.225	187.425	18.702	22.903
2001	756.715	17.337	317.705	262.809	258.496	139.980	189.011	23.765	23.642
2002	788.647	24.043	323.332	259.699	262.188	149.342	189.149	30.194	24.372
2003	808.931	29.129	327.043	255.232	267.281	161.551	188.779	37.419	25.133
2004	838.912	35.763	332.783	251.035	277.623	180.363	188.787	43.597	25.820
2005	878.037	42.404	337.933	246.765	288.461	195.262	189.116	47.233	26.802
2006	920.375	48.853	342.275	243.722	296.118	207.742	192.684	51.907	27.625
2007	969.544	55.795	349.588	242.496	311.743	228.061	198.786	56.545	29.027
2008	1.048.609	63.001	359.146	241.996	335.511	258.882	206.828	63.001	30.072
2009	1.134.423	67.669	368.953	240.999	355.881	281.029	212.259	67.793	30.543
2010	1.254.140	72.788	386.994	242.711	390.850	323.130	220.933	73.987	31.772
2011	1.398.200	78.296	409.559	244.367	432.735	365.489	235.090	79.463	33.965
2012	1.533.936	82.219	425.296	243.913	461.376	394.482	245.225	83.201	35.518

Anexo E: Teor de enxofre no diesel e emissões de material particulado (MP)

O teor de enxofre (S) no combustível tem uma influência significativa nas emissões de material particulado por motores do ciclo Diesel. Neste Inventário, tal efeito é calculado segundo a metodologia apresentada no *Worldwide Fuel Charter* (2006).

O enxofre do combustível é oxidado durante a combustão para formar dióxido de enxofre (SO₂), que é o composto sulfuroso primário emitido pelo motor. Por sua vez, parte do SO₂ formado pode ser ainda oxidada a sulfatos (SO₄). Sulfatos e água se aglutinam ao redor de núcleos de carbono do material particulado, aumentando a sua massa. Tipicamente, a taxa de conversão de enxofre a sulfatos é de cerca de 1%.

No entanto, a aplicação de sistemas de pós-tratamento de emissões contendo catalisadores de oxidação aumenta dramaticamente a taxa de conversão para até 100%, dependendo da eficiência do catalisador. A fim de evitar elevadas emissões de MP e danos aos sistemas de pós-tratamento, os veículos equipados com estes sistemas requerem o abastecimento com diesel de baixo teor de enxofre. As estimativas de emissão realizadas neste Inventário consideram que os veículos do ciclo Diesel da fase P7 do PROCONVE (que poderão ser equipados com sistemas de pós-tratamento), apenas fazem uso de diesel de baixo teor de enxofre.

A massa de sulfatos emitida pelo motor depende, então, de três parâmetros: o consumo de combustível do motor, o teor de enxofre no combustível e a taxa de conversão de enxofre a sulfatos. Tanto o teor de enxofre como o consumo de combustível são parâmetros mensuráveis, enquanto que a taxa de conversão pode apenas ser predita, uma vez que ela varia de motor para motor. A seguinte fórmula expressa o impacto do enxofre no diesel nas emissões de MP:

$$BSSO_4 = BSFC \times FSC \times PCSC \times 7$$

Onde:

- **$BSSO_4$** é a emissão específica de sulfatos (g_{sulfatos}/kWh);
- **$BSFC$** é o consumo específico (g_{diesel}/kWh);
- **FSC** é o teor de enxofre no diesel;
- **$PCSC$** é o percentual de conversão de enxofre para sulfatos (tipicamente 1%);
- **7** é o fator de aumento de peso pela adsorção de água de enxofre para (SO₄ + água).

Para os cálculos, foram utilizados (i) os valores médios de teor de enxofre no diesel de homologação, fornecidos pela CETESB, e (ii) a evolução ao longo do tempo do teor de enxofre médio do diesel comercial no país.

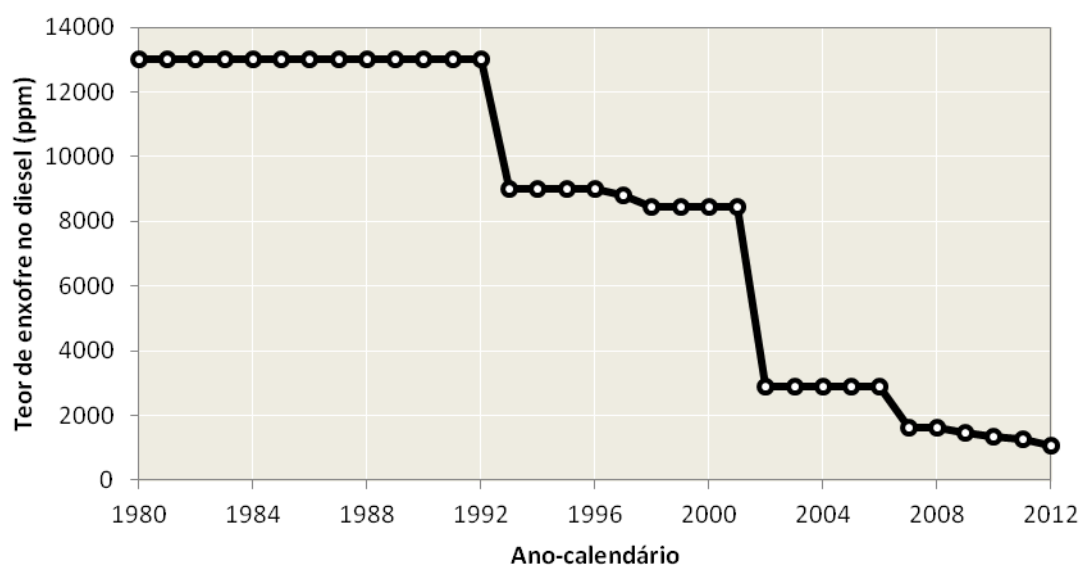
A Tabela 33 apresenta, para as diferentes fases do PROCONVE, os fatores médios de emissão de MP nos testes de homologação, os teores de enxofre médios no diesel utilizado nos testes de homologação e os valores calculados da porção do material particulado que independe do teor de enxofre no combustível (MP_{zero enxofre}).

Tabela 33: Teor de enxofre no diesel de homologação e fatores de emissão de MP por fase do PROCON-VE

MP / %S	Pré-PROCONVE, P1 e P2	P3	P4	P5
MP _{homologação}	0,660	0,318	0,120	0,078
%S _{homologação}	2.000	2.000	2.000	500
MP _{zero enxofre}	0,629	0,287	0,091	0,070

Os valores médios de teor de enxofre no diesel comercial em nível nacional foram estimados a partir do consumo relativo de diesel nos municípios, dados fornecidos pela ANP, e do estabelecimento de limites máximos de teor de enxofre no diesel por localidade. Por ausência de informações mais detalhadas, considerou-se o teor de enxofre no diesel comercial como o limite máximo permitido. O Gráfico 52 mostra os resultados desta estimativa.

Gráfico 52: Evolução do teor de enxofre médio do diesel comercial no Brasil⁵



⁵ Nesta média não se inclui o combustível consumido pelos veículos P7. Trata-se de um valor médio para calcular as emissões de MP_{sulfato} dos veículos Diesel P5 e anteriores.

Anexo F: Tabela de valores de intensidade de uso de referência

Tabela 34: Valores de intensidade de uso de referência adotados no Inventário, em km/ano

Anos de uso	Automóveis e Comerciais Leves Otto	Comerciais Leves Diesel	Motocicletas	Ônibus Urbanos e Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves e Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semi-pesados 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	-	66.152	46.265	65.746	79.202
27	3.800	10.000	2.000	-	64.154	45.560	63.955	77.713
28	3.200	10.000	2.000	-	62.156	44.856	62.164	76.225
29	2.600	10.000	2.000	-	60.159	44.152	60.373	74.736
30	2.000	10.000	2.000	-	58.161	43.447	58.582	73.248
31	2.000	10.000	2.000	-	56.163	42.743	56.791	71.759
32	2.000	10.000	2.000	-	54.166	42.038	55.000	70.270
33	2.000	10.000	2.000	-	52.168	41.334	53.209	68.782
34	2.000	10.000	2.000	-	50.170	40.630	51.418	67.293
35	2.000	10.000	2.000	-	48.172	39.925	49.628	65.805
36	2.000	10.000	2.000	-	46.175	39.221	47.837	64.316
37	2.000	10.000	2.000	-	44.177	38.516	46.046	62.828
38	2.000	10.000	2.000	-	42.179	37.812	44.255	61.339
39	2.000	10.000	2.000	-	40.181	37.107	42.464	59.851
40	2.000	10.000	2.000	-	38.184	36.403	40.673	58.362
41	2.000	10.000	2.000	-	36.186	35.699	38.882	56.873
42	2.000	10.000	2.000	-	34.188	34.994	37.091	55.385
43	2.000	10.000	2.000	-	32.190	34.290	35.300	53.896
44	2.000	10.000	2.000	-	30.193	33.585	33.509	52.408
45	2.000	10.000	2.000	-	28.195	32.881	31.719	50.919
46	2.000	10.000	2.000	-	26.197	32.177	29.928	49.431
47	2.000	10.000	2.000	-	24.200	31.472	28.137	47.942
48	2.000	10.000	2.000	-	22.202	30.768	26.346	46.454
49	2.000	10.000	2.000	-	20.204	30.063	24.555	44.965
50	2.000	10.000	2.000	-	18.206	29.359	22.764	43.477

Anexo G: Tabelas de evolução do consumo de combustível por categoria de veículos

Tabela 35: Evolução do consumo anual de gasolina A e GNV por categoria de veículos

Ano	Gasolina A (10 ³ m ³)						GNV (10 ⁶ m ³)
	Automóveis		Comerciais Leves		Motocicletas		
	Dedicados à Gasolina C	Flex Fuel	Dedicados à Gasolina C	Flex Fuel	Dedicadas à Gasolina C	Flex Fuel	
1980	9.862	-	1.520	-	48	-	-
1981	9.481	-	1.387	-	74	-	-
1982	9.049	-	1.254	-	105	-	-
1983	7.571	-	1.006	-	124	-	-
1984	6.789	-	879	-	143	-	-
1985	6.615	-	837	-	169	-	-
1986	7.449	-	921	-	225	-	-
1987	6.514	-	791	-	232	-	-
1988	6.304	-	755	-	261	-	3
1989	7.096	-	847	-	329	-	2
1990	8.077	-	983	-	393	-	2
1991	8.726	-	1.094	-	423	-	2
1992	8.681	-	1.114	-	405	-	-
1993	9.149	-	1.186	-	389	-	25
1994	10.071	-	1.292	-	376	-	46
1995	12.113	-	1.547	-	396	-	49
1996	14.164	-	1.859	-	434	-	36
1997	15.429	-	2.084	-	482	-	47
1998	16.168	-	2.208	-	547	-	132
1999	15.110	-	2.051	-	561	-	159
2000	14.602	-	1.949	-	598	-	313
2001	14.359	-	1.870	-	656	-	572
2002	13.726	-	1.718	-	701	-	980
2003	14.446	14	1.744	3	824	-	1.328
2004	14.900	-	1.762	-	950	-	1.580
2005	14.842	-	1.741	-	1.073	-	1.945
2006	15.398	197	1.813	24	1.321	-	2.307
2007	14.509	690	1.731	82	1.542	-	2.559
2008	13.781	1.374	1.714	165	1.847	-	2.453
2009	12.263	2.784	1.661	359	1.984	6	2.106
2010	11.788	6.035	1.807	876	2.217	37	2.008
2011	10.777	10.300	1.901	1.647	2.294	143	1.972
2012	10.447	14.094	2.092	2.405	2.426	295	1.942

Tabela 36: 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- cicletas
	Dedicados à Gasolina C	Flex Fuel	Dedicados à Gasolina C	Flex Fuel	Dedicados à Gasolina C	Flex Fuel	Dedicados a Etanol Hidratado	Flex Fuel	Dedicados a Etanol Hidratado	Flex Fuel	Flex Fuel
1980	1.944	-	300	-	10	-	401	-	28	-	-
1981	993	-	145	-	8	-	1.308	-	84	-	-
1982	1.757	-	244	-	20	-	1.563	-	111	-	-
1983	1.912	-	254	-	31	-	2.742	-	208	-	-
1984	1.809	-	234	-	38	-	4.220	-	355	-	-
1985	1.841	-	233	-	47	-	5.567	-	521	-	-
1986	2.116	-	262	-	64	-	7.635	-	762	-	-
1987	1.846	-	224	-	66	-	8.050	-	869	-	-
1988	1.693	-	203	-	70	-	8.750	-	1.010	-	-
1989	1.391	-	166	-	65	-	9.887	-	1.181	-	-
1990	1.041	-	127	-	51	-	9.109	-	1.103	-	-
1991	1.403	-	176	-	68	-	9.137	-	1.114	-	-
1992	1.895	-	243	-	88	-	8.352	-	1.035	-	-
1993	2.073	-	269	-	88	-	8.590	-	1.085	-	-
1994	2.682	-	344	-	100	-	8.649	-	1.111	-	-
1995	2.906	-	371	-	95	-	8.802	-	1.144	-	-
1996	3.489	-	458	-	107	-	8.657	-	1.128	-	-
1997	4.299	-	581	-	134	-	7.349	-	956	-	-
1998	4.560	-	623	-	154	-	6.831	-	886	-	-
1999	5.117	-	695	-	190	-	6.244	-	807	-	-
2000	4.858	-	648	-	199	-	4.823	-	620	-	-
2001	5.109	-	665	-	234	-	3.773	-	484	-	-
2002	6.164	-	772	-	315	-	3.846	-	498	-	-
2003	6.155	6	743	1	351	-	3.298	30	428	7	-
2004	6.304	-	745	-	402	-	3.627	629	460	119	-
2005	6.420	-	753	-	464	-	2.937	2.056	361	302	-
2006	4.270	55	503	7	366	-	2.303	4.017	279	496	-
2007	4.869	232	581	27	517	-	2.078	7.189	249	850	-
2008	4.829	481	601	58	647	-	1.852	11.247	220	1.348	-
2009	4.088	928	554	120	661	2	1.500	13.142	176	1.624	29
2010	3.676	1.882	563	273	691	11	1.308	12.921	152	1.702	80
2011	3.359	3.211	593	513	715	44	1.095	9.487	126	1.374	134
2012	2.552	3.444	511	588	593	72	927	8.702	105	1.379	186

Tabela 37: Evolução do consumo anual de diesel de petróleo por categoria de veículos (10³ m³)

Ano	Diesel de Petróleo								
	Comerciais Leves	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados
1980	71	2.420	78	332	-	1.497	4.396	4.509	-
1981	108	2.311	81	321	-	1.474	4.329	4.461	-
1982	165	2.312	86	326	-	1.509	4.362	4.548	-
1983	205	2.198	86	316	0	1.484	4.122	4.345	19
1984	247	2.228	91	326	2	1.589	4.163	4.468	70
1985	283	2.245	95	335	6	1.722	4.186	4.634	150
1986	352	2.540	108	384	17	2.120	4.694	5.434	288
1987	387	2.636	112	401	29	2.322	4.707	5.794	437
1988	417	2.719	113	414	37	2.401	4.534	5.991	592
1989	479	2.880	119	440	45	2.550	4.506	6.386	729
1990	524	2.908	118	447	52	2.576	4.387	6.396	858
1991	577	3.151	120	482	59	2.661	4.464	6.477	1.059
1992	611	3.386	120	514	62	2.668	4.392	6.415	1.220
1993	669	3.571	120	542	64	2.694	4.348	6.413	1.476
1994	758	3.749	118	570	65	2.771	4.368	6.506	1.889
1995	852	4.047	119	612	66	2.889	4.485	6.683	2.390
1996	919	4.346	119	653	65	2.952	4.546	6.762	2.797
1997	1.023	4.668	134	704	65	3.066	4.668	7.014	3.262
1998	1.158	4.934	166	724	65	3.173	4.780	7.312	3.733
1999	1.247	4.940	211	696	68	3.196	4.723	7.408	4.010
2000	1.359	4.951	307	700	82	3.321	4.726	7.707	4.358
2001	1.462	4.919	432	715	108	3.434	4.673	7.956	4.673
2002	1.562	4.944	577	749	153	3.579	4.690	8.256	5.058
2003	1.518	4.598	700	738	188	3.432	4.353	7.946	5.127
2004	1.614	4.692	874	794	239	3.607	4.416	8.505	5.846
2005	1.611	4.455	932	795	277	3.520	4.151	8.524	6.164
2006	1.654	4.407	985	815	317	3.504	4.004	8.669	6.477
2007	1.746	4.581	1.068	863	365	3.581	3.986	9.097	7.030
2008	1.851	4.775	1.154	901	410	3.635	3.937	9.665	7.792
2009	1.768	4.593	1.147	854	413	3.441	3.616	9.563	7.950
2010	1.816	4.896	1.251	900	451	3.654	3.707	10.620	9.088
2011	1.845	5.335	1.352	973	489	3.914	3.799	11.971	10.510
2012	1.662	5.377	1.320	977	485	3.865	3.583	12.243	10.854

Tabela 38: Evolução do consumo anual de biodiesel por categoria de veículos (10³ m³)

Ano	Biodiesel								
	Comerciais Leves	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	4	10	2	2	1	8	9	19	14
2007	21	56	13	11	4	44	49	111	86
2008	47	120	29	23	10	91	99	243	196
2009	64	165	41	31	15	124	130	344	286
2010	90	244	62	45	22	182	184	529	452
2011	92	267	68	49	24	196	190	599	526
2012	83	269	66	49	24	194	179	613	543

Anexo H: Tabelas de emissões por categoria de veículos e tipo de combustível

Tabela 39: Emissões de CO por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis				Comerciais Leves Otto				Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Etanol hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Flex Fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	3.902.671	52.155	-	-	613.093	3.601	-	-	42.689	-	-
1981	3.468.582	175.167	-	-	516.972	11.239	-	-	59.971	-	-
1982	3.592.795	211.496	-	-	507.177	14.989	-	-	92.529	-	-
1983	3.169.134	384.024	-	-	428.176	29.045	-	-	114.048	-	-
1984	2.894.785	609.683	-	-	380.283	51.048	-	-	133.730	-	-
1985	2.867.894	822.476	-	-	366.906	76.715	-	-	159.119	-	-
1986	3.267.172	1.145.406	-	-	407.226	113.762	-	-	212.489	-	-
1987	2.870.217	1.217.761	-	-	349.672	130.144	-	-	218.863	-	-
1988	2.754.945	1.319.858	-	-	329.033	149.868	-	-	243.645	-	-
1989	2.895.072	1.478.613	-	-	340.920	172.875	-	-	289.911	-	-
1990	2.993.119	1.364.272	-	-	352.287	161.482	-	-	326.810	-	-
1991	3.134.872	1.369.767	-	-	371.817	162.825	-	-	361.877	-	-
1992	3.028.294	1.225.794	-	-	361.025	146.275	-	-	362.903	-	-
1993	2.867.035	1.209.311	-	-	342.209	144.737	-	-	351.612	-	-
1994	2.754.477	1.169.810	-	-	328.493	140.432	-	-	350.304	-	-
1995	2.613.134	1.164.429	-	-	312.277	139.890	-	-	361.469	-	-
1996	2.495.936	1.132.722	-	-	302.160	135.716	-	-	398.767	-	-
1997	2.267.623	952.320	-	-	277.919	113.542	-	-	454.176	-	-
1998	1.962.929	876.409	-	-	241.614	103.946	-	-	515.962	-	-
1999	1.643.203	790.494	-	-	202.600	93.254	-	-	552.797	-	-
2000	1.366.052	599.995	-	-	168.372	70.393	-	-	586.726	-	-
2001	1.172.786	459.199	-	-	144.278	53.594	-	-	655.323	-	-
2002	1.027.374	450.443	-	-	125.788	52.348	-	-	748.360	-	-
2003	923.813	367.326	111	111	112.414	42.518	26	26	786.607	-	-
2004	838.630	382.415	-	2.358	101.450	44.038	-	449	771.275	-	-
2005	757.795	291.595	-	7.551	91.196	33.390	-	1.144	743.801	-	-
2006	650.399	218.115	1.456	15.753	77.963	24.870	178	1.981	668.742	-	-
2007	606.492	189.650	5.954	30.345	72.520	21.557	699	3.616	656.235	-	-
2008	555.648	162.441	12.983	53.878	66.514	18.418	1.546	6.499	632.508	-	-
2009	467.881	126.040	26.064	67.895	56.273	14.266	3.039	8.095	553.789	259	467
2010	425.781	104.906	54.365	69.063	51.733	11.864	6.167	8.220	515.214	1.551	1.299
2011	373.901	83.516	92.956	52.598	46.484	9.431	10.683	6.757	457.956	6.047	2.374
2012	330.765	66.899	121.832	49.688	42.457	7.542	14.462	7.107	406.768	11.846	3.723

Tabela 40: Emissões de CO por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel									GNV
	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	496	16.807	541	2.305	-	10.394	30.528	31.313	-	-
1981	748	16.049	560	2.229	-	10.237	30.059	30.974	-	-
1982	1.148	16.057	599	2.267	-	10.475	30.290	31.582	-	-
1983	1.427	15.260	596	2.193	2	10.306	28.626	30.169	131	-
1984	1.713	15.470	630	2.267	15	11.034	28.906	31.026	489	-
1985	1.967	15.588	657	2.325	42	11.956	29.069	32.176	1.040	-
1986	2.444	17.641	753	2.665	116	14.722	32.596	37.732	1.998	-
1987	2.685	18.303	774	2.785	200	16.124	32.682	40.234	3.032	-
1988	2.896	18.879	787	2.876	255	16.670	31.482	41.604	4.113	20
1989	3.328	20.002	827	3.057	311	17.706	31.291	44.343	5.065	13
1990	3.642	20.193	818	3.106	358	17.889	30.461	44.411	5.961	13
1991	4.007	21.880	833	3.347	412	18.475	30.998	44.974	7.356	13
1992	4.246	23.512	833	3.569	432	18.529	30.501	44.545	8.471	-
1993	4.645	24.796	830	3.765	442	18.710	30.196	44.535	10.252	168
1994	5.263	26.031	823	3.959	454	19.242	30.329	45.180	13.119	309
1995	5.917	28.102	827	4.252	460	20.062	31.141	46.406	16.596	329
1996	6.387	30.225	833	4.543	454	20.511	31.588	46.984	19.461	242
1997	7.134	32.560	935	4.903	454	21.333	32.477	48.803	22.771	316
1998	8.100	34.491	1.177	5.047	452	22.109	33.307	50.957	26.134	887
1999	8.743	34.594	1.510	4.854	470	22.297	32.953	51.706	28.124	1.068
2000	9.501	34.581	2.153	4.871	563	23.105	32.919	53.633	30.441	2.103
2001	10.152	34.142	2.945	4.946	733	23.737	32.411	54.996	32.352	3.844
2002	10.542	33.569	3.578	5.036	932	24.215	32.026	55.864	33.939	6.586
2003	9.794	30.082	3.804	4.723	1.009	22.441	28.987	51.793	32.537	8.924
2004	9.970	29.541	4.333	4.853	1.178	22.807	28.710	53.086	34.788	10.618
2005	9.469	26.912	4.357	4.634	1.273	21.500	26.332	50.754	34.542	13.068
2006	9.252	25.349	4.414	4.539	1.385	20.734	24.773	49.545	34.674	15.500
2007	9.357	25.023	4.640	4.613	1.541	20.666	24.138	50.174	36.176	17.196
2008	9.487	24.735	4.877	4.646	1.687	20.451	23.327	51.157	38.315	16.482
2009	9.103	22.806	4.771	4.241	1.694	18.903	20.881	48.665	37.505	14.153
2010	10.033	23.735	5.227	4.264	1.877	19.520	20.809	52.034	40.448	13.491
2011	10.700	24.701	5.571	4.273	2.044	19.859	20.414	55.895	43.223	13.252
2012	9.873	22.928	5.206	3.938	1.961	18.364	18.266	53.767	41.155	13.049

Tabela 41: 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	Flex Fuel		Gasolina C	Etanol hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Flex Fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	147.099	2.850	-	-	22.669	196	-	-	217	-	-
1981	130.505	9.289	-	-	19.097	594	-	-	304	-	-
1982	134.648	11.096	-	-	18.664	789	-	-	470	-	-
1983	118.212	20.156	-	-	15.701	1.529	-	-	579	-	-
1984	107.333	33.436	-	-	13.902	2.881	-	-	679	-	-
1985	105.723	47.519	-	-	13.382	4.600	-	-	808	-	-
1986	120.062	73.287	-	-	14.885	7.665	-	-	1.079	-	-
1987	105.461	85.430	-	-	12.891	9.843	-	-	1.111	-	-
1988	101.523	96.533	-	-	12.308	11.925	-	-	1.237	-	-
1989	109.452	109.316	-	-	13.334	13.828	-	-	1.472	-	-
1990	120.780	100.269	-	-	15.155	12.785	-	-	1.659	-	-
1991	137.627	100.407	-	-	17.865	12.834	-	-	1.837	-	-
1992	141.463	90.088	-	-	18.684	11.553	-	-	1.842	-	-
1993	142.638	89.575	-	-	18.888	11.518	-	-	1.785	-	-
1994	150.022	87.672	-	-	19.688	11.309	-	-	1.778	-	-
1995	157.863	87.908	-	-	20.565	11.358	-	-	1.835	-	-
1996	166.767	85.907	-	-	21.990	11.066	-	-	2.024	-	-
1997	166.173	72.610	-	-	22.226	9.299	-	-	2.305	-	-
1998	156.229	67.183	-	-	20.974	8.550	-	-	2.619	-	-
1999	140.342	60.977	-	-	18.772	7.711	-	-	2.806	-	-
2000	125.002	46.613	-	-	16.569	5.857	-	-	2.978	-	-
2001	114.501	35.938	-	-	14.996	4.488	-	-	3.327	-	-
2002	106.221	35.513	-	-	13.679	4.413	-	-	3.799	-	-
2003	100.695	29.185	9	31	12.740	3.609	2	7	4.674	-	-
2004	95.841	30.624	-	664	11.944	3.762	-	124	6.024	-	-
2005	90.135	23.539	-	1.920	11.098	2.871	-	291	7.439	-	-
2006	79.967	17.749	160	3.151	9.755	2.152	20	409	8.706	-	-
2007	76.636	15.559	644	5.079	9.288	1.878	76	622	11.219	-	-
2008	71.811	13.443	1.336	7.240	8.671	1.616	159	881	13.521	-	-
2009	61.533	10.529	2.613	7.494	7.425	1.261	313	911	13.730	17	56
2010	56.745	8.855	5.532	6.901	6.868	1.057	689	847	14.164	103	157
2011	50.323	7.123	9.634	4.952	6.146	848	1.255	609	13.786	441	245
2012	44.831	5.768	12.822	4.441	5.550	684	1.745	577	13.307	831	305

Tabela 42: Emissões de NO_x por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel									GNV
	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	2.853	96.684	3.110	13.260	-	59.795	175.617	180.131	-	-
1981	4.303	92.322	3.219	12.825	-	58.889	172.921	178.183	-	-
1982	6.604	92.374	3.443	13.040	-	60.262	174.248	181.680	-	-
1983	8.208	87.789	3.426	12.614	14	59.286	164.674	173.553	756	-
1984	9.854	88.993	3.625	13.040	86	63.477	166.286	178.484	2.811	-
1985	11.317	89.671	3.778	13.374	244	68.778	167.228	185.098	5.984	-
1986	14.059	101.482	4.333	15.331	668	84.689	187.513	217.058	11.497	-
1987	15.444	105.292	4.455	16.021	1.149	92.757	188.012	231.453	17.439	-
1988	16.660	108.602	4.529	16.543	1.466	95.898	181.109	239.332	23.661	10
1989	19.144	115.062	4.759	17.588	1.789	101.855	180.005	255.093	29.137	7
1990	20.949	116.161	4.706	17.868	2.062	102.911	175.232	255.482	34.293	7
1991	23.052	125.871	4.793	19.256	2.372	106.282	178.320	258.722	42.316	7
1992	24.424	135.258	4.793	20.530	2.485	106.589	175.461	256.254	48.733	-
1993	26.722	142.643	4.776	21.660	2.544	107.634	173.706	256.197	58.978	87
1994	30.277	149.751	4.737	22.777	2.611	110.695	174.476	259.904	75.467	160
1995	34.040	161.661	4.758	24.458	2.648	115.408	179.147	266.961	95.469	171
1996	36.741	173.875	4.790	26.134	2.615	117.994	181.714	270.285	111.951	125
1997	41.039	187.308	5.381	28.203	2.609	122.724	186.830	280.750	130.996	164
1998	46.596	198.416	6.770	29.033	2.601	127.183	191.607	293.138	150.338	459
1999	50.298	199.006	8.686	27.926	2.706	128.266	189.570	297.450	161.788	553
2000	53.782	196.727	11.539	27.707	3.112	131.304	187.940	304.535	172.250	1.089
2001	55.885	189.949	14.515	27.520	3.754	131.725	182.128	304.810	177.674	1.991
2002	57.768	185.628	17.944	27.929	4.850	133.546	179.118	307.785	185.516	3.410
2003	54.414	168.024	20.476	26.570	5.589	125.009	163.189	288.536	181.186	4.621
2004	55.928	166.245	24.257	27.581	6.736	127.969	162.350	298.495	196.744	5.498
2005	53.509	152.240	24.764	26.506	7.411	121.219	149.322	287.358	197.317	6.767
2006	52.695	144.358	25.393	26.135	8.171	117.442	140.909	282.274	199.639	8.027
2007	53.733	143.751	27.008	26.748	9.183	117.626	137.807	287.792	210.005	8.905
2008	55.005	143.533	28.721	27.133	10.147	117.054	133.745	295.944	224.698	8.535
2009	51.539	131.867	27.939	25.069	10.045	108.017	120.084	282.078	220.878	7.329
2010	53.109	134.212	29.783	25.677	10.764	111.256	119.998	300.646	242.124	6.986
2011	53.735	137.254	31.165	26.397	11.303	113.562	118.035	318.881	263.845	6.863
2012	48.846	126.494	28.969	24.742	10.687	105.283	106.153	303.223	254.086	6.757

Tabela 43: Emissões de MP de escapamento por veículos movidos à gasolina C (t/ano)

Ano	Automóveis		Comerciais Leves Otto		Motocicletas	
	Dedicados	Flex Fuel	Dedicados	Flex Fuel	Dedicadas	Flex Fuel
1980	252	-	39	-	62	-
1981	224	-	33	-	87	-
1982	231	-	32	-	135	-
1983	203	-	27	-	166	-
1984	184	-	24	-	195	-
1985	181	-	23	-	232	-
1986	205	-	25	-	310	-
1987	179	-	22	-	319	-
1988	172	-	21	-	355	-
1989	184	-	22	-	422	-
1990	202	-	25	-	476	-
1991	232	-	30	-	527	-
1992	248	-	33	-	529	-
1993	269	-	36	-	512	-
1994	310	-	41	-	510	-
1995	366	-	48	-	527	-
1996	435	-	58	-	581	-
1997	465	-	63	-	662	-
1998	453	-	62	-	752	-
1999	420	-	57	-	805	-
2000	387	-	52	-	855	-
2001	370	-	49	-	955	-
2002	362	-	46	-	1.090	-
2003	359	0	44	0	1.182	-
2004	357	-	43	-	1.219	-
2005	349	-	42	-	1.195	-
2006	316	3	38	0	1.071	-
2007	307	12	37	1	1.059	-
2008	291	24	36	3	1.044	-
2009	252	47	33	6	944	1
2010	235	102	33	13	915	7
2011	212	175	33	23	852	28
2012	192	229	33	31	789	55

Tabela 44: Emissões de MP de escapamento por veículos do ciclo Diesel (t/ano)

Ano	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados
1980	222	7.529	242	1.033	-	4.656	13.676	14.028	-
1981	335	7.190	251	999	-	4.586	13.466	13.876	-
1982	514	7.193	268	1.015	-	4.693	13.569	14.148	-
1983	639	6.836	267	982	1	4.617	12.824	13.515	59
1984	767	6.930	282	1.015	7	4.943	12.949	13.899	219
1985	881	6.983	294	1.042	19	5.356	13.023	14.414	466
1986	1.095	7.903	337	1.194	52	6.595	14.602	16.903	895
1987	1.203	8.199	347	1.248	89	7.223	14.641	18.024	1.358
1988	1.297	8.457	353	1.288	114	7.468	14.104	18.638	1.843
1989	1.491	8.960	371	1.370	139	7.932	14.018	19.865	2.269
1990	1.631	9.046	367	1.391	161	8.014	13.646	19.895	2.671
1991	1.795	9.802	373	1.500	185	8.277	13.886	20.148	3.295
1992	1.902	10.533	373	1.599	193	8.300	13.664	19.955	3.795
1993	1.924	10.268	344	1.559	183	7.748	12.504	18.443	4.246
1994	2.180	10.780	341	1.640	188	7.968	12.560	18.709	5.433
1995	2.450	11.637	342	1.761	191	8.308	12.896	19.217	6.872
1996	2.644	12.514	345	1.881	188	8.493	13.080	19.455	8.057
1997	2.942	13.426	386	2.022	187	8.800	13.396	20.130	9.388
1998	3.314	14.113	481	2.066	185	9.050	13.634	20.859	10.691
1999	3.576	14.152	616	1.987	193	9.126	13.487	21.161	11.502
2000	3.807	13.946	802	1.965	219	9.311	13.343	21.588	12.191
2001	3.924	13.384	984	1.940	258	9.280	12.875	21.464	12.472
2002	3.463	11.257	940	1.685	256	8.092	10.987	18.639	11.081
2003	3.133	9.859	927	1.534	257	7.351	9.797	16.905	10.290
2004	3.095	9.428	996	1.526	279	7.306	9.551	16.833	10.532
2005	2.836	8.330	964	1.405	282	6.722	8.612	15.560	9.991
2006	2.672	7.574	947	1.329	293	6.340	7.963	14.747	9.689
2007	2.475	6.819	884	1.238	287	5.909	7.311	13.802	9.233
2008	2.389	6.368	893	1.194	302	5.679	6.890	13.467	9.287
2009	2.154	5.449	821	1.050	285	5.034	5.984	12.106	8.549
2010	2.217	5.167	833	1.022	295	4.966	5.776	12.170	8.706
2011	2.265	4.865	831	984	303	4.825	5.475	12.139	8.768
2012	2.056	4.122	733	862	277	4.276	4.749	10.903	7.924

Tabela 45: 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	Flex Fuel		Gasolina C	Etanol hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Flex Fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	2.490	61	-	-	384	4	-	-	83	-	-
1981	2.209	198	-	-	323	13	-	-	116	-	-
1982	2.279	236	-	-	316	17	-	-	179	-	-
1983	2.001	429	-	-	266	33	-	-	221	-	-
1984	1.816	685	-	-	235	58	-	-	259	-	-
1985	1.788	930	-	-	226	88	-	-	308	-	-
1986	2.025	1.302	-	-	251	132	-	-	411	-	-
1987	1.772	1.388	-	-	216	152	-	-	423	-	-
1988	1.699	1.522	-	-	204	178	-	-	471	-	-
1989	1.819	1.732	-	-	219	210	-	-	561	-	-
1990	1.999	1.602	-	-	248	197	-	-	632	-	-
1991	2.292	1.610	-	-	295	199	-	-	700	-	-
1992	2.453	1.473	-	-	324	185	-	-	702	-	-
1993	2.659	1.517	-	-	354	194	-	-	680	-	-
1994	3.060	1.528	-	-	401	198	-	-	677	-	-
1995	3.613	1.552	-	-	469	203	-	-	699	-	-
1996	4.295	1.526	-	-	572	200	-	-	771	-	-
1997	4.853	1.296	-	-	663	169	-	-	878	-	-
1998	5.138	1.205	-	-	708	157	-	-	998	-	-
1999	5.063	1.102	-	-	693	143	-	-	1.069	-	-
2000	4.910	851	-	-	659	110	-	-	1.135	-	-
2001	4.953	665	-	-	648	85	-	-	1.267	-	-
2002	5.071	675	-	-	637	87	-	-	1.447	-	-
2003	5.242	576	5	4	635	75	1	1	1.595	-	-
2004	5.397	633	-	97	640	80	-	18	1.694	-	-
2005	5.416	513	-	328	637	63	-	48	1.735	-	-
2006	5.011	402	64	655	591	48	8	80	1.664	-	-
2007	4.939	362	239	1.183	590	43	28	139	1.782	-	-
2008	4.739	323	483	1.836	587	38	58	219	1.918	-	-
2009	4.156	261	965	2.139	549	30	116	258	1.870	4	8
2010	3.923	227	2.070	2.133	570	26	256	264	1.934	27	21
2011	3.582	190	3.567	1.595	586	22	462	207	1.903	103	35
2012	3.292	161	4.662	1.485	605	18	631	201	1.842	203	50

Tabela 46: Emissões de MP, combustão e desgaste, por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel									GNV
	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	236	8.069	271	1.130	-	4.898	16.045	15.536	-	-
1981	357	7.705	281	1.093	-	4.824	15.799	15.368	-	-
1982	547	7.709	300	1.111	-	4.937	15.920	15.669	-	-
1983	680	7.326	299	1.075	1	4.857	15.045	14.968	65	-
1984	817	7.427	316	1.111	7	5.200	15.193	15.394	242	-
1985	938	7.484	330	1.140	21	5.634	15.279	15.964	516	-
1986	1.165	8.469	378	1.307	56	6.938	17.132	18.721	992	-
1987	1.280	8.787	389	1.366	97	7.599	17.178	19.962	1.504	-
1988	1.381	9.064	395	1.410	124	7.856	16.547	20.642	2.041	1
1989	1.587	9.603	415	1.499	151	8.344	16.446	22.001	2.513	1
1990	1.736	9.694	410	1.523	174	8.431	16.010	22.035	2.958	1
1991	1.911	10.505	418	1.641	200	8.707	16.292	22.314	3.650	1
1992	2.024	11.288	418	1.750	210	8.732	16.031	22.101	4.203	-
1993	2.058	11.065	388	1.719	200	8.184	14.848	20.588	4.739	6
1994	2.331	11.616	385	1.807	205	8.416	14.914	20.886	6.064	12
1995	2.621	12.540	387	1.941	208	8.775	15.313	21.453	7.672	13
1996	2.828	13.483	389	2.073	206	8.970	15.530	21.717	8.992	9
1997	3.146	14.467	435	2.229	204	9.295	15.911	22.476	10.479	12
1998	3.546	15.213	543	2.286	202	9.563	16.210	23.305	11.940	34
1999	3.826	15.253	694	2.212	210	9.642	16.033	23.639	12.844	41
2000	4.079	15.050	917	2.199	241	9.848	15.890	24.165	13.649	80
2001	4.217	14.481	1.145	2.181	287	9.835	15.393	24.125	14.035	146
2002	3.775	12.360	1.156	1.938	297	8.671	13.515	21.400	12.773	250
2003	3.437	10.884	1.188	1.780	307	7.905	12.143	19.562	12.005	339
2004	3.418	10.474	1.323	1.789	342	7.889	11.931	19.678	12.487	404
2005	3.158	9.323	1.312	1.667	355	7.291	10.849	18.411	12.053	497
2006	3.004	8.559	1.315	1.596	377	6.907	10.126	17.653	11.860	590
2007	2.829	7.853	1.288	1.520	385	6.495	9.485	16.882	11.613	654
2008	2.768	7.459	1.334	1.490	414	6.281	9.065	16.781	11.959	627
2009	2.538	6.510	1.264	1.331	399	5.610	8.003	15.420	11.304	538
2010	2.654	6.313	1.323	1.321	420	5.586	7.873	15.899	11.897	513
2011	2.759	6.114	1.361	1.305	439	5.490	7.624	16.344	12.460	504
2012	2.572	5.381	1.250	1.182	412	4.932	6.779	15.214	11.746	496

Tabela 47: Emissões de RCHO por categoria de veículos e tipo de combustível (t/ano)

Ano	Automóveis				Comerciais Leves Otto				GNV
	Gasolina C	Etanol Hidrata- do	Flex Fuel		Gasolina C	Etanol hidrata- do	Flex Fuel		
			Gasolina C	Etanol Hidrata- do			Gasolina C	Etanol Hidrata- do	
1980	5.913	464	-	-	929	32	-	-	-
1981	5.255	1.557	-	-	783	100	-	-	-
1982	5.444	1.880	-	-	768	133	-	-	-
1983	4.802	3.414	-	-	649	258	-	-	-
1984	4.388	5.611	-	-	576	477	-	-	-
1985	4.350	7.903	-	-	557	753	-	-	-
1986	4.961	10.781	-	-	619	1.080	-	-	-
1987	4.364	10.961	-	-	533	1.159	-	-	-
1988	4.199	11.657	-	-	504	1.298	-	-	0
1989	4.466	12.988	-	-	531	1.490	-	-	0
1990	4.785	11.973	-	-	578	1.392	-	-	0
1991	5.304	12.074	-	-	659	1.413	-	-	0
1992	5.341	10.846	-	-	675	1.278	-	-	-
1993	5.260	10.695	-	-	668	1.265	-	-	1
1994	5.635	10.345	-	-	713	1.228	-	-	2
1995	6.135	10.296	-	-	775	1.224	-	-	2
1996	6.512	10.018	-	-	838	1.189	-	-	2
1997	6.359	8.424	-	-	831	996	-	-	2
1998	5.779	7.755	-	-	757	912	-	-	6
1999	5.033	6.997	-	-	657	819	-	-	7
2000	4.348	5.314	-	-	564	619	-	-	14
2001	3.890	4.070	-	-	500	472	-	-	26
2002	3.559	4.002	-	-	451	463	-	-	45
2003	3.334	3.275	1	4	416	378	0	1	61
2004	3.147	3.425	-	72	387	393	-	14	72
2005	2.942	2.625	-	233	358	299	-	35	89
2006	2.587	1.972	9	464	312	224	1	58	105
2007	2.449	1.721	35	846	294	194	4	100	117
2008	2.270	1.480	67	1.354	271	167	8	163	112
2009	1.927	1.154	125	1.562	231	130	14	189	96
2010	1.763	965	252	1.484	213	108	28	178	92
2011	1.553	773	408	1.066	193	87	48	130	90
2012	1.375	624	509	960	177	70	67	124	89

Tabela 48: Emissões de NMHC por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis				Comerciais Leves Otto				Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Etanol hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Flex Fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	677.751	8.409	-	-	105.463	578	-	-	4.789	-	-
1981	603.392	27.495	-	-	89.146	1.761	-	-	6.728	-	-
1982	623.463	33.125	-	-	87.250	2.354	-	-	10.380	-	-
1983	549.755	60.214	-	-	73.722	4.561	-	-	12.794	-	-
1984	501.076	96.272	-	-	65.444	8.138	-	-	15.002	-	-
1985	494.263	131.226	-	-	62.972	12.388	-	-	17.850	-	-
1986	559.246	184.428	-	-	69.557	18.570	-	-	23.838	-	-
1987	491.127	197.755	-	-	59.906	21.513	-	-	24.553	-	-
1988	471.051	218.428	-	-	56.564	25.409	-	-	27.333	-	-
1989	499.501	250.235	-	-	59.658	30.127	-	-	32.523	-	-
1990	515.628	231.730	-	-	61.676	28.240	-	-	36.662	-	-
1991	528.681	230.355	-	-	63.220	28.094	-	-	40.596	-	-
1992	502.714	205.124	-	-	60.067	25.044	-	-	40.711	-	-
1993	467.517	201.741	-	-	55.693	24.654	-	-	39.445	-	-
1994	436.229	194.606	-	-	51.777	23.791	-	-	39.298	-	-
1995	401.266	193.163	-	-	47.614	23.574	-	-	40.551	-	-
1996	372.215	187.766	-	-	44.526	22.817	-	-	44.735	-	-
1997	331.925	158.203	-	-	40.091	19.109	-	-	50.951	-	-
1998	285.784	145.733	-	-	34.709	17.494	-	-	57.882	-	-
1999	238.174	131.623	-	-	28.995	15.702	-	-	62.014	-	-
2000	197.431	100.323	-	-	24.039	11.889	-	-	65.821	-	-
2001	169.441	77.134	-	-	20.590	9.086	-	-	73.516	-	-
2002	148.833	75.662	-	-	17.968	8.875	-	-	83.953	-	-
2003	134.427	61.951	22	40	16.098	7.236	5	12	88.731	-	-
2004	122.859	64.430	-	857	14.622	7.479	-	206	87.599	-	-
2005	111.773	49.404	-	2.672	13.260	5.693	-	542	85.270	-	-
2006	96.307	37.180	425	4.964	11.420	4.261	50	890	77.574	-	-
2007	89.580	32.390	1.722	8.655	10.645	3.697	183	1.501	77.133	-	-
2008	81.886	27.808	3.473	12.308	9.800	3.163	355	2.173	75.473	-	-
2009	69.049	21.698	6.655	13.116	8.373	2.461	692	2.164	66.625	44	109
2010	62.764	18.127	13.242	12.847	7.724	2.052	1.411	1.921	62.643	264	305
2011	55.164	14.508	21.702	9.928	6.950	1.637	2.405	1.440	56.707	987	512
2012	48.830	11.685	27.089	9.523	6.354	1.315	3.266	1.411	51.441	1.906	717

Tabela 49: Emissões de NMHC por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel									GNV
	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	181	6.144	198	843	-	3.800	11.161	11.448	-	-
1981	273	5.867	205	815	-	3.742	10.989	11.324	-	-
1982	420	5.870	219	829	-	3.830	11.074	11.546	-	-
1983	522	5.579	218	802	1	3.768	10.465	11.030	48	-
1984	626	5.656	230	829	5	4.034	10.568	11.343	179	-
1985	719	5.699	240	850	15	4.371	10.628	11.763	380	-
1986	893	6.449	275	974	42	5.382	11.917	13.794	731	-
1987	982	6.691	283	1.018	73	5.895	11.948	14.709	1.108	-
1988	1.059	6.902	288	1.051	93	6.094	11.510	15.210	1.504	1
1989	1.217	7.312	302	1.118	114	6.473	11.440	16.212	1.852	1
1990	1.331	7.382	299	1.136	131	6.540	11.136	16.236	2.179	1
1991	1.465	7.999	305	1.224	151	6.754	11.332	16.442	2.689	1
1992	1.552	8.596	305	1.305	158	6.774	11.151	16.285	3.097	-
1993	1.698	9.065	304	1.377	162	6.840	11.039	16.282	3.748	8
1994	1.924	9.517	301	1.448	166	7.035	11.088	16.517	4.796	14
1995	2.163	10.274	302	1.554	168	7.334	11.385	16.966	6.067	15
1996	2.335	11.050	304	1.661	166	7.499	11.548	17.177	7.115	11
1997	2.608	11.904	342	1.792	166	7.799	11.873	17.842	8.325	15
1998	2.961	12.610	430	1.845	165	8.083	12.177	18.629	9.554	42
1999	3.197	12.647	552	1.775	172	8.151	12.047	18.903	10.282	50
2000	3.457	12.601	771	1.775	203	8.417	12.008	19.532	11.075	99
2001	3.664	12.360	1.031	1.791	259	8.587	11.768	19.888	11.669	180
2002	3.786	12.099	1.241	1.815	326	8.721	11.590	20.114	12.176	309
2003	3.508	10.815	1.315	1.697	351	8.066	10.473	18.606	11.638	418
2004	3.542	10.549	1.473	1.729	401	8.149	10.330	18.917	12.287	498
2005	3.316	9.498	1.447	1.628	420	7.607	9.412	17.842	11.971	613
2006	3.191	8.817	1.439	1.572	446	7.267	8.791	17.199	11.834	727
2007	3.175	8.545	1.485	1.572	485	7.171	8.494	17.180	12.145	806
2008	3.159	8.268	1.531	1.558	522	7.017	8.130	17.218	12.601	773
2009	2.910	7.317	1.435	1.406	505	6.351	7.162	15.765	11.845	663
2010	3.033	7.141	1.471	1.401	534	6.377	6.984	15.888	12.260	632
2011	3.126	6.868	1.468	1.394	551	6.295	6.710	15.815	12.663	621
2012	2.853	5.960	1.309	1.267	509	5.695	5.919	14.344	11.723	612

Tabela 50: Emissões de CH₄ por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis				Comerciais Leves Otto				Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Etanol hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Flex Fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	47.282	684	-	-	7.286	47	-	-	845	-	-
1981	41.948	2.229	-	-	6.138	143	-	-	1.187	-	-
1982	43.280	2.663	-	-	5.999	189	-	-	1.832	-	-
1983	37.997	4.837	-	-	5.047	367	-	-	2.258	-	-
1984	34.467	7.721	-	-	4.463	654	-	-	2.647	-	-
1985	33.885	10.482	-	-	4.284	993	-	-	3.150	-	-
1986	38.280	14.672	-	-	4.731	1.484	-	-	4.207	-	-
1987	33.396	15.640	-	-	4.046	1.711	-	-	4.333	-	-
1988	31.852	17.233	-	-	3.795	2.019	-	-	4.823	-	-
1989	33.418	19.692	-	-	3.944	2.389	-	-	5.739	-	-
1990	34.837	18.168	-	-	4.141	2.233	-	-	6.470	-	-
1991	37.037	18.114	-	-	4.469	2.234	-	-	7.164	-	-
1992	36.152	16.198	-	-	4.397	2.007	-	-	7.184	-	-
1993	34.372	16.066	-	-	4.182	2.000	-	-	6.961	-	-
1994	34.207	15.772	-	-	4.146	1.979	-	-	6.935	-	-
1995	35.355	15.898	-	-	4.302	2.010	-	-	7.156	-	-
1996	36.613	15.543	-	-	4.553	1.965	-	-	7.894	-	-
1997	35.159	13.127	-	-	4.459	1.653	-	-	8.991	-	-
1998	31.808	12.137	-	-	4.064	1.521	-	-	10.214	-	-
1999	27.597	11.010	-	-	3.527	1.373	-	-	10.944	-	-
2000	23.790	8.414	-	-	3.028	1.044	-	-	11.615	-	-
2001	21.207	6.490	-	-	2.679	802	-	-	12.973	-	-
2002	19.296	6.431	-	-	2.404	793	-	-	14.815	-	-
2003	17.988	5.307	3	8	2.208	652	1	2	15.658	-	-
2004	16.894	5.601	-	171	2.049	683	-	32	15.459	-	-
2005	15.688	4.336	-	576	1.888	523	-	84	15.048	-	-
2006	13.683	3.285	72	1.050	1.640	393	9	131	13.690	-	-
2007	12.856	2.888	266	1.764	1.540	344	31	210	13.612	-	-
2008	11.805	2.502	503	2.362	1.417	297	59	282	13.319	-	-
2009	9.924	1.966	840	2.521	1.188	233	123	258	11.757	8	19
2010	8.984	1.659	1.506	2.869	1.077	196	330	210	11.055	47	54
2011	7.840	1.340	2.315	2.432	952	157	596	202	10.007	174	90
2012	6.905	1.090	2.879	2.295	845	128	690	258	9.078	336	127

Tabela 51: Emissões de CH₄ por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel									GNV
	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados	
1980	3	334	18	60	-	499	1.465	933	-	-
1981	5	319	19	58	-	491	1.443	923	-	-
1982	8	319	20	59	-	503	1.454	941	-	-
1983	10	303	20	57	0	495	1.374	899	4	-
1984	12	307	21	59	1	530	1.388	924	15	-
1985	13	310	22	61	3	574	1.395	959	31	-
1986	17	350	25	70	9	707	1.565	1.124	60	-
1987	18	364	26	73	16	774	1.569	1.199	90	-
1988	20	375	26	75	20	800	1.511	1.240	123	8
1989	23	397	27	80	24	850	1.502	1.321	151	5
1990	25	401	27	81	28	859	1.462	1.323	178	5
1991	27	435	28	88	32	887	1.488	1.340	219	5
1992	29	467	28	93	34	889	1.464	1.327	252	-
1993	31	493	28	99	35	898	1.449	1.327	305	67
1994	36	517	27	104	36	924	1.456	1.346	391	124
1995	40	558	27	111	36	963	1.495	1.383	494	132
1996	43	599	28	119	36	984	1.515	1.399	579	97
1997	48	644	31	128	36	1.022	1.556	1.451	675	126
1998	54	681	38	132	35	1.058	1.593	1.513	772	354
1999	59	681	49	127	37	1.065	1.574	1.533	830	427
2000	64	683	71	127	45	1.107	1.575	1.595	902	840
2001	69	678	100	130	59	1.145	1.558	1.646	967	1.536
2002	73	682	133	136	84	1.193	1.563	1.708	1.046	2.631
2003	71	634	161	134	102	1.144	1.451	1.644	1.061	3.566
2004	76	647	202	144	130	1.202	1.472	1.760	1.210	4.242
2005	76	615	215	145	151	1.173	1.384	1.764	1.275	5.221
2006	78	609	228	149	173	1.170	1.337	1.797	1.343	6.193
2007	83	640	250	159	202	1.208	1.345	1.905	1.472	6.871
2008	89	675	273	168	229	1.242	1.345	2.050	1.653	6.585
2009	90	656	274	161	234	1.188	1.249	2.050	1.704	5.655
2010	102	709	303	172	258	1.278	1.297	2.307	1.974	5.390
2011	116	773	328	186	280	1.370	1.330	2.601	2.283	5.295
2012	121	779	320	187	278	1.353	1.256	2.666	2.364	5.214

Tabela 52: Emissões de N₂O por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano)

Ano	Automóveis				Comerciais Leves Otto				Motocicletas		
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Etanol hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Flex Fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado		Gasolina C	Etanol Hidratado
1980	525	20	-	-	81	1	-	-	4	-	-
1981	466	65	-	-	68	4	-	-	6	-	-
1982	481	78	-	-	67	6	-	-	9	-	-
1983	422	141	-	-	56	11	-	-	12	-	-
1984	383	219	-	-	50	18	-	-	14	-	-
1985	377	286	-	-	48	27	-	-	16	-	-
1986	426	392	-	-	53	39	-	-	22	-	-
1987	372	413	-	-	45	44	-	-	22	-	-
1988	356	449	-	-	43	52	-	-	25	-	-
1989	377	507	-	-	45	60	-	-	29	-	-
1990	407	468	-	-	49	57	-	-	33	-	-
1991	455	469	-	-	57	57	-	-	37	-	-
1992	476	428	-	-	61	53	-	-	37	-	-
1993	504	440	-	-	65	55	-	-	36	-	-
1994	838	457	-	-	105	59	-	-	36	-	-
1995	1.545	484	-	-	194	65	-	-	37	-	-
1996	2.349	483	-	-	313	66	-	-	40	-	-
1997	3.095	413	-	-	429	56	-	-	46	-	-
1998	3.614	386	-	-	506	52	-	-	52	-	-
1999	3.781	356	-	-	523	48	-	-	56	-	-
2000	3.843	279	-	-	519	37	-	-	60	-	-
2001	4.037	221	-	-	528	30	-	-	67	-	-
2002	4.270	234	-	-	534	32	-	-	76	-	-
2003	4.515	210	5	3	543	29	1	1	88	-	-
2004	4.722	243	-	77	556	32	-	15	101	-	-
2005	4.794	209	-	262	560	26	-	38	115	-	-
2006	4.475	170	60	523	525	20	7	64	126	-	-
2007	4.440	157	218	944	528	19	26	111	154	-	-
2008	4.290	144	436	1.465	532	17	52	175	186	-	-
2009	3.789	120	869	1.708	509	14	105	206	197	1	-
2010	3.601	107	1.847	1.702	555	12	228	210	217	4	-
2011	3.305	92	3.147	1.273	598	10	421	165	224	16	-
2012	3.049	80	4.081	1.185	625	9	606	160	224	31	-

Tabela 53: Emissões de N₂O por veículos movidos a diesel (t/ano)

Ano	Diesel								
	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados
1980	13	167	9	30	-	249	733	466	-
1981	20	159	9	29	-	246	721	461	-
1982	31	159	10	30	-	251	727	470	-
1983	39	152	10	29	0	247	687	449	2
1984	46	154	10	30	1	265	694	462	7
1985	53	155	11	30	2	287	698	479	15
1986	66	175	13	35	5	353	782	562	30
1987	73	182	13	36	8	387	784	599	45
1988	78	187	13	38	10	400	756	620	61
1989	90	199	14	40	12	425	751	661	75
1990	99	201	14	41	14	429	731	662	89
1991	108	217	14	44	16	443	744	670	110
1992	115	234	14	47	17	445	732	664	126
1993	126	246	14	49	17	449	725	663	153
1994	142	259	14	52	18	462	728	673	195
1995	160	279	14	56	18	482	747	691	247
1996	173	300	14	59	18	492	758	700	289
1997	192	322	15	64	18	511	778	726	337
1998	218	340	19	66	18	529	797	756	386
1999	234	341	24	63	18	533	787	766	415
2000	255	341	35	64	22	554	788	797	451
2001	275	339	50	65	30	572	779	823	483
2002	294	341	67	68	42	597	782	854	523
2003	285	317	81	67	51	572	725	822	530
2004	304	324	101	72	65	601	736	880	605
2005	303	307	108	72	75	587	692	882	638
2006	312	305	114	74	87	585	669	899	671
2007	332	320	125	79	101	604	672	953	736
2008	357	338	137	84	115	621	673	1.025	826
2009	360	328	137	80	117	594	624	1.025	852
2010	410	354	152	86	129	639	649	1.153	987
2011	464	386	164	93	140	685	665	1.300	1.142
2012	484	389	160	93	139	676	628	1.333	1.182

Tabela 54: Emissões de CO₂ de escapamento por veículos do ciclo Otto (mil t/ano)

Ano	Gasolina A			Etanol Anidro			Etanol Hidratado			GNV
	Automóveis	Comerciais Leves	Motocicletas	Automóveis	Comerciais Leves	Motocicletas	Automóveis	Comerciais Leves	Motocicletas	
1980	21.785	3.357	107	-	2.966	457	15	-	585	40
1981	20.943	3.065	163	-	1.515	222	12	-	1.907	122
1982	20.016	2.775	233	-	2.681	372	31	-	2.278	162
1983	17.115	2.273	280	-	2.917	387	48	-	3.996	303
1984	15.329	1.985	324	-	2.761	358	58	-	6.150	517
1985	15.069	1.906	385	-	2.809	355	72	-	8.113	759
1986	16.947	2.096	511	-	3.229	399	97	-	11.126	1.111
1987	14.725	1.788	524	-	2.817	342	100	-	11.732	1.266
1988	14.377	1.721	595	-	2.584	309	107	-	12.752	1.471
1989	16.083	1.919	746	-	2.123	253	98	-	14.408	1.721
1990	18.259	2.223	889	-	1.588	193	77	-	13.273	1.608
1991	19.728	2.474	957	-	2.141	268	104	-	13.314	1.624
1992	19.624	2.518	915	-	2.891	371	135	-	12.170	1.509
1993	20.683	2.681	880	-	3.163	410	135	-	12.517	1.582
1994	22.769	2.921	849	-	4.092	525	153	-	12.604	1.619
1995	27.384	3.497	895	-	4.434	566	145	-	12.827	1.667
1996	32.020	4.202	982	-	5.324	699	163	-	12.615	1.644
1997	34.881	4.710	1.090	-	6.560	886	205	-	10.710	1.393
1998	36.272	4.953	1.226	-	6.958	950	235	-	9.955	1.291
1999	33.726	4.578	1.252	-	7.808	1.060	290	-	9.100	1.175
2000	32.423	4.328	1.328	-	7.412	989	303	-	7.029	903
2001	31.760	4.136	1.452	-	7.796	1.015	356	-	5.498	705
2002	30.361	3.801	1.551	-	9.405	1.177	481	-	5.604	725
2003	31.984	3.865	1.824	-	9.401	1.136	536	-	4.849	633
2004	32.956	3.897	2.100	-	9.619	1.137	613	-	6.202	844
2005	32.828	3.852	2.374	-	9.796	1.149	708	-	7.276	967
2006	34.494	4.064	2.921	-	6.598	777	559	-	9.210	1.129
2007	33.619	4.010	3.410	-	7.783	928	789	-	13.504	1.602
2008	33.522	4.156	4.086	-	8.103	1.004	988	-	19.088	2.286
2009	33.283	4.468	4.401	-	7.653	1.027	1.012	-	21.336	2.624
2010	39.423	5.934	4.985	-	8.480	1.276	1.072	-	20.736	2.701
2011	46.622	7.848	5.389	-	10.025	1.687	1.159	-	15.421	2.185
2012	54.283	9.946	6.017	-	9.149	1.676	1.014	-	14.032	2.163

Tabela 55: Emissões de CO₂ de escapamento por veículos do ciclo Diesel pela queima de diesel de petróleo (mil t/ano)

Ano	Diesel de Petróleo								
	Comerciais Leves	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados
1980	188	6.368	205	873	-	3.938	11.567	11.865	-
1981	285	6.116	213	850	-	3.901	11.456	11.805	-
1982	439	6.141	229	867	-	4.006	11.584	12.078	-
1983	544	5.823	227	837	1	3.932	10.922	11.511	50
1984	660	5.957	243	873	6	4.249	11.132	11.948	188
1985	755	5.982	252	892	16	4.588	11.156	12.348	399
1986	945	6.825	291	1.031	45	5.695	12.610	14.597	773
1987	1.036	7.065	299	1.075	77	6.224	12.615	15.530	1.170
1988	1.114	7.262	303	1.106	98	6.412	12.110	16.003	1.582
1989	1.287	7.738	320	1.183	120	6.850	12.105	17.155	1.959
1990	1.409	7.812	317	1.202	139	6.921	11.784	17.181	2.306
1991	1.543	8.426	321	1.289	159	7.115	11.937	17.319	2.833
1992	1.635	9.054	321	1.374	166	7.135	11.746	17.154	3.262
1993	1.789	9.549	320	1.450	170	7.205	11.628	17.150	3.948
1994	2.027	10.025	317	1.525	175	7.410	11.680	17.399	5.052
1995	2.279	10.822	318	1.637	177	7.726	11.992	17.871	6.391
1996	2.456	11.621	319	1.747	175	7.894	12.157	18.083	7.480
1997	2.735	12.484	357	1.882	175	8.200	12.482	18.757	8.722
1998	3.064	13.057	440	1.915	172	8.399	12.651	19.351	9.879
1999	3.280	12.997	555	1.831	178	8.409	12.428	19.491	10.550
2000	3.550	12.935	803	1.830	213	8.677	12.348	20.136	11.387
2001	3.806	12.805	1.126	1.861	282	8.941	12.167	20.712	12.165
2002	4.067	12.871	1.503	1.949	399	9.319	12.212	21.494	13.168
2003	3.952	11.971	1.821	1.920	489	8.935	11.333	20.687	13.349
2004	4.203	12.215	2.277	2.067	621	9.392	11.497	22.143	15.220
2005	4.193	11.600	2.427	2.070	720	9.165	10.808	22.191	16.047
2006	4.306	11.473	2.564	2.123	826	9.122	10.424	22.569	16.862
2007	4.545	11.928	2.782	2.246	951	9.324	10.377	23.685	18.303
2008	4.818	12.431	3.005	2.345	1.067	9.464	10.249	25.162	20.287
2009	4.603	11.957	2.987	2.223	1.076	8.959	9.414	24.898	20.697
2010	4.729	12.747	3.257	2.343	1.174	9.512	9.651	27.650	23.661
2011	4.804	13.889	3.520	2.534	1.273	10.191	9.890	31.167	27.363
2012	4.328	14.000	3.437	2.544	1.264	10.062	9.327	31.874	28.258

Tabela 56: Emissões de CO₂ de escapamento por veículos do ciclo Diesel pela queima de biodiesel (mil t/ano)

Ano	Biodiesel								
	Comerciais Leves	Ônibus Urbanos	Micro-ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semipesados	Caminhões Pesados
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	9	24	5	4	2	19	21	46	35
2007	52	137	32	26	11	107	119	271	209
2008	113	292	71	55	25	222	241	591	476
2009	155	401	100	75	36	301	316	836	695
2010	220	592	151	109	55	442	449	1.285	1.100
2011	225	650	165	118	60	477	462	1.458	1.280
2012	202	655	161	119	59	471	436	1.491	1.321

Anexo I: Portaria Ministerial

Portaria MMA nº 386, de 3 de outubro de 2011

A MINISTRA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, no uso de suas atribuições e, tendo em vista o disposto no Decreto nº 6.101, de 26 de abril de 2007, e na Resolução nº 5, de 15 de junho de 1989, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA e as recomendações do 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários resolve:

Art. 1º Instituir Grupo de Trabalho - GT com os seguintes objetivos:

I - definir metodologia de referência e apoiar a elaboração de inventários de emissões atmosféricas por fontes móveis adequados à escala local e regional, nos termos do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR;

II - elaborar estudos e pesquisas que permitam o aperfeiçoamento da qualidade das informações, e o desenvolvimento e implantação de sistemas de informação, necessários aos futuros inventários de escala nacional, com base nas recomendações do Relatório Final do Grupo de Trabalho criado pela Portaria no 336, de 22 de setembro de 2009; e

III - propor as bases instrumentais e normativas que permitam a atualização contínua e sistemática dos inventários futuros.

Art. 2º Para compor o Grupo de Trabalho, além do Ministério do Meio Ambiente, que o coordenará, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis -IBAMA, serão convidadas as seguintes instituições:

I - Ministério da Ciência e Tecnologia;

II - Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN;

III - Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT;

IV - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP;

V - PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S/A;

VI - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo-CETESB, na qualidade de agente técnico do PROCONVE;

VII - Instituto de Energia e Meio Ambiente - IEMA;

VIII - Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente - ABEMA, representada por três estados;

IX - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA;

X - Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares - ABRACICLO; e

XI - Confederação Nacional das Transportes - CNT.

Parágrafo único. Os representantes titulares e suplentes serão indicados pelos respectivos ministros, presidentes e diretores das instituições convidadas e serão designados pelo Ministro de Estado do Meio Ambiente em instrumento próprio.

Art. 3º O Grupo de Trabalho será coordenado por representante da Gerência de Qualidade do Ar da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente.

Art. 4º O coordenador do Grupo de Trabalho poderá convidar representantes de outros órgãos, entidades e pessoas de notório saber, para contribuir na execução de seus trabalhos.

Art. 5º A participação no Grupo de Trabalho não enseja qualquer tipo de remuneração, sendo que eventuais despesas com diárias e passagens correrão à conta dos órgãos e entidades participantes.

Art. 6º O Grupo de Trabalho tem prazo até 31 de dezembro de 2012 para a conclusão de seus trabalhos.

Art. 7º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

IZABELLA TEIXEIRA

Ministério do Meio Ambiente

Publicado no D.O.U. em 04.10.11



Ministério do
Meio Ambiente

