

Ministério do Meio Ambiente
Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental
Departamento de Mudanças Climáticas
Gerência de Qualidade do Ar

10

INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES RODOVIÁRIOS

Relatório Final



Ministério do Meio Ambiente
Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental
Departamento de Mudanças Climáticas
Gerência de Qualidade do Ar

10

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

Relatório Final

Presidente da República

Dilma Rousseff

Ministério do Meio Ambiente

Ministra Izabella Teixeira

Secretária de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental

Branca Bastos Americano

Diretora de Mudanças Climáticas

Thaís Linhares Juvenal

Gerente de Qualidade do Ar

Rudolf Noronha

IBAMA

Presidente Substituto Américo Ribeiro Tunes

Diretor de Qualidade Ambiental Fernando da Costa Marques

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Diretor geral Haroldo Borges Rodrigues Lima

Diretor Allan Kardec Duailibe

Superintendente de Biocombustíveis e de Qualidade do Ar Rosangela Moreira de Araújo

Diretora Magda Maria de Regina Chambriard

Coordenadora de Meio Ambiente Lúcia Maria de Araújo L. Gaudêncio

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

Diretor geral Bernardo Figueiredo

Superintendente de Estudos e Pesquisas Fernando Regis dos Reis

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Presidente Fernando Rei

Diretora de Tecnologia, Qualidade e Avaliação Ambiental Ana Cristina Pasini da Costa

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A

Presidente José Sergio Gabrielli

Diretor de Abastecimento Paulo Roberto Costa

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

Presidente Cledorvino Belini

IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente

Diretor presidente André Luis Ferreira

Grupo de Trabalho instituído pela Portaria Ministerial nº 336, de 22 de setembro de 2009

MMA Rudolf Noronha, João Bosco Dias, Lorenza Alberici da Silva

IBAMA Paulo Macedo, Flávia Lemos Xavier

ANP Edson Montez, Rita de Cássia Pereira, Thiago Karashima, Cristina Nascimento, Jackson Albuquerque

ANTT Fernando Regis dos Reis, Roberto Vaz da Silva, Janice Cabús

CETESB Carlos Lacava, Vanderlei Borsari, Renato Linke, Olimpio de Melo Álvares Junior

PETROBRAS Milton Vasconcellos de Lacerda, Sergio Guillermo H. Rodríguez, Pedro C. Vicentini, Nelson da Silva Alves

ANFAVEA Henry Joseph, Mário Luz Teixeira

IEMA André Luis Ferreira, Carmen Araujo, David Shiling Tsai, Kamyra Borges da Cunha, Ana Carolina Alfinito Vieira, Ademilson Zamboni

Acordo de Cooperação Técnica MMA/IEMA

Coordenação Ademilson Zamboni

Colaboradora

Cláudia Carvalho (Ministério das Cidades – DENATRAN)

Janeiro de 2011

O 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários representa um subsídio valioso para a atuação do poder público e da própria sociedade no planejamento, implantação e acompanhamento de políticas voltadas à melhoria da qualidade ambiental e à mitigação das mudanças climáticas. Trata-se de um instrumento que, ao definir uma metodologia de referência nacional, restaura a missão institucional contínua de cumprir as demandas do principal marco normativo da gestão da qualidade do ar no país, o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), instituído pela Resolução CONAMA nº 5 de 1989 que pressupõe, entre outros, a implantação do Programa Nacional de Inventários de Fontes Poluidoras do Ar.

O presente documento apresenta as emissões de 1980 a 2009 e as projeções até 2020 dos poluentes regulamentados pelos programas PROCONVE e PROMOT: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos não-metano (NMHC), aldeídos (RCHO) e material particulado (MP); além dos gases de efeito estufa, dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄). O Inventário permite ainda, conhecer as contribuições relativas das frotas de automóveis, veículos comerciais leves, ônibus, caminhões e motocicletas nas emissões; e como as diferentes fases dos programas responsáveis desde 1986 pela intro-

dução de combustíveis de melhor qualidade e tecnologias automotivas mais avançadas influenciaram, e ainda poderão influenciar as emissões.

Como instrumento de gestão ambiental, a elaboração do Inventário Nacional é, portanto, uma iniciativa que extrapola em muito a compilação de informações geradas por diferentes instituições públicas e privadas, permitindo que, entre seus inúmeros usos, contribua para a definição de novos limites de emissão, para a melhoria da qualidade dos combustíveis, ou sirva de subsídio a programas de eficiência energética. Quando detalhado para a escala local, constitui informação valiosa também para auxiliar na avaliação do impacto das emissões sobre a saúde humana e para o planejamento, a elaboração e a avaliação dos Planos de Controle de Poluição por Veículos em Uso (PCPV).

Conceber e executar esse estudo, em especial sua proposta metodológica, só se fez viável em um ambiente de cooperação técnica entre diferentes setores e parceiros, pois impunha-se ao Ministério do Meio Ambiente o desafio de lidar com uma base de informações oficiais institucionalmente fragmentada, e por vezes incompleta ou inadequada para esse propósito.

Assim, a Portaria Ministerial do Ministério do Meio Ambiente nº 336, de 22 de setembro de 2009, instituiu o Grupo de Trabalho (GT) composto, além do Ministério do Meio Ambiente (MMA), pelas se-

guintes instituições: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), Petróleo Brasileiro S/A (Petrobras) e Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA).

A esse grupo foi atribuída, sendo cumprida com sucesso, a tarefa de definir todo o escopo conceitual e metodológico do trabalho, identificar as melhores fontes de informação disponíveis, aferir a qualidade dos dados hoje existentes e os que devem ser gerados, e indicar os estudos necessários para o aperfeiçoamento de suas próximas edições.

Em face dos desafios ainda existentes, o GT seguirá sua atuação em duas linhas inter-relacionadas: (i) estudos que contribuam para a geração e apropriação de informações e dados de melhor qualidade e (ii) apoio à elaboração de inventários locais e regionais.

São muitas as lições apreendidas a partir desta iniciativa que congrega Governo, empresas e sociedade, sendo provavelmente a lição mais relevante, a de que é imprescindível tornar pública uma informação que, na sua origem, já diz respeito aos direitos básicos dos cidadãos consumidores de bens e serviços de transportes de cargas e passa-

geiros. A mesma informação é também preciosa para a tomada de decisões do setor público e privado em questões ambientais, tecnológicas e até mesmo de saúde.

Adicionalmente, também se constitui em uma lição importante, a necessidade de estabelecer estruturas técnicas e arranjos institucionais e normativos sólidos, que deem fluidez a essa atividade em patamares cada vez mais qualificados, seja do ponto da relação entre instituições, da internalização de seus resultados para a formulação de políticas públicas e das formas de comunicação com todos os segmentos da sociedade.

Ao apresentar esse Relatório Final que traz o **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**, o Ministério do Meio Ambiente reafirma sua proatividade na aproximação entre governos, setores e uma sociedade cada vez mais atenta à garantia de seu direito pleno à informação ambiental de qualidade. Segue também no cumprimento de compromissos firmados para melhoria da qualidade do ar, procurando corrigir, assim, assimetrias temáticas na política ambiental brasileira.

Ministério do Meio Ambiente

Lista de tabelas

Tabela 1: Poluentes considerados no Inventário.....	20
Tabela 2: Categorização da frota de veículos.....	23
Tabela 3: Fatores de emissões evaporativa de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado.....	32
Tabela 4: Razões CH_4/THC_{escap} para a decomposição de THC_{escap} em CH_4 e $NMHC_{\text{escap}}$	33
Tabela 5: Fatores de emissão de escapamento zero km de CO , NO_x , $RCHO$, $NMHC$, CH_4 e MP para automóveis e veículos comerciais leves movidos a gasolina C e a etanol hidratado, em g/km.....	34
Tabela 6: Fatores de emissão de CO_2	35
Tabela 7: Fatores de emissão de CO , NO_x , $RCHO$, $NMHC$ e CH_4 para veículos movidos a GNV:, em g/km.....	35
Tabela 8: Incremento médio de emissões por acúmulo de rodagem, em g/80.000km.....	36
Tabela 9: Fontes de informação para os fatores de emissão de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado.....	36
Tabela 10: Fatores de emissão de CO , NO_x , $NMHC$, CH_4 e MP para motocicletas, em g/km.....	37
Tabela 11: Fatores de emissão de CO , $NMHC$, NO_x e MP para motores Diesel por fase do PROCONVE, em g_{poluente}/kWh	38
Tabela 12: Consumo específico de combustível de motores Diesel por fase do PROCONVE, em g_{diesel}/kWh	38
Tabela 13: Fatores de emissão de CO , $NMHC$, NO_x e MP para motores Diesel por fase do PROCONVE, em $g_{\text{poluente}}/kg_{\text{diesel}}$	39
Tabela 14: Valores médios de quilometragem por litro para veículos do ciclo Diesel.....	39
Tabela 15: Fatores de emissão de CO , NO_x , $NMHC$ e MP para motores Diesel, em g_{poluente}/km	40
Tabela 16: Quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto (km/L).....	47
Tabela 17: Quilometragem por litro de combustível para motocicletas.....	48
Tabela 18: Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos leves (Fases “L”).....	76
Tabela 19: Estratégia de implantação do PROCONVE para veículos pesados (Fases “P”).....	77
Tabela 20: Estratégia de implantação do PROMOT (Fases “M”).....	77
Tabela 21: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Otto.....	81
Tabela 22: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel.....	82
Tabela 23: Teor de enxofre no diesel de homologação e fatores de emissão de MP por fase do PROCONVE.....	91
Tabela 24: Preços médios anuais de gasolina C e etanol hidratado ao consumidor a nível nacional (R\$/L).....	94
Tabela 25: Fração dos veículos <i>flex fuel</i> utilizando gasolina C e etanol hidratado a nível nacional por ano.....	94

Tabela 26: Valores de intensidade de uso de referência adotados no Inventário, em km/ano.....	95
Tabela 27: Evolução do consumo anual de gasolina A e GNV por categoria de veículos.....	96
Tabela 28: Evolução do consumo anual de etanol por categoria de veículos (10 ³ m ³).....	97
Tabela 29: Evolução do consumo anual de diesel por categoria de veículos (10 ³ m ³).....	98
Tabela 30: Emissões de CO por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano).....	99
Tabela 31: Emissões de CO por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano).....	100
Tabela 32: Emissões de NO _x por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano).....	101
Tabela 33: Emissões de NO _x por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano).....	102
Tabela 34: Emissões de MP por veículos movidos à gasolina C (t/ano).....	103
Tabela 35: Emissões de MP por veículos do ciclo Diesel (t/ano).....	104
Tabela 36: Emissões de RCHO por categoria de veículos e tipo de combustível (t/ano).....	105
Tabela 37: Emissões de NMHC por veículos movidos à gasolina C e etanol hidratado (t/ano).....	106
Tabela 38: Emissões de NMHC por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano).....	107
Tabela 39: Emissões de CH ₄ por categoria de veículos e tipo de combustível (t/ano).....	108
Tabela 40: Emissões de CO ₂ de escapamento por veículos do ciclo Otto (mil t/ano).....	109
Tabela 41: Emissões de CO ₂ por veículos do ciclo Diesel (mil t/ano).....	110

Lista de gráficos

Gráfico 1: Curvas de sucateamento para veículos do ciclo Otto.....	25
Gráfico 2: Curvas de sucateamento para veículos do ciclo Diesel.....	26
Gráfico 3: Evolução da frota estimada de veículos por categoria.....	26
Gráfico 4: Evolução da frota estimada de veículos pesados por categoria.....	27
Gráfico 5: Evolução da frota estimada de automóveis por ano de fabricação.....	27
Gráfico 6: Evolução da frota estimada de automóveis por tipo de combustível.....	28
Gráfico 7: Evolução da frota estimada de veículos comerciais leves por tipo de combustível.....	28
Gráfico 8: Evolução da frota estimada de motocicletas por tipo de combustível.....	29
Gráfico 9: Evolução da frota estimada de automóveis por fase do PROCONVE.....	29
Gráfico 10: Evolução da frota estimada de veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE.....	30
Gráfico 11: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE.....	30
Gráfico 12: Evolução da frota estimada de motocicletas por fase do PROMOT.....	30
Gráfico 13: Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Otto.....	44
Gráfico 14: Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Diesel.....	45
Gráfico 15: Quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto.	46
Gráfico 16: Evolução do consumo nacional de gasolina C no transporte rodoviário.....	49
Gráfico 17: Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário.....	49
Gráfico 18: Evolução do consumo nacional de diesel no transporte rodoviário.....	49
Gráfico 19: Evolução do consumo nacional de gasolina C no transporte rodoviário por categoria de veículos...50	
Gráfico 20: Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário por categoria de veículos.....	50
Gráfico 21: Evolução do consumo nacional de diesel no transporte rodoviário por categoria de veículos.....	51
Gráfico 22: Emissões de CO por categoria de veículos.....	55
Gráfico 23: Emissões de CO por tipo de combustível.....	55
Gráfico 24: Emissões de CO por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE..56	
Gráfico 25: Emissões de CO por motocicletas por fase do PROMOT.....	56
Gráfico 26: Emissões de NO _x por categoria de veículos.....	57
Gráfico 27: Emissões de NO _x por tipo de combustível.....	58
Gráfico 28: Emissões de NO _x por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE.....	58
Gráfico 29: Emissões de NO _x por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE..59	
Gráfico 30: Emissões de MP por categoria de veículos.....	59
Gráfico 31: Emissões de MP por tipo de combustível.....	60
Gráfico 32: Emissões de MP por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE.....	60
Gráfico 33: Emissões de MP _{zero enxofre} e sulfatos particulados por veículos do ciclo Diesel.....	61
Gráfico 34: Emissões de RCHO por categoria de veículos.....	62
Gráfico 35: Emissões de RCHO por tipo de combustível.....	62

Gráfico 36: Emissões de NMHC por categoria de veículos.....	63
Gráfico 37: Emissões de NMHC por tipo de combustível.....	63
Gráfico 38: Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE.....	64
Gráfico 39: Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por tipo de emissão..	64
Gráfico 40: Emissões de CH ₄ por categoria de veículos.....	65
Gráfico 41: Emissões de CH ₄ por tipo de combustível.....	66
Gráfico 42: Emissões de CO ₂ por categoria de veículos.....	66
Gráfico 43: Emissões de CO ₂ por tipo de combustível.....	67
Gráfico 44: Evolução das vendas de veículos novos no Brasil por categoria.....	78
Gráfico 45: Evolução das vendas de automóveis novos no Brasil por tipo de combustível.....	78
Gráfico 46: Evolução das vendas de veículos comerciais leves novos no Brasil por tipo de combustível.....	79
Gráfico 47: Evolução das vendas de caminhões e ônibus novos no Brasil.....	79
Gráfico 48: Evolução das vendas de motocicletas novas no Brasil.....	79
Gráfico 49: Valores típicos de emissão de CO para veículos em uso da fase 3 do PROCONVE convertidos para o uso de GNV, antes e após a conversão.....	83
Gráfico 50: Valores típicos de emissão de NO _x para veículos em uso da fase 3 do PROCONVE convertidos para o uso de GNV, antes e após a conversão.....	83
Gráfico 51: Valores típicos de emissão de HC para veículos em uso da fase 3 do PROCONVE convertidos para o uso de GNV, antes e após a conversão.....	84
Gráfico 52: Valores típicos de emissão de RCHO para veículos em uso da fase 3 do PROCONVE convertidos para o uso de GNV, antes e após a conversão.....	84
Gráfico 53: Curvas de emissão para CO de automóveis e veículos comerciais leves dedicados à gasolina C....	85
Gráfico 54: Curvas de emissão para CO de automóveis e veículos comerciais leves dedicados a etanol hidratado.....	85
Gráfico 55: Curvas de emissão para CO de automóveis e veículos comerciais leves <i>flex fuel</i> usando gasolina C.....	86
Gráfico 56: Curvas de emissão para CO de automóveis e veículos comerciais leves <i>flex fuel</i> usando etanol hidratado.....	86
Gráfico 57: Curvas de emissão para NO _x de automóveis e veículos comerciais leves dedicados à gasolina C...86	86
Gráfico 58: Curvas de emissão para NO _x de automóveis e veículos comerciais leves dedicados a etanol hidratado.....	87
Gráfico 59: Curvas de emissão para NO _x de automóveis e veículos comerciais leves <i>flex fuel</i> usando gasolina C....	87
Gráfico 60: Curvas de emissão para NO _x de automóveis e veículos comerciais leves <i>flex fuel</i> usando etanol hidratado.....	87
Gráfico 61: Curvas de emissão para RCHO de automóveis e veículos comerciais leves dedicados à gasolina C.....	88
Gráfico 62: Curvas de emissão para RCHO de automóveis e veículos comerciais leves dedicados a etanol hidratado.....	88
Gráfico 63: Curvas de emissão para RCHO de automóveis e veículos comerciais leves <i>flex fuel</i> usando gasolina C....	88
Gráfico 64: Curvas de emissão para RCHO de automóveis e veículos comerciais leves <i>flex fuel</i> usando etanol hidratado.....	89

Gráfico 65: Curvas de emissão para NMHC de escapamento de automóveis e veículos comerciais leves dedicados à gasolina C.....	89
Gráfico 66: Curvas de emissão para NMHC de escapamento de automóveis e veículos comerciais leves dedicados a etanol hidratado.....	89
Gráfico 67: Curvas de emissão para NMHC de escapamento de automóveis e veículos comerciais leves <i>flex fuel</i> usando gasolina C.....	90
Gráfico 68: Curvas de emissão para NMHC de escapamento de automóveis e veículos comerciais leves <i>flex fuel</i> usando etanol hidratado.....	90
Gráfico 69: Evolução do teor de enxofre médio do diesel comercial no Brasil.....	92
Gráfico 70: Fração da frota de veículos flexíveis operando com AEHC em função da relação de preços entre o AEHC e a gasolina C, nos postos, em cada unidade da Federação.....	93

Lista de figuras

Figura 1: Procedimentos adotados para estimar as emissões.....	22
Figura 2: Procedimento para estimar a frota de veículos.....	24
Figura 3: Procedimentos adotados para estimar os fatores de emissão para veículos do ciclo Diesel, expressos em g/km.....	40

Lista de siglas

ABRACICLO	Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares
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	Balanço Energético Nacional
BIN	Base Índice Nacional
cc	centímetros cúbicos
CEE	Comunidade Econômica Europeia
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH ₄	metano
CO	monóxido de carbono
CO ₂	dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
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 transmission 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
INE	<i>Instituto Nacional de Ecología</i> (México)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISSRC	<i>International Sustainable Systems Research Center</i> (EUA)

MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MIC	Ministério da Indústria e Comércio
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	material particulado
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
PCPV	Plano de Controle de Poluição por Veículos em Uso
PECO	Programa de Economia de Combustíveis
Petrobras	Petróleo Brasileiro S/A
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNE 2030	Plano Nacional de Energia 2030
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOT	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Similares
PRONACOP	Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
RCHO	aldeídos
RENAVAM	Registro Nacional de Veículos Automotores
RNTRC	Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga
RVEP	Relatório de Valores de Emissão da Produção
SEMARNAT	<i>Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México)</i>
SINDIPEÇAS	Sindicato Nacional de Indústria de Componentes para Veículos Automotores
STI	Secretaria de Tecnologia Industrial
THC	hidrocarbonetos totais
THC _{escap}	hidrocarbonetos totais referentes à emissão de escapamento
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency (EUA)</i>

Sumário

Apresentação.....	IV
Listas.....	VI
Lista de tabelas.....	VI
Lista de gráficos.....	VIII
Lista de figuras.....	XI
Lista de siglas.....	XII
Sumário.....	XIV
1. Introdução.....	17
1.1. Caracterização das emissões veiculares.....	18
1.2. Escopo do Inventário.....	19
1.2.1. Abrangência espacial e temporal.....	19
1.2.2. Poluentes inventariados.....	19
1.3. Estrutura do documento.....	20
2. Metodologia para estimar as emissões de escapamento.....	21
2.1. Equação geral.....	21
2.2. Equação para veículos convertidos para o uso de GNV.....	21
2.3. Sistematização dos procedimentos para estimar as emissões.....	21
3. Frota de veículos.....	23
3.1. Categorização da frota de veículos.....	23
3.2. Procedimentos adotados para estimar a frota de veículos.....	24
3.2.1. Vendas de veículos novos.....	25
3.2.2. Curvas de sucateamento.....	25
3.3. Evolução histórica da frota de veículos - 1980 a 2009.....	26
3.3.1. Evolução da frota de veículos por tipo de combustível.....	28
3.3.2. Evolução da frota de veículos por fases do PROCONVE e do PROMOT.....	29

4. Fatores de emissão.....	31
4.1. Fatores de emissão para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto.....	31
4.1.1. Veículos novos (zero km) movidos à gasolina C e a etanol hidratado.....	31
4.1.1.1. Emissões de escapamento regulamentadas pelo PROCONVE.....	31
4.1.1.2. Emissões evaporativas (NMHC _{evap}).....	31
4.1.1.3. Metano (CH ₄).....	33
4.1.1.4. Material particulado (MP).....	33
4.1.1.5. Dióxido de carbono (CO ₂).....	33
4.1.2. Veículos convertidos para o uso de GNV.....	35
4.1.3. Deterioração de emissões por acúmulo de rodagem.....	35
4.2. Fatores de emissão para motocicletas.....	37
4.3. Fatores de emissão para veículos do ciclo Diesel.....	38
5. Intensidade de uso.....	43
5.1. Equações gerais.....	43
5.2. Valores de referência para a intensidade de uso de veículos.....	44
5.2.1. Automóveis, veículos comerciais leves do ciclo Otto e motocicletas.....	44
5.2.2. Veículos do ciclo Diesel.....	45
5.3. Quilometragem por litro de combustível (km/L).....	45
5.3.1. Automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto.....	45
5.3.2. Motocicletas.....	47
5.3.3. Veículos do ciclo Diesel.....	48
5.4. Comparação entre consumo de combustível estimado e observado.....	48
5.5. Consumo de combustível por categoria de veículos.....	50
6. Resultados.....	53
6.1. Premissas adotadas para a projeção das emissões.....	53
6.1.1. Frota de veículos.....	53
6.1.2. Fatores de emissão.....	54
6.1.3. Intensidade de uso.....	54
6.2. Emissões de monóxido de carbono (CO).....	54
6.3. Emissões de óxidos de nitrogênio (NO _x).....	57
6.4. Emissões de material particulado (MP).....	59
6.5. Emissões de aldeídos (RCHO).....	61
6.6. Emissões de hidrocarbonetos não-metano (NMHC).....	62
6.7. Emissões de metano (CH ₄).....	65

6.8. Emissões de dióxido de carbono (CO ₂).....	66
7. Recomendações.....	69
7.1. Melhoria da qualidade das informações.....	69
7.1.1. Frota de veículos.....	69
7.1.2. Fatores de emissão.....	70
7.1.3. Intensidade de uso.....	70
7.1.4. Quilometragem por litro de combustível.....	71
7.1.5. Aprimoramento da projeção de emissões.....	71
7.2. Elaboração de inventários locais e regionais.....	71
7.3. Infraestrutura, desenvolvimento e implantação de sistema de informações.....	72
7.4. Arranjo institucional.....	72
Referências bibliográficas.....	73
Anexos.....	75
Anexo A: Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE).....	75
Anexo B: Gráficos de vendas de veículos novos no mercado interno.....	78
Anexo C: Parametrização das curvas de sucateamento.....	80
Anexo D: Tabelas de evolução da frota de veículos.....	81
Anexo E: Fatores de emissão de veículos convertidos para o uso de GNV.....	83
Anexo F: Gráficos de curvas de emissão (deterioração por acúmulo de rodagem) para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto.....	85
Anexo G: Teor de enxofre no diesel e emissões de material particulado (MP).....	91
Anexo H: Frações da frota de veículos <i>flex fuel</i> que utilizam gasolina C e etanol hidratado.....	93
Anexo I: Tabela de valores de intensidade de uso de referência.....	95
Anexo J: Tabelas de evolução do consumo de combustível por categoria de veículos.....	96
Anexo K: Tabelas de emissões por categoria de veículos e tipo de combustível.....	99
Anexo L: Portaria Ministerial nº 336 de 22 de setembro de 2009.....	111

1. Introdução

As crescentes taxas de urbanização, a deficiência de políticas públicas de transporte em massa e mesmo os incentivos à produção e consumo de veículos no país têm implicado em um aumento expressivo da motorização individual (automóveis e motocicletas), além de apontar cenários de forte expansão nesses segmentos do transporte de passageiros.

O mesmo vale para o transporte de cargas, cuja frota de veículos pesados reflete assimetrias profundas de uma logística baseada prioritariamente no transporte por caminhões, relegando a planos de menor expressão modais meios como o ferroviário e o aquaviário (incluindo o de cabotagem), que deveriam ter grande importância na distribuição de mercadorias e bens em um país com as dimensões do Brasil.

Esse é um quadro que confirma a condição dos veículos automotores rodoviários como grandes fontes emissoras de poluentes para a atmosfera¹ e que demandam, a partir do melhor conhecimento sobre as mesmas, a adoção de múltiplas medidas de controle.

Os inventários de emissões de poluentes atmosféricos, em um aspecto mais geral, são instrumentos estratégicos de gestão ambiental que esti-

mam as emissões por fontes de poluição especificadas, numa dada área geográfica e num dado período de tempo, permitindo assim orientar medidas mais eficientes de intervenção. A elaboração desses instrumentos é ponto de partida para o sucesso da implantação ou reorientação de quaisquer programas voltados ao melhoramento da qualidade do ar, uma vez que prestam-se 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 determinar tendências de emissões futuras.

Desta forma, o inventário pode fornecer subsídios para entender as relações entre as emissões e as concentrações ambientais resultantes e, portanto, quando territorialmente ajustado, auxiliar no estabelecimento de políticas e ações que permitam que os padrões de qualidade do ar sejam respeitados.

Não existem dúvidas de que pode apoiar de maneira eficiente muitas atividades de controle e regulação de emissões, no entanto, se baseados

¹ INE-SEMARNAT (2005)

em informações incompletas, errôneas ou pouco confiáveis, seu uso na tomada de decisões pode ter consequências em termos de custos e eficácia para o controle, tornando fundamental a adoção de rotinas que levem à melhoria da qualidade da informação, das metodologias de cálculo e avaliação de sua aplicabilidade.

Nesse **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por veículos Automotores Rodoviários**, que guarda particularidades relevantes em relação a outras iniciativas similares territorialmente mais circunscritas, foi possível identificar oportunidades de aplicação como:

- o aprofundamento nas discussões sobre metodologias de elaboração dessa modalidade de instrumento;
- a proposição de uma referência metodológica nacional a partir da qual outras aplicações poderão ser feitas;
- trazer à luz as incertezas presentes nos cálculos de estimativas de emissões e identificar pontos onde se deve avançar na qualidade da informação no país;
- reforçar a capacidade institucional no nível Federal para fomentar a adequada aplicação de metodologias para estimar emissões no setor de transportes rodoviários;
- e dar transparência e pleno acesso às informações utilizadas e aos seus resultados.

PRONAR

A Resolução CONAMA nº 5, de 15 de julho de 1989, criou o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) com vistas a: “permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhora da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas”.

O PRONAR estabelece limites nacionais para emissões por tipologia de fontes e de poluentes prioritários, reservando o uso de padrões da qualidade do

ar como ação complementar de controle. Dentre outras medidas previstas, destacam-se classificação das áreas segundo o nível desejado de qualidade do ar, a implantação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar e a criação do Inventário Nacional de Fontes e Emissões.

Para instrumentalizar suas medidas, o PRONAR incorporou os seguintes programas: Programa de Controle da Poluição por Veículos Automotores (PROCONVE), vide Anexo A, Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial (PRONACOP), Programa Nacional de Avaliação da Qualidade do Ar, Programa Nacional de Inventário de Fontes Poluidoras do Ar, e Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar.

1.1. Caracterização das emissões veiculares

As emissões de um veículo automotor podem ocorrer pelo escapamento (emissões diretas) ou podem ser de natureza evaporativa do combustível, aparecendo durante o uso e o repouso do veículo. São influenciadas por vários fatores, dentre os quais podemos destacar: tecnologia do motor, porte e tipo de uso do veículo, idade do veículo, projeto e materiais do sistema de alimentação de combustível, tipo e qualidade do combustível (pressão de vapor), condições de manutenção e condução, além de fatores meteorológicos (pressão e temperatura ambientes).

As emissões de escapamento decorrem da queima dos combustíveis pelo motor, compreendendo uma série de substâncias como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarbonetos (HC), aldeídos (RCHO), óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (MP).

As emissões evaporativas são constituídas pelos hidrocarbonetos (HC) que evaporam do sistema de alimentação de combustível do veículo. Tais emissões ocorrem pelos seguintes processos:

- Emissões diurnas: são as geradas no sistema de combustível com o veículo em repouso, devido às mudanças de temperatura ambiente ao longo das 24 horas do dia. Conforme a temperatura se eleva, aumenta o escape de vapores de combustível pelo sistema de alimentação, quer pela permeabilidade inerente aos materiais empregados, quer pela estanqueidade imperfeita de conexões.

- Perdas em movimento: são as emissões de vapores de combustível que ocorrem enquanto o veículo está em circulação pelo sistema de alimentação. Também se devem ao aumento da pressão e da temperatura do combustível durante o funcionamento do automóvel.
- Emissões evaporativas do veículo em repouso com o motor quente: emissões de vapores de combustível que ocorrem após o uso do veículo, caracterizam-se pelo fato do combustível estar parado e despressurizado, porém ainda aquecido devido à circulação no período em que o veículo estava em funcionamento e ao calor residual desprendido do motor.

Emissões típicas da combustão em veículos automotores

- **Monóxido de carbono (CO):** as emissões de CO resultam da combustão incompleta do carbono (C) contido no combustível.
- **Hidrocarbonetos não metano (NMHC):** a queima incompleta do combustível no motor gera também emissões de NMHC. A classificação desses compostos abrange toda a gama de substâncias orgânicas presentes *in natura* nos combustíveis, bem como subprodutos orgânicos derivados da combustão, exceto o metano. São substâncias precursoras da formação de ozônio (O₃) no nível troposférico.
- **Aldeídos (RCHO):** o processo de combustão pode levar também à geração de compostos com o radical carbonila, os mais comuns são o acetaldeído e o formaldeído. Também participam na formação de ozônio (O₃) no nível troposférico.
- **Óxidos de nitrogênio (NO_x):** grupo de gases altamente reativos, compostos por nitrogênio (N) e oxigênio (O) em quantidades variadas. São formados pela reação de oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂) presentes no ar sob condições de alta temperatura e elevada pressão. Juntamente com os hidrocarbonetos não metano (NMHC) e os aldeídos (RCHO), são precursores da formação de ozônio (O₃) no nível troposférico.
- **Material particulado (MP):** são partículas de material sólido ou líquido que podem conter

uma variedade de componentes químicos. São classificados de acordo com seu tamanho, sendo que grande parte do MP de origem veicular tem diâmetro menor do que 2,5 µm, podendo ser referido como MP_{2,5}.

- **Metano (CH₄):** o processo de combustão pode levar também à geração de CH₄, o mais simples dos hidrocarbonetos. É considerado um expressivo gás de efeito estufa.
- **Dióxido de carbono (CO₂):** produto da oxidação completa do carbono (C) presente no combustível durante sua queima. Também é considerado um gás de efeito estufa expressivo.

1.2. Escopo do Inventário

1.2.1. Abrangência espacial e temporal

Neste 1º Inventário foram estimadas as emissões atmosféricas por veículos automotores em todo o território nacional. Não há desagregação por unidades da Federação ou regiões metropolitanas.

Para capturar a evolução das emissões decorrentes do aumento da frota de veículos e da implementação do PROCONVE e do PROMOT, o Inventário apresenta as emissões desde o ano 1980 até 2009.

Tendo como base a conjuntura atual de regulações energéticas e ambientais e o histórico do comportamento das emissões, foram feitas projeções para o período de 2010 a 2020.

1.2.2. Poluentes inventariados

Neste inventário são contabilizadas as emissões dos poluentes regulamentados pelo PROCONVE e pelo PROMOT. Adicionalmente, são contabilizadas as seguintes emissões:

- **Material particulado (MP) por automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas movidos à gasolina C:** O PROCONVE regulamenta as emissões de MP apenas para veículos do ciclo Diesel. Não foram consideradas as emissões de MP pela queima de etanol hidratado.
- **Metano (CH₄) por veículos do ciclo Otto:** O PROCONVE regulamenta as emissões de hidrocarbonetos totais (THC) ou de hidrocarbonetos não-metano (NMHC), a depender da ca-

tegoria (automóveis comerciais leves, veículos pesados ou motocicletas), do tipo de combustível e do ano de fabricação (ou fase tecnológica) do veículo. As emissões de hidrocarbonetos totais constituem a soma das emissões de NMHC e CH₄, de modo que as parcelas são apresentadas desagregadamente². As emissões de CH₄ por veículos do ciclo Diesel foram consideradas desprezíveis.

- **Dióxido de carbono (CO₂) por todas as categorias de veículos.**

A Tabela 1 resume os poluentes considerados neste Inventário.

1.3. Estrutura do Inventário

Definido o contexto em que se insere o 1º Inventário e o seu conteúdo básico, este documento está organizado da seguinte forma:

O Capítulo 2 estabelece a metodologia adotada para a estimativa das emissões de escapamento, apresenta as principais variáveis envolvidas nas estimativas, bem como a sequência lógica de cálculos da modelagem utilizada.

Os Capítulos 3 a 5 detalham os conjuntos de informações necessárias às estimativas apresentadas no Capítulo 2, na seguinte ordem:

- Capítulo 3: Frota de veículos
- Capítulo 4: Fatores de emissão
- Capítulo 5: Intensidade de uso

O Capítulo 6 apresenta os resultados históricos e projetados das estimativas de emissão. Também compõem este capítulo, as premissas adotadas para a projeção das emissões, tais quais as futuras taxas de crescimento de vendas de veículos novos e o consumo de combustível na década de 2010 a 2020.

O Capítulo 7 traz as recomendações dos participantes do GT para o futuro do desenvolvimento de inventários de emissões atmosféricas por fontes rodoviárias. Nele constam recomendações para a melhoria da qualidade das informações que compõem inventários deste tipo, bem como recomendações quanto à elaboração de inventários locais e regionais, quanto à infraestrutura, desenvolvimento e implantação de sistema de informações (para melhorar o armazenamento e aumentar a eficiência do processamento das informações), e também quanto ao arranjo institucional adequado para atender à grande demanda existente nesse campo.

Por fim, o Capítulo 8 compila as referências bibliográficas deste trabalho e os Anexos apresentam maiores detalhes do conteúdo exposto nos Capítulos 3 a 7.

Tabela 1: Poluentes considerados no 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)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Emissões evaporativas (NMHC _{evap})	✓	✓				

*Material particulado total

² THC = NMHC + CH₄

2. Metodologia para estimar as emissões de escapamento

2.1. Equação geral

As emissões de escapamento da frota circulante num determinado ano calendário, para cada poluente e ano modelo de veículo, são 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). Trata-se de uma variável que depende de um conjunto de fatores socioeconômicos que, neste Inventário, são representados pela idade do veículo.

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 da frota convertida, especialmente no que se refere 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 à gasolina C e a etanol hidratado, as emissões dos veículos movidos a GNV são estimadas a partir de uma abordagem *top-down*, utilizando-se a Equação 2:

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

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 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 a sequência lógica adotada nos procedimentos para estimar as emissões da frota de veículos em circulação para cada ano calendá-

rio. Conforme mostram as Equações 1 e 2 e a Figura 1, a elaboração do inventário de emissões veiculares depende de três grandes conjuntos de dados: a frota

de veículos em circulação, os fatores de emissão de poluentes e a intensidade de uso, detalhados, respectivamente, nos Capítulos 3, 4 e 5.

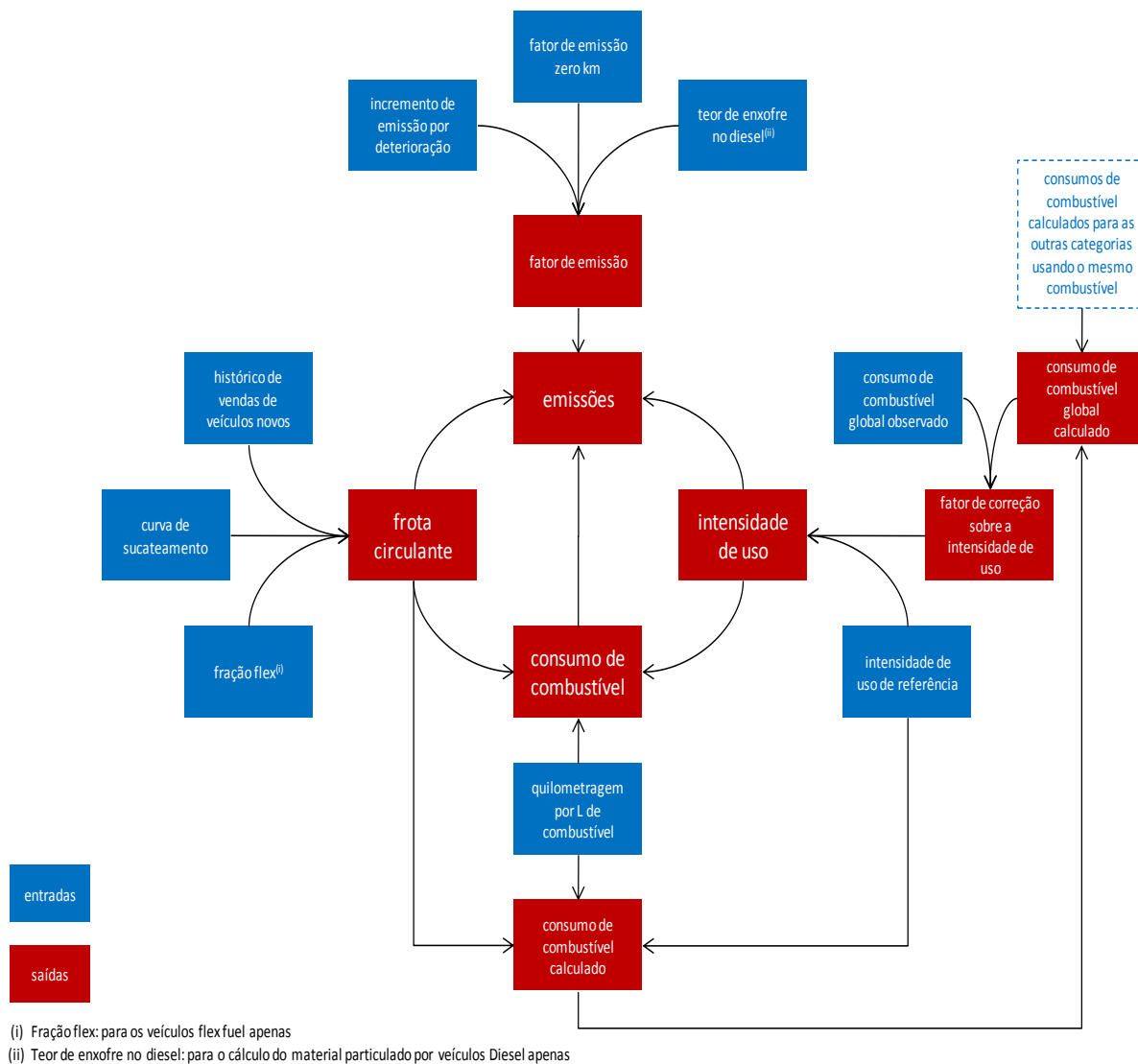


Figura 1: Procedimentos adotados para estimar as emissões

3. Frota de veículos

3.1. Categorização da frota de veículos

De modo a permitir que o Inventário forneça subsídios para análises e proposições de ações específicas, com vistas à formulação e avaliação de políticas públicas relacionadas à qualidade do ar e mudanças climáticas, é importante que seus resultados possam

ser apresentados de forma desagregada por tipo de combustível utilizado, por idade ou geração tecnológica, por tipo de aplicação – transporte de cargas ou passageiros – bem como por sua capacidade ou porte. A Tabela 2 mostra o nível de desagregação da frota, por categoria de veículos adotada no Inventário.

Tabela 2: Categorização da frota de veículos

Categorias	Motor/Combustível	Definição
Automóveis	Otto/Gasolina C Otto/Etanol Hidratado Otto/ <i>Flex Fuel</i> Otto/GNV	Veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, exclusive o condutor
Veículos Comerciais leves	Otto/Gasolina C Otto/Etanol Hidratado Otto/ <i>Flex Fuel</i> Diesel	Veículo automotor destinado ao transporte de pessoas ou carga, com peso bruto total de até 3.500 kg
Motocicletas	Otto/Gasolina C Otto/ <i>Flex Fuel</i>	Veículo automotor de duas rodas, com ou sem <i>side-car</i> , dirigido em posição montada
Caminhões leves (3,5t < PBT ³ < 10t)	Diesel	Veículo automotor destinado ao transporte de carga, com carroçaria, e PBT superior a 3.500 kg
Caminhões médios (10t ≤ PBT < 15t)		
Caminhões pesados (PBT ≥ 15t)		
Ônibus urbanos	Diesel	Veículo automotor de transporte coletivo
Ônibus rodoviários		

³ Peso bruto total

Para a categorização da frota foram adotadas as seguintes simplificações:

- Não foram considerados os caminhões e ônibus 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 carga inferior a 1.000 kg.
- Os micro-ônibus (veículos para até 20 passageiros) foram contabilizados na categoria ônibus urbanos.
- Os automóveis Otto/GNV correspondem apenas aos veículos convertidos para o uso de GNV. Eles têm suas emissões estimadas a partir de uma metodologia *top-down* (ver Seção 2.2) e seus resultados são apresentados separadamente dos automóveis movidos à gasolina C e a etanol hidratado.

3.2. Procedimentos adotados para estimar a frota de veículos

Primeiramente, foram avaliados os dados disponibilizados pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), por meio da Base Índice Nacional

(BIN), extraída em agosto de 2009, estruturada a partir do Registro Nacional de Veículos Automotores (RENAVAM). Pela arquitetura definida pelo RENAVAM, a BIN permite o acesso a informações detalhadas contidas nas bases de dados estaduais dos DETRANS.

Por incluir veículos que já deixaram de circular e para os quais não foi cancelado o seu registro, avaliou-se que a frota informada pelo DENATRAN estaria, muito provavelmente, superestimada. Essa informação pode ser verificada por meio da comparação com as estimativas realizadas pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) e pelo Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (SINDIPEÇAS), que mostra que a frota total informada pelo DENATRAN é sistematicamente superior. Assim, o GT optou por não utilizar a base de dados do DENATRAN.

À semelhança dos procedimentos adotados pela ANFAVEA e pelo SINDIPEÇAS, a frota de veículos deste Inventário foi estimada a partir da aplicação de taxas de sucateamento dos veículos novos comercializados no mercado nacional, conforme ilustram a Figura 2 e a Equação 3.

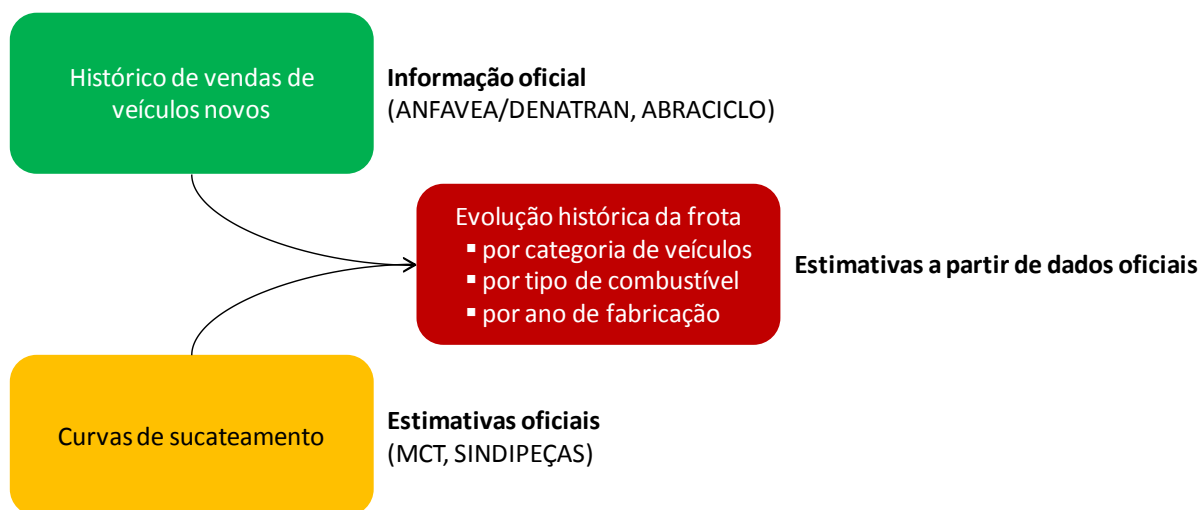


Figura 2: Procedimento para estimar a frota de veículos

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

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. Vendas de veículos novos

Os dados de vendas de automóveis, veículos comerciais leves, caminhões e ônibus⁴ novos foram originados do Anuário da ANFAVEA (2009), da Seção de Estatísticas do *website* da ANFAVEA (2010) e de dados fornecidos pela associação no âmbito do GT (dados referentes à classificação de caminhões por PBT na série histórica). Estavam disponíveis dados desde o ano 1957 até o ano 2009. No que se refere às motocicletas, a fonte de informações foi o *website* da ABRACICLO (2010), que dispõe de dados para o período de 1975 a 2009.

Os gráficos das séries históricas de vendas de veículos novos no mercado interno consideradas neste Inventário podem ser consultados no Anexo B.

3.2.2. Curvas de sucateamento

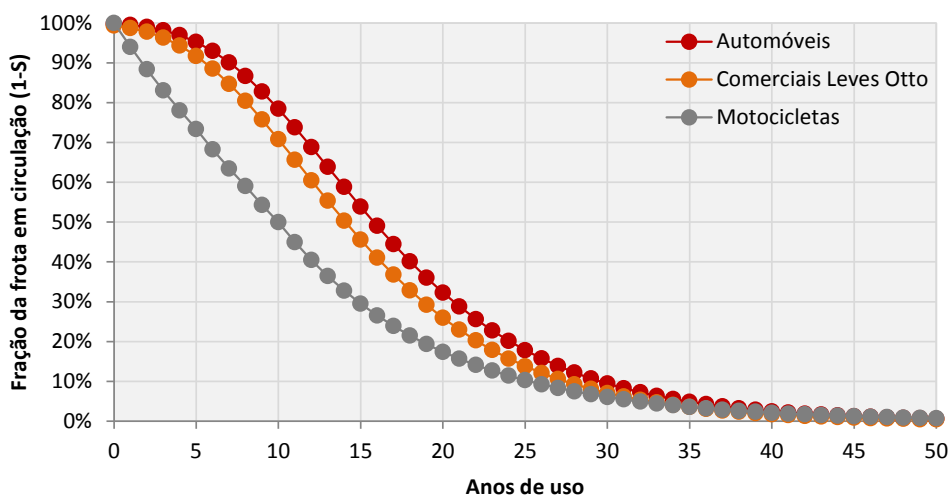
Para automóveis, veículos comerciais leves, caminhões e ônibus foram adotadas as curvas de sucateamento utilizadas na elaboração do Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (Relatório de Referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Energético por Fontes Móveis), MCT (2006).

Para motocicletas, não havendo referência no Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, adotou-se a curva de sucateamento utilizada pelo SINDIPEÇAS (2009), cujas taxas anuais para motocicletas de até 200 cc são:

- 4% nos primeiros 5 anos;
- 5% do 6º ao 10º ano;
- 6% do 11º ao 15º ano;
- 8% do 16º ano em diante.

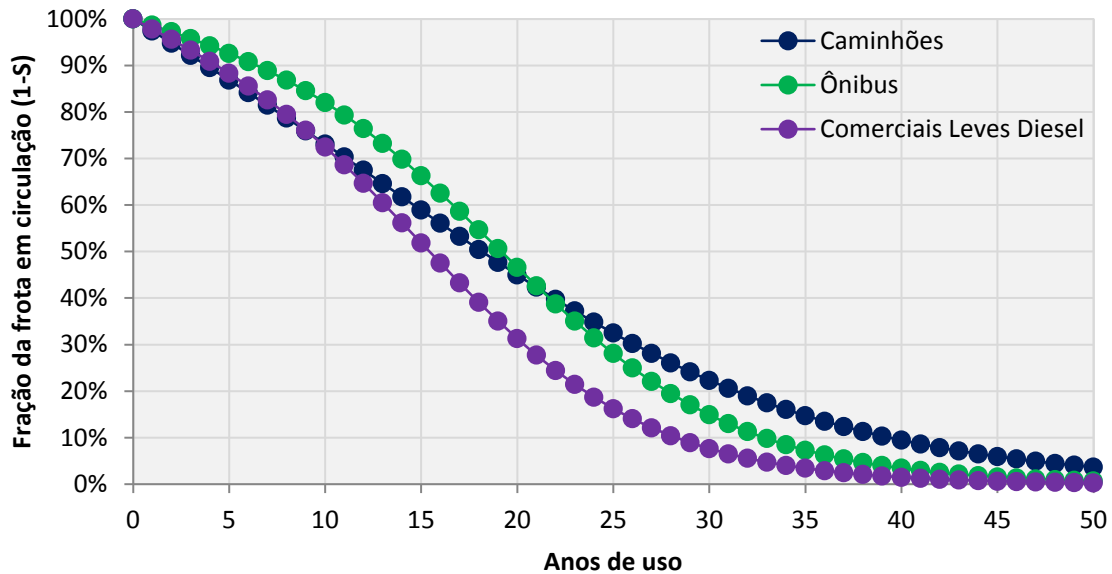
As curvas de sucateamento são ilustradas nos Gráficos 1 e 2 e a parametrização adotada para o levantamento das mesmas é descrita no Anexo C.

Gráfico 1: Curvas de sucateamento para veículos do ciclo Otto



⁴ Os ônibus foram separados em duas categorias – urbanos e rodoviários – de acordo com as informações de vendas de veículos novos disponíveis para os anos de 2005 a 2009. Para os anos anteriores, assumiu-se a proporção de 10% de ônibus rodoviários e 90% ônibus urbanos, similar à proporção para os demais anos onde há dados.

Gráfico 2: Curvas de sucateamento para veículos do ciclo Diesel

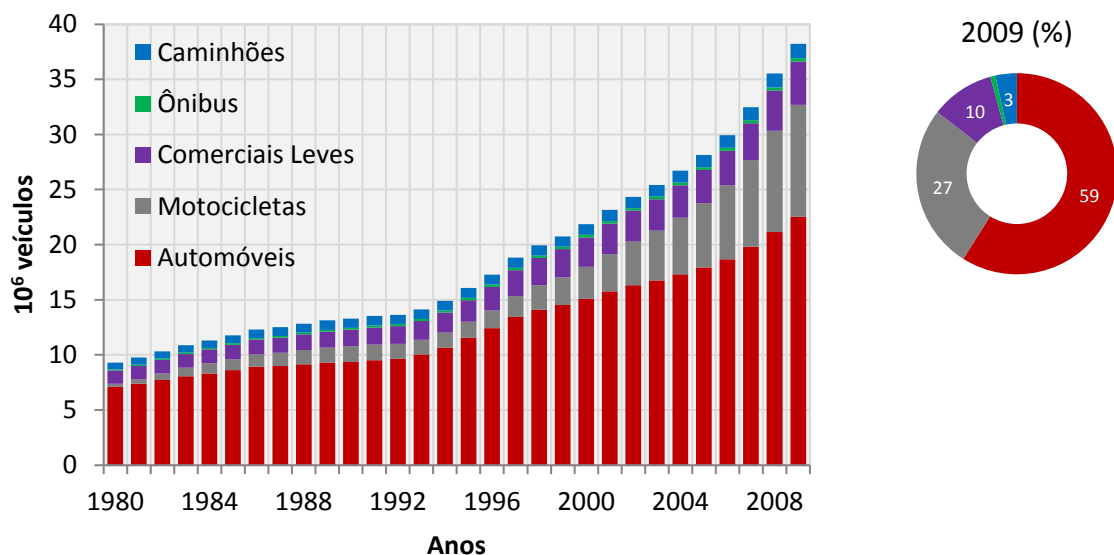


3.3. Evolução histórica da frota de veículos – 1980 a 2009

As estimativas da frota brasileira de veículos mostram um crescimento constante desde 1980, atingindo um volume entre 35 e 40 milhões de veículos (Gráfico 3). Em 2009, mais de 85% da frota é constituída por veículos

do transporte individual (automóveis e motocicletas), com destaque para os automóveis, que ultrapassam a metade do número de veículos circulantes no país. A partir da segunda metade da década de 1990 até hoje, o crescimento mais acelerado tem grande contribuição do incremento das vendas de motocicletas novas.

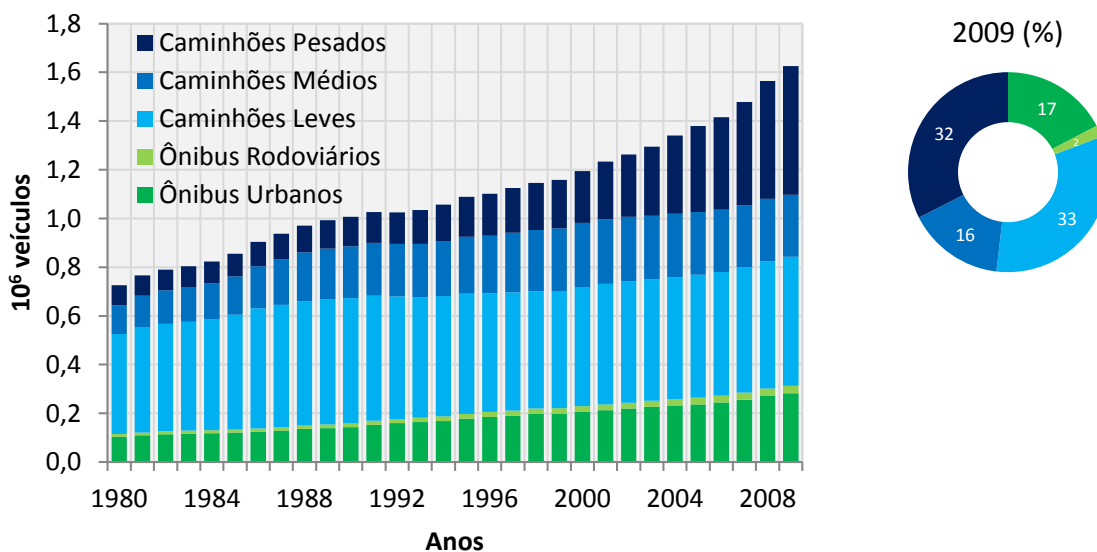
Gráfico 3: Evolução da frota estimada de veículos por categoria



No tocante veículos pesados, é possível observar-se a predominância dos caminhões em relação aos ônibus (Gráfico 4). Dentre os caminhões, é notável o recente aumento da participação dos veículos

de maior porte, que pode ser entendido como um reflexo da busca por eficiência no transporte rodoviário de carga. Dentre os ônibus, prevalecem os ônibus urbanos, em grande maioria.

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

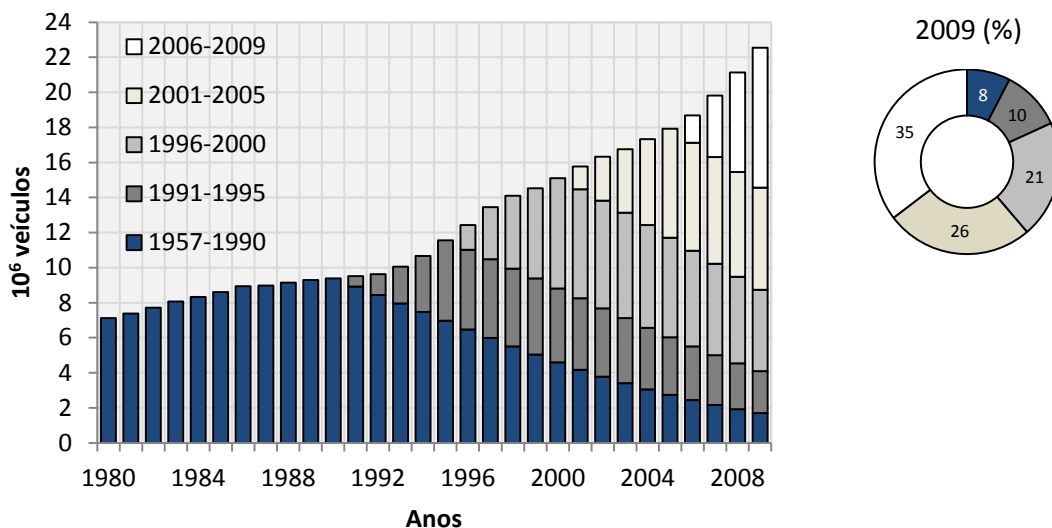


O Anexo D mostra as tabelas da evolução da frota de veículos por categoria, incluindo ainda as projeções de 2010 a 2020, conforme premissas apresentadas no Capítulo 6.

A metodologia adotada para a estimativa da frota de veículos permite acompanhar o perfil de idade dos veículos ao longo dos anos, como exemplifica o Gráfico

5. Tal decomposição da frota por ano-modelo (ano de fabricação) é determinante da aplicação dos fatores de emissão, que são característicos da categoria de veículo, do tipo de combustível e da fase tecnológica em que se enquadram. As Seções 3.3.1 e 3.3.2, a seguir, mostram a evolução das frotas de veículos por categoria, por tipo de combustível e por fase do PROCONVE e do PROMOT.

Gráfico 5: Evolução da frota estimada de automóveis por ano de fabricação

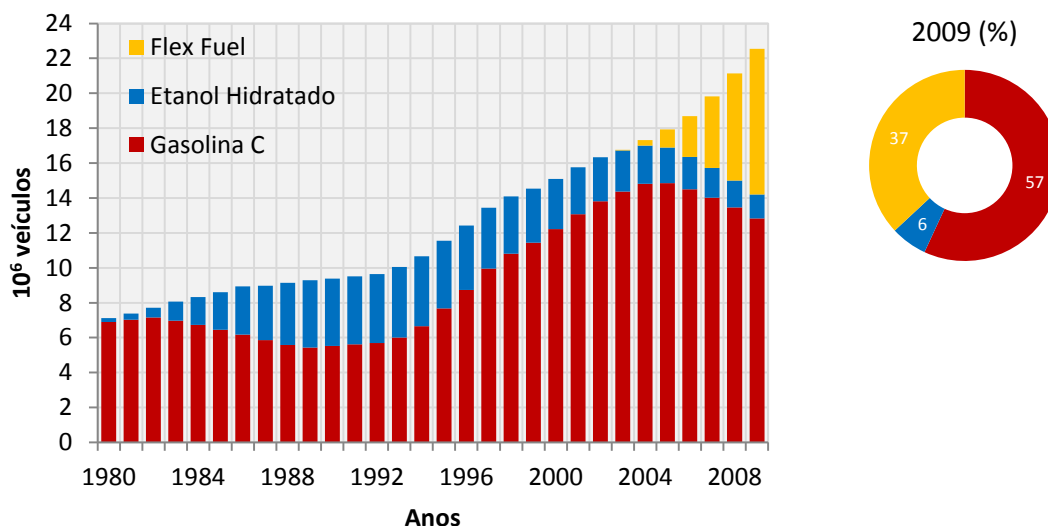


3.3.1. Evolução da frota de veículos por tipo de combustível

A frota de automóveis é composta por veículos dedicados à gasolina C (movidos exclusivamente à gasolina C), dedicados a etanol hidratado (movidos exclusivamente a etanol hidratado) e, a partir de 2003, por veículos que podem utilizar ambos os combustíveis, em qualquer proporção, denominados veículos *flex fuel*.

Observa-se que nos últimos anos houve uma forte penetração de automóveis e veículos comerciais leves *flex fuel* no mercado e, em contrapartida, uma redução nas vendas de veículos dedicados à gasolina. Em 2009, a frota de automóveis dedicados à gasolina C ainda é majoritária (57%), como pode ser observado no Gráfico 6.

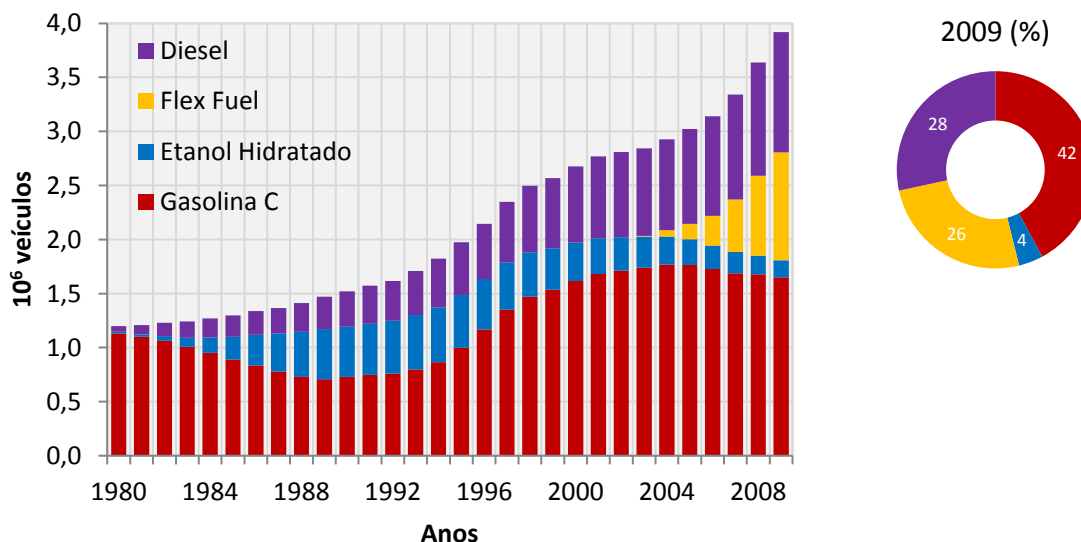
Gráfico 6: Evolução da frota estimada de automóveis por tipo de combustível



A evolução da frota de veículos comerciais leves do ciclo Otto, em relação à participação dos tipos de combustível, apresenta comportamento semelhante ao da frota de

automóveis. No entanto, diferentemente dos automóveis, há a parcela de veículos do ciclo Diesel, representando 28% da frota desta categoria de veículos em 2009 (Gráfico 7).

Gráfico 7: Evolução da frota estimada de veículos comerciais leves por tipo de combustível

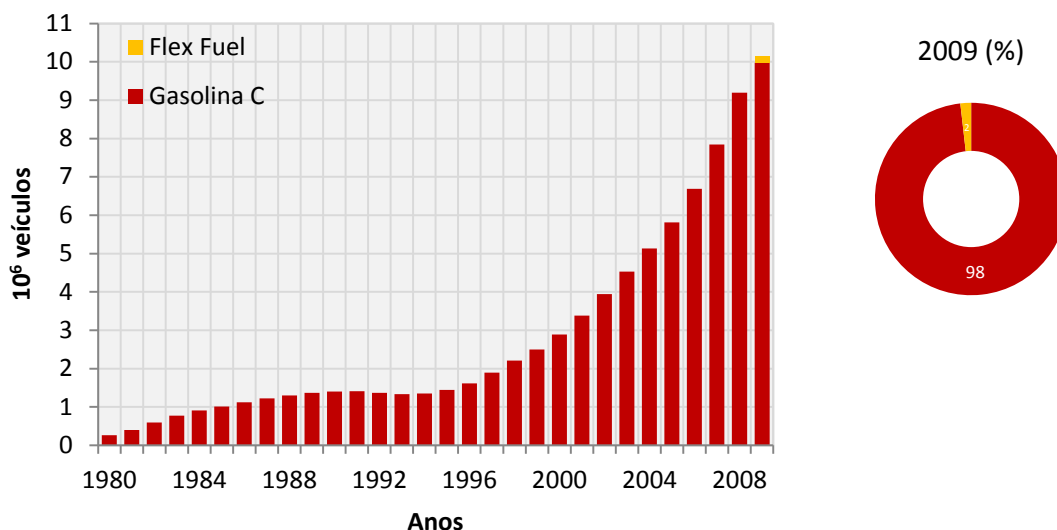


Em 2009 foi iniciada a venda de motocicletas *flex fuel*, constituindo cerca de 12% das motocicletas novas comercializadas (Gráfico 48) e aproximadamente 2% do parque da categoria de veículos em circulação (Gráfico 8).

Não existindo indicação em contrário, a ten-

dência observada de participação dos veículos *flex fuel* (automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas) no mercado de veículos novos é estendida para os próximos anos, conforme premissas adotadas para as estimativas de emissões projetadas de 2010 a 2020 (ver Seção 6.1.1).

Gráfico 8: Evolução da frota estimada de motocicletas por tipo de combustível



3.3.2. Evolução da frota de veículos por fases do PROCONVE e do PROMOT

A frota de veículos leves (automóveis e veículos comerciais leves) do ciclo Otto é segmentada segundo as fases “L” do PROCONVE; e de veículos do ciclo Diesel, segundo as fases “P”

do PROCONVE; e a de motocicletas, segundo as fases do PROMOT. Para as estimativas de emissões projetadas entre 2010 e 2020, foram consideradas as fases já regulamentadas dentro deste período, que são as fases L6 e P7 do PROCONVE (ver Seção 6.1.2).

Gráfico 9: Evolução da frota estimada de automóveis por fase do PROCONVE

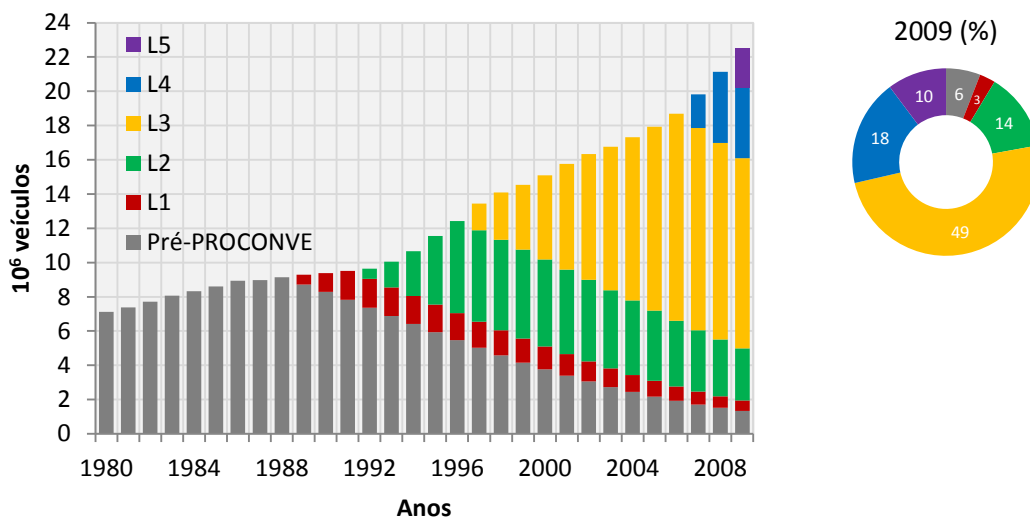


Gráfico 10: Evolução da frota estimada de veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE

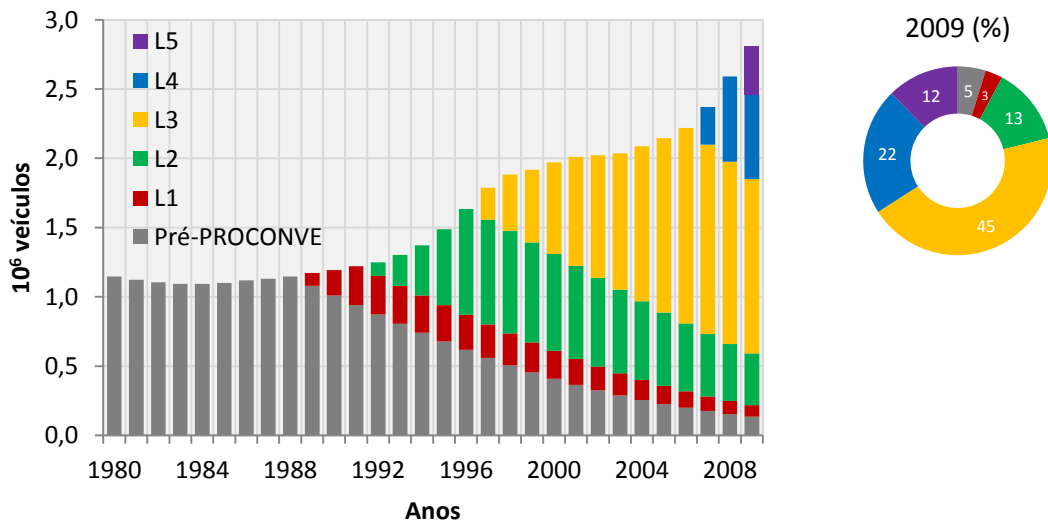


Gráfico 11: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE

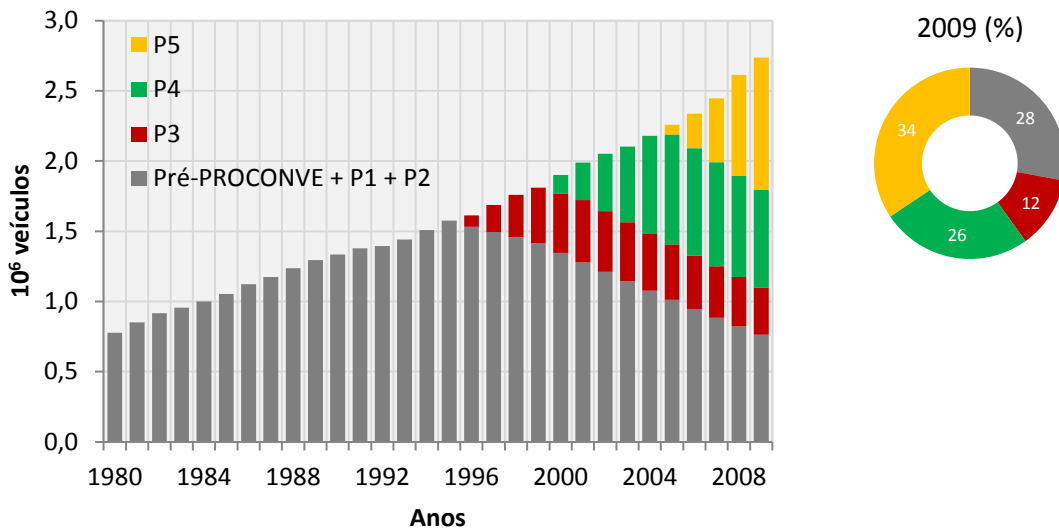
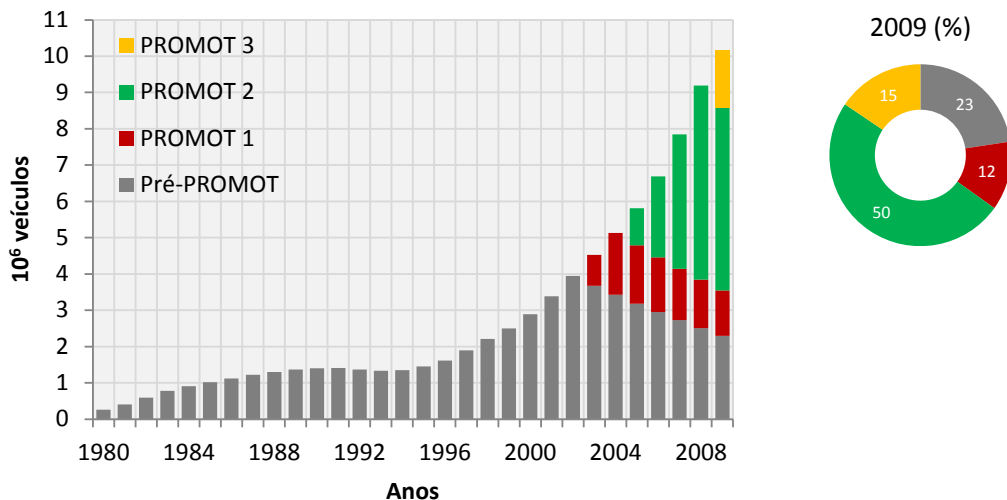


Gráfico 12: Evolução da frota estimada de motocicletas por fase do PROMOT



4. Fatores de emissão

Este capítulo apresenta os fatores de emissão adotados neste Inventário, indicando as fontes de informação e as adaptações adotadas. Divide-se em três grandes seções de acordo com as categorias de veículos e os tipos de combustível: a primeira quanto aos veículos leves (automóveis e veículos comerciais leves) do ciclo Otto (Seção 4.1), a segunda quanto às motocicletas (Seção 4.2) e a terceira quanto aos veículos do ciclo Diesel (Seção 4.3).

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

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

4.1.1.1. Emissões de escapamento regulamentadas pelo PROCONVE

⁵ Os ensaios de homologação seguem a norma brasileira ABNT - NBR 6601. O ciclo de condução estabelecido nessa norma é idêntico ao procedimento americano de teste USEPA FTP-72, que simula as condições urbanas de dirigir e é dividido em três fases (fase fria, fase de estabilização e fase quente).

⁶ Os fatores de emissão de veículos fabricados antes de 1980 publicados nos relatórios de qualidade do ar da CETESB foram desconsiderados. A CETESB manifestou no GT que tais valores não seriam representativos de veículos novos (zero km), estando neles embutidas condições de manutenção e acúmulo de rodagem. Para estes veículos, foram então adotados os fatores de emissão dos veículos fabricados entre 1980 e 1983.

Os fatores médios de emissão dos poluentes regulamentados pelo PROCONVE – CO, NO_x, THC_{es-cap}/NMHC_{es-cap} e RCHO – para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto novos (zero km) são disponibilizados anualmente pela CETESB em seus Relatórios de qualidade do ar. Trata-se de fatores de emissão médios por ano de fabricação, ponderados pelo volume de vendas de cada modelo de veículo. No âmbito do PROCONVE são realizados ensaios para fins de homologação de veículos desde 1989⁵. Para os veículos fabricados a partir do referido ano, utilizam-se os dados gerados nestes ensaios para calcular os fatores médios de emissão por ano de fabricação.

Este Inventário utiliza os fatores de emissão publicados no Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2009, CETESB (2010), para os veículos fabricados entre 1980 e 2009. Para veículos fabricados antes de 1980, os fatores de emissão utilizados foram acordados pelo GT⁶.

4.1.1.2. Emissões evaporativas (NMHC_{evap})

A legislação brasileira estabelece limite para emissões evaporativas provenientes do sistema de alimentação de automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, sendo que esses devem ser homologados conforme metodologia de teste descrita na norma ABNT - NBR 11.481. No entanto, o resultado médio de emissões evaporativas obtido desse ensaio não possui uma correspondência direta com as emissões que ocorrem em situações reais de uso dos veículos, con-

forme os processos definidos na Seção 1.1.2: emissões diurnas, perdas em movimento, emissões evaporativas do veículo em repouso com o motor quente e emissões evaporativas do veículo em repouso com o motor frio.

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, nem considera variáveis importantes como a temperatura ambiente e o número de viagens diárias.

Tabela 3: Fatores de emissões evaporativa de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado

Ano-modelo	Combustível	Temperatura: 20–35°C			Temperatura: 10–25°C			Temperatura: 0–15°C		
		e _d (g/dia)	e _s (g/viag)	e _r (g/viag)	e _d (g/dia)	e _s (g/viag)	e _r (g/viag)	e _d (g/dia)	e _s (g/viag)	e _r (g/viag)
Até 1989	Gasolina C	5,65	17,35	14,61	3,4	10,41	8,78	2,52	7,66	6,46
	Etanol hidratado	2,46	7,54	6,35	1,48	4,53	3,82	1,1	3,33	2,81
1990	Gasolina C	0,68	2,03	0,16	0,12	0,19	0,1	0,08	0,05	0,07
	Etanol hidratado	0,45	1,35	0,07	0,08	0,13	0,04	0,05	0,03	0,03
1991	Gasolina C	0,67	2,03	0,16	0,13	0,19	0,1	0,08	0,05	0,07
	Etanol hidratado	0,45	1,35	0,07	0,09	0,13	0,04	0,05	0,03	0,03
1992	Gasolina C	0,75	1,25	0,16	0,38	0,32	0,1	0,29	0,15	0,07
	Etanol hidratado	0,34	0,56	0,07	0,17	0,14	0,04	0,13	0,07	0,03
1993	Gasolina C	0,63	1,07	0,16	0,33	0,28	0,1	0,25	0,13	0,07
	Etanol hidratado	0,41	0,69	0,07	0,21	0,18	0,04	0,16	0,08	0,03
1994	Gasolina C	0,61	0,99	0,16	0,32	0,27	0,1	0,24	0,12	0,07
	Etanol hidratado	0,34	0,56	0,07	0,18	0,15	0,04	0,14	0,07	0,03
1995	Gasolina C	0,61	0,99	0,16	0,32	0,27	0,1	0,24	0,12	0,07
	Etanol hidratado	0,34	0,56	0,07	0,18	0,15	0,04	0,14	0,07	0,03
1996	Gasolina C	0,46	0,74	0,16	0,24	0,2	0,1	0,18	0,09	0,07
	Etanol hidratado	0,31	0,49	0,07	0,16	0,13	0,04	0,12	0,06	0,03
1997	Gasolina C	0,39	0,61	0,16	0,2	0,16	0,1	0,16	0,08	0,07
	Etanol hidratado	0,43	0,67	0,07	0,22	0,18	0,04	0,18	0,09	0,03
1998	Gasolina C	0,32	0,49	0,16	0,17	0,13	0,1	0,13	0,06	0,07
	Etanol hidratado	0,53	0,8	0,07	0,28	0,21	0,04	0,21	0,1	0,03
1999	Gasolina C	0,31	0,48	0,16	0,16	0,12	0,1	0,12	0,06	0,07
	Etanol hidratado	0,64	1	0,07	0,33	0,25	0,04	0,25	0,12	0,03
2000	Gasolina C	0,29	0,44	0,16	0,15	0,12	0,1	0,12	0,06	0,07
	Etanol hidratado	0,54	0,81	0,07	0,28	0,22	0,04	0,22	0,11	0,03
2001	Gasolina C	0,27	0,41	0,16	0,14	0,11	0,1	0,11	0,05	0,07
	Etanol hidratado	0,52	0,79	0,07	0,27	0,21	0,04	0,21	0,1	0,03
2002	Gasolina C	0,24	0,37	0,16	0,12	0,1	0,1	0,1	0,05	0,07
	Etanol hidratado	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2003	Gasolina C	0,29	0,46	0,16	0,15	0,12	0,1	0,12	0,06	0,07
	Etanol hidratado	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Flex – Gasolina C	nd	nd	0,16	nd	nd	0,1	nd	nd	0,07
	Flex – Etanol hidratado	nd	nd	0,07	nd	nd	0,04	nd	nd	0,03
2004	Gasolina C	0,27	0,42	0,16	0,14	0,11	0,1	0,11	0,05	0,07
	Etanol hidratado	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Flex – Gasolina C	nd	nd	0,16	nd	nd	0,1	nd	nd	0,07
	Flex – Etanol hidratado	nd	nd	0,07	nd	nd	0,04	nd	nd	0,03
2005	Gasolina C	0,35	0,55	0,16	0,18	0,14	0,1	0,14	0,07	0,07
	Etanol hidratado	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Flex – Gasolina C	nd	nd	0,16	nd	nd	0,1	nd	nd	0,07
	Flex – Etanol hidratado	nd	nd	0,07	nd	nd	0,04	nd	nd	0,03
2006	Gasolina C	0,18	0,28	0,16	0,09	0,07	0,1	0,07	0,04	0,07
	Etanol hidratado	0,24	0,38	0,16	0,12	0,1	0,1	0,1	0,05	0,07
	Flex – Gasolina C	0,49	0,78	0,07	0,25	0,2	0,04	0,2	0,1	0,03
	Flex – Etanol hidratado	0,18	0,28	0,16	0,09	0,07	0,1	0,07	0,04	0,07
2007	Gasolina C	0,18	0,28	0,16	0,09	0,07	0,1	0,07	0,04	0,07
	Etanol hidratado	0,24	0,38	0,16	0,12	0,1	0,1	0,1	0,05	0,07
	Flex – Gasolina C	0,49	0,78	0,07	0,25	0,2	0,04	0,2	0,1	0,03
	Flex – Etanol hidratado	0,25	0,41	0,16	0,13	0,1	0,1	0,1	0,05	0,07
2008	Gasolina C	0,25	0,41	0,16	0,13	0,1	0,1	0,1	0,05	0,07
	Etanol hidratado	0,16	0,26	0,16	0,08	0,07	0,1	0,06	0,03	0,07
	Flex – Gasolina C	0,42	0,68	0,07	0,21	0,18	0,04	0,16	0,08	0,03
	Flex – Etanol hidratado	0,25	0,41	0,16	0,13	0,1	0,1	0,1	0,05	0,07
2009	Gasolina C	0,25	0,41	0,16	0,13	0,1	0,1	0,1	0,05	0,07
	Etanol hidratado	0,16	0,26	0,16	0,08	0,07	0,1	0,06	0,03	0,07
	Flex – Gasolina C	0,42	0,68	0,07	0,21	0,18	0,04	0,16	0,08	0,03
	Flex – Etanol hidratado	0,25	0,41	0,16	0,13	0,1	0,1	0,1	0,05	0,07

Nota: nd – não disponível

Em função disso, o GT estabeleceu um método de cálculo próprio baseado na metodologia *Tier 2*, do Guia Europeu para Inventário de Emissões – *Emission Inventory Guidebook*, EMEP/EEA (2009), em que aproveitou também os resultados dos ensaios de homologação nacionais. Essa metodologia encontra-se detalhada em Vicentini (2010), cujos resultados encontram-se sumarizados na Tabela 3.

A fim de transformar os fatores de emissão de e_s e e_r , em g/viagem para g/km, o número de viagens anuais por veículo foi calculado dividindo-se a sua quilometragem anual percorrida por 8 km, que é distância média percorrida por viagem no transporte individual, segundo o Sistema de Informações da Mobilidade Urbana, ANTP (2008).

4.1.1.3. Metano (CH₄)

No que se refere aos veículos do ciclo Otto (exceto aqueles movidos a GNV), produzidos até 2007, o Relatório de qualidade do ar do estado de São Paulo 2009, CETESB (2010), disponibiliza apenas os fatores de emissões de THC_{escap} . Para veículos produzidos a partir de 2008 são disponibilizados os fatores de emissões de $NMHC_{escap}$. Assim, os fatores de emissões de metano foram estimados a partir dos dados de THC_{escap} e $NMHC_{escap}$ obtidos nos ensaios de homologação de veículos, aplicando-se as razões CH_4/THC_{escap} propostas por Borsari (2005), conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4: Razões CH_4/THC_{escap} para a decomposição de THC_{escap} em CH_4 e $NMHC_{escap}$

Tipo de veículo	Combustível	Razão CH_4/THC_{escap}
Automóveis e veículos comerciais leves produzidos até 1993 (sem catalisadores)	Gasolina C	15%
	Etanol hidratado	15%
Automóveis e veículos comerciais leves produzidos a partir de 1994 (com catalisadores)	Gasolina C	24,9%
	Etanol hidratado	26,6%

4.1.1.4. Material particulado (MP)

As emissões de MP por veículos do ciclo Otto não são regulamentadas pelo PROCONVE e, portanto, não são medidas nos ensaios de homologação. Assim, foram adotados os fatores de emissão 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
- **Fase L3 e posteriores:** 0,0011 g/km

A Tabela 5 resume os fatores de emissão de escapamento de CO, NO_x, RCHO, $NMHC_{escap}$, CH₄ e MP para automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado utilizados no Inventário.

4.1.1.5. Dióxido de carbono (CO₂)

Os fatores de emissão de CO₂ utilizados neste Inventário foram baseados nos fatores de emis-

são apresentados no Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (Relatório de Referência: Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem *Top-Down*), MCT (2006). Tais fatores foram convertidos da unidade original, em kg/TJ, para kg/L ou kg/m³, aplicando-se os fatores de conversão e os valores de densidade energética dos combustíveis apresentados no Balanço Energético Nacional 2010, EPE (2010). Os valores resultantes estão indicados na Tabela 6.

Assim, nota-se que o cálculo das emissões de CO₂ depende das informações de consumo de combustível, dado que o BEN disponibiliza os valores de consumo de combustível do transporte rodoviário apenas em sua totalidade. Para estimar as emissões por categoria de veículos é necessário estimar o consumo de combustível por cada categoria de veículo. Os procedimentos adotados para realizar estas estimativas de consumo de combustível são descritos no Capítulo 5.

Tabela 5: Fatores de emissão de escapamento zero km de CO, NO_x, RCHO, NMHC, CH₄ e MP para automóveis e veículos comerciais leves movidos a gasolina C e a etanol hidratado, em g/km

Ano modelo	Combustível	CO	NO _x	RCHO	NMHC _{escap}	CH ₄	MP
Até 1983	Gasolina C	33,0	1,4	0,05	2,550	0,450	0,0024
	Etanol hidratado	18,0	1,0	0,16	1,360	0,240	-
1984-1985	Gasolina C	28,0	1,6	0,05	2,040	0,360	0,0024
	Etanol hidratado	16,9	1,2	0,18	1,360	0,240	-
1986-1987	Gasolina C	22,0	1,9	0,04	1,700	0,300	0,0024
	Etanol hidratado	16,0	1,8	0,11	1,360	0,240	-
1988	Gasolina C	18,5	1,8	0,04	1,445	0,255	0,0024
	Etanol hidratado	13,3	1,4	0,11	1,445	0,255	-
1989	Gasolina C	15,2	1,6	0,040	1,360	0,240	0,0024
	Etanol hidratado	12,8	1,1	0,110	1,360	0,240	-
1990	Gasolina C	13,3	1,4	0,040	1,190	0,210	0,0024
	Etanol hidratado	10,8	1,2	0,110	1,105	0,195	-
1991	Gasolina C	11,5	1,3	0,040	1,105	0,195	0,0024
	Etanol hidratado	8,4	1,0	0,110	0,935	0,165	-
1992	Gasolina C	6,2	0,6	0,013	0,510	0,090	0,0024
	Etanol hidratado	3,6	0,5	0,035	0,510	0,090	-
1993	Gasolina C	6,3	0,8	0,022	0,510	0,090	0,0024
	Etanol hidratado	4,2	0,6	0,040	0,595	0,105	-
1994	Gasolina C	6,0	0,7	0,036	0,451	0,149	0,0024
	Etanol hidratado	4,6	0,7	0,042	0,514	0,186	-
1995	Gasolina C	4,7	0,6	0,025	0,451	0,149	0,0024
	Etanol hidratado	4,6	0,7	0,042	0,514	0,186	-
1996	Gasolina C	3,8	0,5	0,019	0,300	0,100	0,0024
	Etanol hidratado	3,9	0,7	0,040	0,440	0,160	-
1997	Gasolina C	1,2	0,3	0,007	0,150	0,050	0,0011
	Etanol hidratado	0,9	0,3	0,012	0,220	0,080	-
1998	Gasolina C	0,79	0,23	0,004	0,105	0,035	0,0011
	Etanol hidratado	0,67	0,24	0,014	0,139	0,051	-
1999	Gasolina C	0,74	0,23	0,004	0,105	0,035	0,0011
	Etanol hidratado	0,60	0,22	0,013	0,125	0,045	-
2000	Gasolina C	0,73	0,21	0,004	0,098	0,032	0,0011
	Etanol hidratado	0,63	0,21	0,014	0,132	0,048	-
2001	Gasolina C	0,48	0,14	0,004	0,083	0,027	0,0011
	Etanol hidratado	0,66	0,08	0,017	0,110	0,040	-
2002	Gasolina C	0,43	0,12	0,004	0,083	0,027	0,0011
	Etanol hidratado	0,74	0,08	0,017	0,117	0,043	-
2003	Gasolina C	0,40	0,12	0,004	0,083	0,027	0,0011
	Etanol hidratado	0,77	0,09	0,019	0,117	0,043	-
	Flex - Gasolina C	0,50	0,04	0,004	0,038	0,012	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,51	0,14	0,020	0,110	0,040	-
2004	Gasolina C	0,35	0,09	0,004	0,083	0,027	0,0011
	Etanol hidratado	0,82	0,08	0,016	0,125	0,045	-
	Flex - Gasolina C	0,39	0,05	0,003	0,060	0,020	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,46	0,14	0,014	0,103	0,037	-
2005	Gasolina C	0,34	0,09	0,004	0,075	0,025	0,0011
	Etanol hidratado	0,82	0,08	0,016	0,125	0,045	-
	Flex - Gasolina C	0,45	0,05	0,003	0,083	0,027	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,39	0,10	0,014	0,103	0,037	-
2006 e 2007	Gasolina C	0,33	0,08	0,002	0,060	0,020	0,0011
	Etanol hidratado	0,67	0,05	0,014	0,088	0,032	-
	Flex - Gasolina C	0,48	0,05	0,003	0,075	0,025	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,47	0,07	0,014	0,081	0,029	-
2008	Gasolina C	0,37	0,039	0,0014	0,042	0,014	0,0011
	Etanol hidratado	0,67	0,050	0,0140	0,088	0,032	-
	Flex - Gasolina C	0,51	0,041	0,0020	0,069	0,023	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,71	0,048	0,0152	0,052	0,019	-
2009	Gasolina C	0,30	0,020	0,0017	0,034	0,011	0,0011
	Flex - Gasolina C	0,33	0,030	0,0024	0,032	0,011	0,0011
	Flex - Etanol hidratado	0,56	0,032	0,0104	0,030	0,011	-

Tabela 6: Fatores de emissão de CO₂

Gasolina A	Etanol Anidro	Etanol Hidratado	Diesel	GNV
(kg/L)	(kg/L)	(kg/L)	(kg/L)	(kg/m ³)
2,269	1,233	1,178	2,671	1,999

4.1.2. Veículos convertidos para o uso de GNV

Como visto na Seção 2.2, as emissões por veículos convertidos para o uso de GNV são estimadas segundo uma metodologia *top-down*, na qual os fatores de emissão em $g_{\text{poluente}}/m^3_{\text{combustível}}$ são aplicados diretamente ao consumo de combustível, no caso, o apresentado no Balanço Energético Nacional 2010, EPE (2010).

Para aplicação no Inventário, calculou-se um fator médio de emissões para cada poluente a partir destes valores divulgados no Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2009, CETESB (2010), 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 va-

lores típicos de emissão de veículos da fase L-3 do PROCONVE convertidos para o uso de GNV.

A exemplo do procedimento adotado para veículos a gasolina, os fatores de emissão de NMHC e CH₄ foram estimados a partir do fator de emissão de THC, considerando-se o valor de 0,895 para a razão CH₄/THC, conforme proposto por Borsari (2005).

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 7 e os fatores de emissão originais são ilustrados no ANEXO E.

Segundo a Equação 2, as emissões dos veículos a GNV são calculadas a partir de fatores de emissão em g/m³. Para a conversão dos fatores de emissão em g/km para g/m³, foi adotado o valor médio de quilometragem por m³ igual a 12 km/m³.

No que se refere às emissões de CO₂, o procedimento e o valor adotados já foram mostrados na Seção 4.1.1.5.

Tabela 7: Fatores de emissão de CO, NO_x, RCHO, NMHC e CH₄ para veículos movidos a GNV:, em g/km

CO	NO _x	RCHO	NMHC	CH ₄
0,56	0,29	0,0038	0,026	0,22

4.1.3. Deterioração de emissões por acúmulo de rodagem

Os fatores de emissão são afetados pelas condições de uso, pelo estado de manutenção e por condições ambientais. Por insuficiência de dados consis-

tentes sobre fatores de emissão para os veículos em condições reais de uso, na elaboração deste inventário são considerados apenas os valores gerados nos ensaios de durabilidade, estabelecidos pelo PROCONVE a partir de 2003. Estes ensaios são realizados com o objetivo de verificar se os limites de emissão estabelecidos são respeitados por no mínimo 80.000km⁷ de uso dos veículos, considerando-se as condições de manutenção recomendadas pelos fabricantes⁸.

A partir dos valores obtidos nos ensaios de durabilidade e dos fatores de emissão de veículos

⁷ Conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 14, de 13 de dezembro de 1995.

⁸ Conforme condições do ensaio estabelecidas na norma brasileira ABNT 5: 17.01-007.

novos, estimou-se o incremento médio do fator de emissão por acúmulo de rodagem. Nestas estimativas considerou-se ainda que o incremento tem um comportamento linear, fazendo-se uma extrapolação para quilometragens superiores a 80.000, não cobertos pelos ensaios de durabilidade.

Em análise dos resultados de 200 ensaios de durabilidade realizados no período de 2003 a 2007⁹, cons-

tatou-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 apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Incremento médio de emissões por acúmulo de rodagem, em g/80.000km

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

Para os veículos fabricados entre 1995 e 2002, para os quais não foram realizados esses ensaios de acúmulo de rodagem, adotou-se o mesmo fator de deterioração de emissões obtido nos ensaios realizados 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 dos veículos não era equipada com catalisadores, foram adotados os seguintes valores propostos pela CETESB¹⁰:

- 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: não há deterioração.

A Tabela 9 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, não foi considerada a deterioração de emissões dos veículos a GNV.

Tabela 9: Fontes de informação para os fatores de emissão de automóveis e veículos comerciais leves movidos à 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

⁹ Nesta análise realizada pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente no âmbito do GT, de um total de 200 ensaios de durabilidade, 81 correspondiam a veículos utilizando etanol hidratado e 119 correspondiam a veículos utilizando gasolina C.

¹⁰ Sabe-se que os catalisadores veiculares foram introduzidos no Brasil em 1992, e passaram a equipar a totalidade dos veículos novos em 1997, constituindo um período de transição os anos intermediários. Por simplificação, considera-se no presente trabalho que os veículos anos modelos 1993 e anteriores não são equipados com catalisadores e os anos modelos 1994 e posteriores são equipados com catalisadores.

No Anexo F são mostradas as curvas de emissão de CO, NO_x, NMHC e RCHO para automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado.

4.2. Fatores de emissão para motocicletas

Para os poluentes regulamentados pelo PROMOT – CO, NO_x e THC – os fatores de emissão foram obtidos a partir do Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2009, CETESB (2010). Os dados nele apresentados são provenientes dos processos de homologação, estabelecidos pelo PROMOT, a partir de 2003. Para as motocicletas ano modelo 2002 e anteriores, os fatores foram sugeridos pela CETESB no âmbito do GT.

Nos dados reportados do Relatório, as emissões médias são apresentadas por ano modelo, subdividindo as motocicletas entre nacionais e importadas e também por faixa de cilindrada: inferior a 150 cc, de 150 a 500 cc e acima de 500 cc. Portanto, para se chegar a valores de fatores de emissão únicos para cada ano modelo é necessário conhecer o perfil da frota de motocicletas em termos dessas características. Dos dados da ABRACICLO (2010) é possível apurar que as motocicletas nacionais de até 150 cc representam em torno de 90% da frota brasileira de duas rodas, as nacionais com cilindrada entre 150 e 500 cc são quase 8%, e o restante está distribuído entre as demais categorias. Por simplificação, admitiu-se que a frota de motocicletas é composta apenas das duas primeiras categorias, com participação relativa de 90 e 10%, respectivamente.

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

Em relação ao MP, poluente não regulamentado pelo PROMOT, optou-se por aplicar os fatores de emissão disponíveis no Guia Europeu para Inventário de Emissões – *Emission Inventory Guidebook*, EMEP/EEA (2009). Para tanto, faz-se necessário conhecer ainda uma outra característica das motocicletas. Antes do início do PROMOT em 2003, a metodologia da CETESB (1994) considerava que as motocicletas com motor do tipo 2 tempos representavam 10% do volume de vendas, porém após o início do programa, a fabricação desse tipo de motocicletas cessou. Desta forma, pode-se considerar que as motocicletas 2 tempos representam 10% das motocicletas anteriores ao PROMOT e 0% após seu início, usando-se esses percentuais para ponderar os valores de MP que constam no Guia Europeu para motos “Pre ECE” (0,160 g/km), para motos 2 tempos e 0,014 g/km para motos 4 tempos.

A Tabela 10 apresenta os fatores de emissão para motocicletas adotados neste Inventário.

No que se refere às emissões de CO₂, o procedimento e o valor adotados já foram mostrados na Seção 4.1.1.5.

Por ausência de informações disponíveis, não foram considerados fatores de deterioração por acúmulo de rodagem para motos.

Tabela 10: Fatores de emissão de CO, NO_x, NMHC, CH₄ e MP para motocicletas, em g/km

Ano-modelo	CO	NO _x	NMHC	CH ₄	MP ^(*)
≤ 2002	19,70	0,10	2,21	0,39	0,0287
2003	6,36	0,18	0,71	0,13	0,0140
2004	6,05	0,18	0,66	0,12	0,0140
2005	3,12	0,16	0,49	0,09	0,0035
2006	2,21	0,17	0,27	0,05	0,0035
2007	1,83	0,16	0,30	0,05	0,0035
2008	1,12	0,09	0,18	0,03	0,0035
2009	1,02	0,10	0,14	0,03	0,0035

(*) Para motocicletas usando gasolina C apenas

4.3. Fatores de emissão para veículos do ciclo Diesel

Para veículos do ciclo Diesel, estão relatados no Relatório de qualidade do ar do estado de São Paulo 2009, CETESB (2010), os fatores de emissão médios para motores, 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 11.

No que se refere aos motores da fase P7, previstos para 2012, assumiu-se que:

- Os fatores de emissões para CO e NMHC mantêm-se os mesmos dos motores P6, uma vez que se encontram abaixo dos limites estabelecidos pela fase P7;
- Os fatores de emissões para NO_x e MP: correspondem a 90% dos limites legais estabelecidos.

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

$$\frac{g_{poluente}}{km} = \frac{g_{poluente}}{g_{diesel}} \times \frac{g_{diesel}}{L_{diesel}} \div \frac{km}{L_{diesel}} \dots \text{(Equação 4)}$$

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

Os valores de consumo específico dos motores (g_{diesel}/kWh), mostrados na Tabela 12, foram baseados em ensaios de motores realizados pela Mercedes-Benz e fornecidos pela ANFAVEA. A partir destes valores e dos fatores de emissão indicados na Tabela 11, aplicou-se a Equação 5 para calcular os fatores de emissão, em ($g_{poluente}/kg_{diesel}$), mostrados na Tabela 13.

Tabela 11: Fatores de emissão de CO, NMHC, NO_x e MP para motores Diesel por fase do PROCONVE, em $g_{poluente}/kWh$

Fase do PROCONVE	CO	NMHC	NO_x	MP ^(*)
Pré-PROCONVE, P1 e P2	1,86	0,68	10,70	0,660
P3	1,62	0,54	6,55	0,318
P4	0,85	0,29	6,16	0,120
P5	0,83	0,16	4,67	0,078
P7	0,83	0,16	1,80	0,018

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

Tabela 12: Consumo específico de combustível de motores Diesel por fase do PROCONVE, em g_{diesel}/kWh

Fase do PROCONVE	Consumo específico de combustível (g_{diesel}/kWh)
Pré-PROCONVE, P1 e P2	225
P3	218
P4	210
P5	220
P7	210

Tabela 13: Fatores de emissão de CO, NMHC, NO_x e MP para motores Diesel por fase do PROCONVE, em g_{poluente}/kg_{diesel}

Fase do PROCONVE	CO	NMHC	NO _x	MP ^(*)
Pré-PROCONVE, P1 e P2	8,27	3,02	47,56	2,933
P3	7,43	2,48	30,05	1,459
P4	4,05	1,38	29,33	0,571
P5	3,77	0,73	21,23	0,355
P7	3,95	0,76	8,57	0,086

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

Para calcular os fatores de emissão em g_{poluente}/km, foi utilizada a Equação 4. Os dados de quilometragem por litro de combustível (km/L_{diesel}) para veículos do ciclo Diesel utilizados neste Inventário tiveram seus valores baseados em informações levantadas pela AN-

FAVEA em 2008¹¹ e pela Petrobras em 2010¹² (Tabela 14).

A Figura 3 ilustra de maneira sintética os procedimentos adotados no cálculo dos fatores de emissão. Os resultados finais obtidos, em termos de g_{poluente}/km, são mostrados na Tabela 15.

Tabela 14: Valores médios de quilometragem por litro para veículos do ciclo Diesel

Categoria	Quilometragem por litro (km/L _{diesel})	Consumo específico de diesel (L _{diesel} /100 km)
Comerciais Leves	9,09	11,00
Caminhões Leves	7,61	13,14
Caminhões Médios	5,56	18,00
Caminhões Pesados	3,17	31,50
Ônibus Urbanos	2,30	43,50
Ônibus Rodoviários	3,03	33,00

¹¹ Os dados levantados pela ANFAVEA foram apresentados por ocasião das negociações da transação judicial firmada com força de ação civil pública com o Ministério Público Federal referente a não entrada em vigor da fase P6 do PROCONVE em 2009, prevista na Resolução CONAMA nº 315, de 2002.

¹² Os dados levantados pela Petrobras foram apresentados em reunião conjunta dos Grupos de Trabalho instituídos pelas Portarias ANP nº 54 e nº 60, de 2009, (referentes ao planejamento do abastecimento de óleo diesel de baixo teor de enxofre) por ocasião da primeira revisão da projeção da demanda de diesel baixo teor de enxofre.

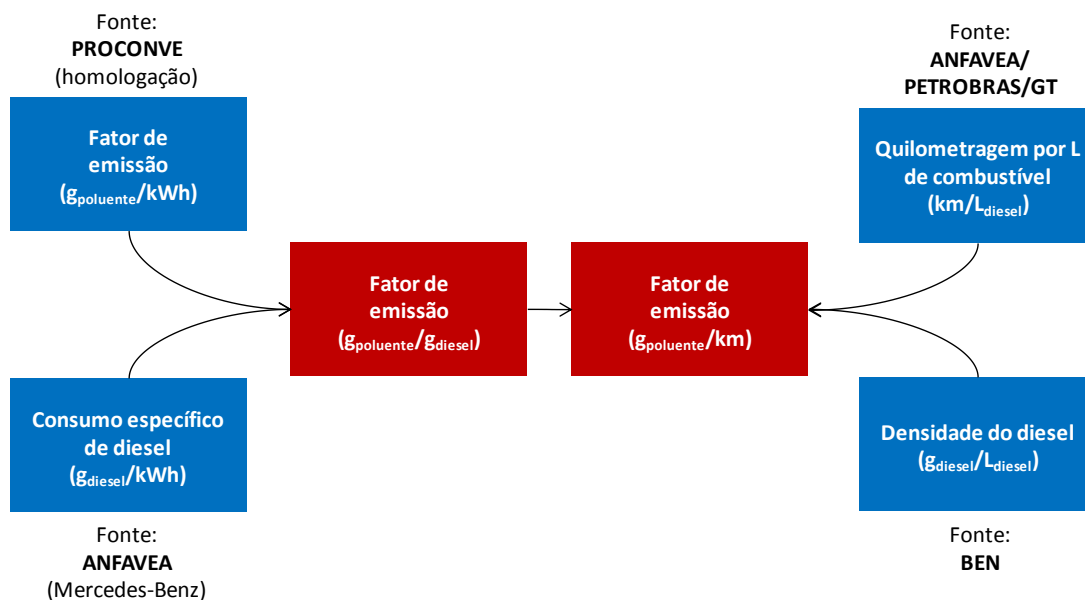


Figura 3: Procedimentos adotados para estimar os fatores de emissão para veículos do ciclo Diesel, expressos em g/km

Tabela 15: Fatores de emissão de CO, NO_x, NMHC e MP para motores Diesel, em g_{poluentes}/km

Categoria	Fase do PROCONVE	CO	NO _x	NMHC	MP (*)
Comerciais leves	Pré-Proconve, P1 e P2	0,77	0,28	4,45	0,274
	P3	0,69	0,23	2,81	0,136
	P4	0,38	0,13	2,74	0,053
	P5	0,35	0,07	1,98	0,033
	P7	0,37	0,07	0,80	0,008
Caminhões leves	Pré-Proconve, P1 e P2	0,92	0,34	5,31	0,328
	P3	0,83	0,28	3,36	0,163
	P4	0,45	0,15	3,28	0,064
	P5	0,42	0,08	2,37	0,040
	P7	0,44	0,09	0,96	0,010
Caminhões médios	Pré-Proconve, P1 e P2	1,26	0,46	7,28	0,449
	P3	1,14	0,38	4,60	0,223
	P4	0,62	0,21	4,49	0,087
	P5	0,58	0,11	3,25	0,054
	P7	0,60	0,12	1,31	0,013
Caminhões pesados	Pré-Proconve, P1 e P2	2,21	0,81	12,73	0,785
	P3	1,99	0,66	8,04	0,391
	P4	1,08	0,37	7,85	0,153
	P5	1,01	0,19	5,68	0,095
	P7	1,06	0,20	2,30	0,023
Ônibus urbanos	Pré-Proconve, P1 e P2	3,06	1,12	17,57	1,084
	P3	2,75	0,92	11,10	0,539
	P4	1,50	0,51	10,84	0,211
	P5	1,39	0,27	7,84	0,131
	P7	1,46	0,28	3,17	0,032
Ônibus rodoviários	Pré-Proconve, P1 e P2	2,32	0,85	13,34	0,823
	P3	2,08	0,69	8,43	0,409
	P4	1,14	0,39	8,23	0,160
	P5	1,06	0,20	5,95	0,099
	P7	1,11	0,21	2,40	0,024

(*) Valor válido para o teor de enxofre no diesel nos testes de homologação.

Os fatores de emissão de veículos novos obtidos nos ensaios de homologação foram levantados utilizando-se o combustível de referência do momento em que foram realizados esses ensaios. Os veículos em uso, no entanto, utilizam o combustível comercial que pode conter um teor de enxofre

diferente do teor do diesel de referência. Como as emissões de MP são afetadas pelo teor de enxofre do combustível, foi feito um ajuste nas emissões estimadas para este poluente. Os procedimentos adotados para efetuar estes ajustes estão descritos no Anexo G.

5. Intensidade de uso

5.1. Equações gerais

No Brasil, são escassas as informações referentes à intensidade de uso da frota de veículos, quer seja de automóveis, ônibus, motocicletas ou veículos para o transporte de carga. Foram identificados poucos estudos, em geral de pouco representatividade ou abrangência, e que serviram apenas como pontos de partida para as estimativas deste Inventário. Dadas as incertezas envolvidas nos valores de intensidade de uso propostos, optou-se por ajustá-los ao consumo de combustível rodoviário verificado no país, e apresentados no Balanço Energético Nacional 2010, EPE (2010).

A partir de valores de intensidade de uso de referência (km/ano) e de quilometragem por litro (km/L) dos veículos baseados nas informações disponíveis ao GT, estima-se o consumo de combustível de cada categoria e ano modelo de veículos, objetos do Inventário, aplicando-se a Equação 6.

$$C_{i,estimado} = Fr_i \times Iu_{i,referência} \div Ql_i \dots \text{(Equação 6)}$$

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 de veículos, estima-se o consumo total de combustível de toda a frota (Equação 7). Esse consumo de combustível estimado é, então, comparado com o consumo de combustível observado para todo o setor rodoviário, informação apresentada no BEN. A razão entre o consumo estimado e o consumo observado gera um fator de correção para o 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 8 e 9) e suas emissões (Equação 1).

$$C_{estimado} = \sum_i C_{i,estimado} \dots \text{(Equação 7)}$$

Onde:

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

$$Iu_{i,ajustada} = Iu_{i,referência} \times \frac{C_{observado}}{C_{estimado}} \dots \text{(Equação 8)}$$

Onde:

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

$$C_{i,ajustado} = Fr_i \times Iu_{i,ajustada} \div Ql_i \dots \text{(Equação 9)}$$

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*).

Convém destacar que, a partir da introdução dos veículos *flex fuel* em 2003 e de sua rápida penetração no mercado de vendas de veículos novos, é necessário conhecer-se em que proporção estes veículos estão utilizando etanol hidratado ou gasolina C, dado que seus fatores de emissão dependem do combustível utilizado. Em termos concretos, a fro-

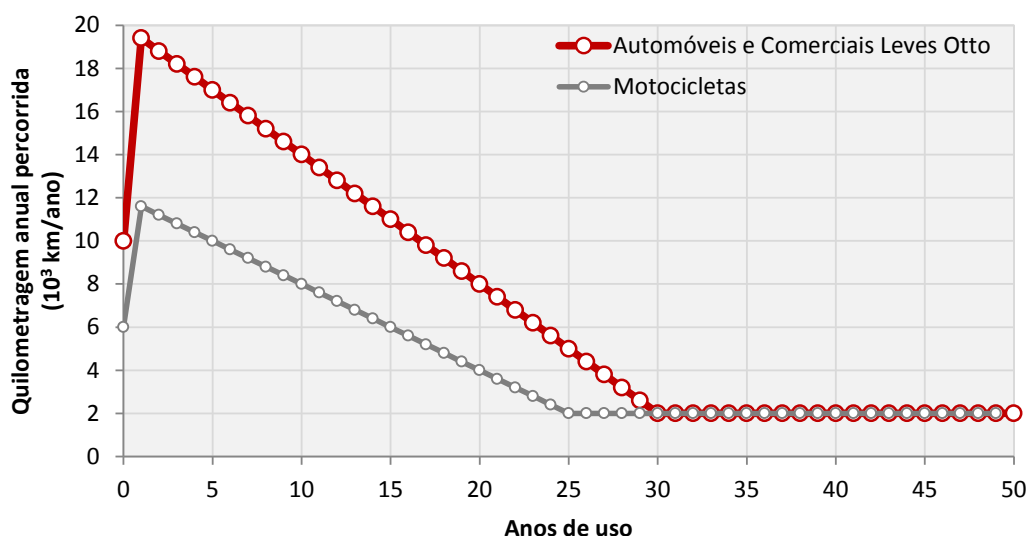
ta de veículos *flex fuel* deve ser desagregada entre aquela que opta por utilizar gasolina C e aquela que opta pelo etanol hidratado. Goldemberg et al. (2008) relacionam a escolha do combustível à razão entre os preços de etanol hidratado e de gasolina C, produzindo uma função estatística a partir de estimativas em nível estadual. Neste Inventário aplicou-se a esta função estatística a razão entre os preços médios anuais de etanol hidratado e de gasolina C, fornecidos pela ANP, e assim foi estimada, para cada ano entre 2003 e 2009, a fração da frota de veículos *flex fuel* que utiliza cada combustível. Estes procedimentos de cálculo estão detalhados no Anexo H.

5.2. Valores de referência para a intensidade de uso de veículos

5.2.1. Automóveis, veículos comerciais leves do ciclo Otto e motocicletas

Para automóveis, dados sobre a atividade de veículos na cidade de São Paulo, levantados por um centro de pesquisa baseado nos EUA (*International Sustainable Systems Research Center*) em parceria com a CETESB, ISSRC (2004), indicam uma correlação entre a intensidade de uso e a idade do veículo¹³. Um estudo do IPEA intitulado *Transporte*

Gráfico 13: Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Otto



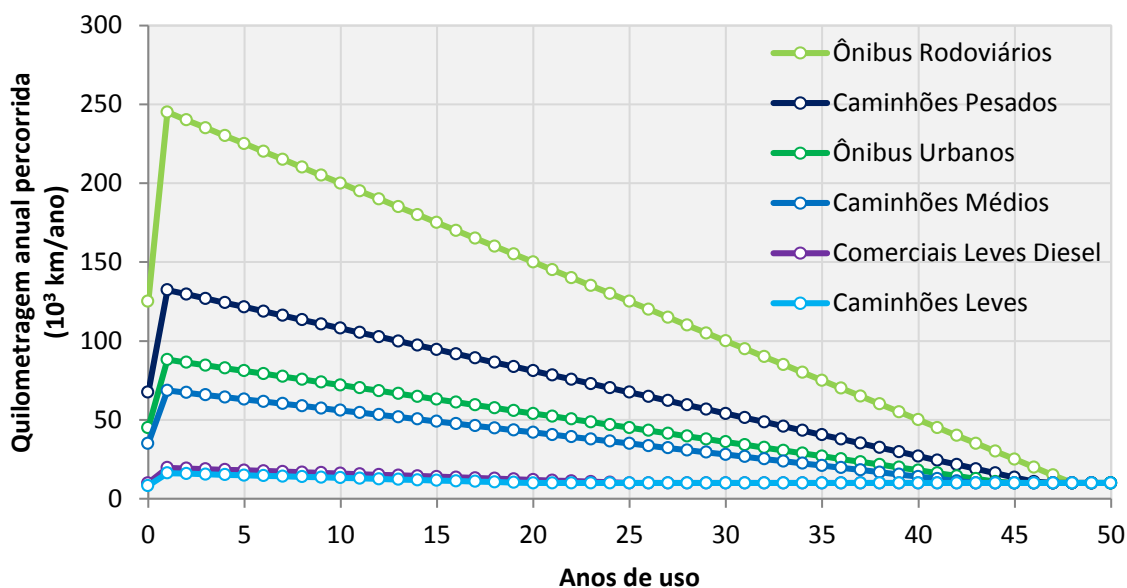
¹³ Nesse levantamento foram coletados dados de hodômetro de 1.427 veículos em estacionamentos da cidade

Urbano e Inclusão Social: Elementos para Políticas Públicas, Gomide (2003), baseia-se na Pesquisa de Origem e Destino da Região Metropolitana de São Paulo e mostra que a renda familiar é determinante na mobilidade urbana: o número de viagens diárias em transporte individual motorizado (automóveis e motocicletas) realizadas por pessoas do extrato de renda mais alto (mais de 20 salários mínimos) é aproximadamente 10 vezes superior ao número de viagens realizadas pelos extratos de renda mais baixo (até três salários mínimos). Assim, tendo como hipótese que há uma correlação entre renda da população e idade do veículo, e assumindo que

as faixas de maior poder aquisitivo detêm os veículos mais novos e vice-versa, pode-se inferir que os veículos mais antigos rodam, na média, menos que os mais novos. Essa afirmação é compatível com os resultados do estudo do ISSRC.

Com base nos resultados dos dois estudos, foi adotada uma curva de quilometragem anual percorrida decrescente com a idade do veículo. No que se refere às motocicletas, foram adotados valores próximos aos adotados pelo IPT (2001). O Gráfico 13 apresenta as curvas de intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Otto e seus valores são tabelados no Anexo I.

Gráfico 14: Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Diesel



5.2.2. Veículos do ciclo Diesel

Os valores de referência para a intensidade de uso de caminhões, ônibus e veículos comerciais leves do ciclo Diesel foram baseados em informações levantadas pela ANFAVEA em 2008 e pela Petrobras em 2010. O GT adotou também a hipótese de decaimento de uso com o avanço da idade dos veículos, à semelhança dos veículos do ciclo Otto. O Gráfico 14 apresenta as curvas de intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Diesel e seus valores são tabelados no Anexo I.

5.3. Quilometragem por litro de combustível (km/L)

5.3.1. Automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto

No que se refere à quilometragem por litro de automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, encontram-se disponíveis as seguintes fontes de informação:

- **Guias 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.

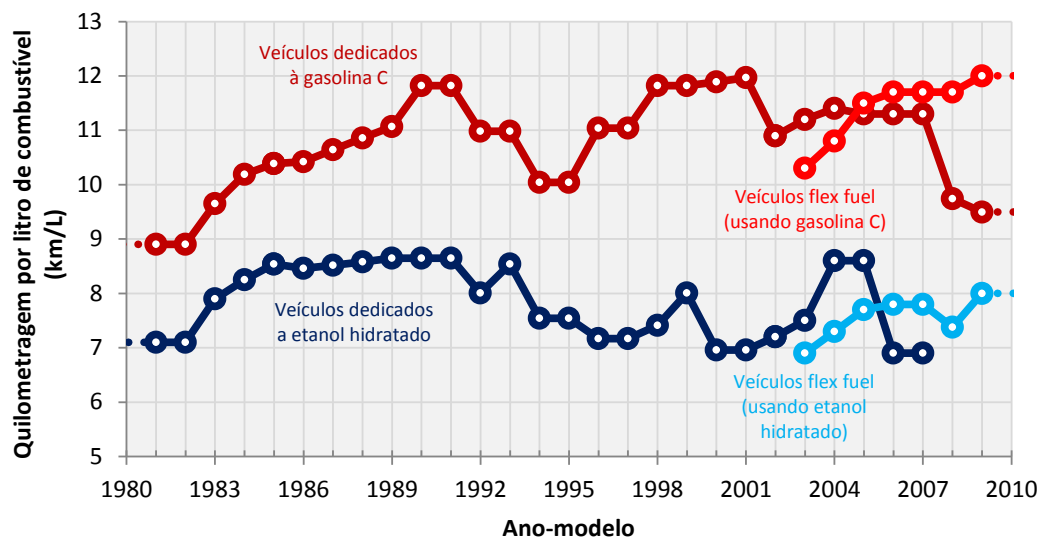
- **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2009, CETESB (2010):** São apresentados valores médios de quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves fabricados entre 2002 e 2008, utilizando gasolina C ou etanol hidratado, no ciclo de condução urbano. Tais valores têm sua ori-

gem nos Relatórios de Valores de Emissão da Produção (RVEP)¹⁴.

Este Inventário faz uso dos dois grupos de informação acima expostos, 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 dos processos de homologação do PROCONVE.

O Gráfico 15 e a Tabela 16 apresentam os valores de quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto utilizados neste Inventário.

Gráfico 15: Quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto



¹⁴ 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 16: Quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto (km/L)

Ano de fabricação	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado
1957 a 1982	8,9	7,1	-	-
1983	9,65	7,90	-	-
1984	10,19	8,25	-	-
1985	10,39	8,54	-	-
1986	10,42	8,46	-	-
1987	10,64	8,52	-	-
1988	10,86	8,58	-	-
1989	11,07	8,65	-	-
1990	11,82	8,65	-	-
1991	11,82	8,65	-	-
1992	10,98	8,01	-	-
1993	10,98	8,54	-	-
1994	10,04	7,54	-	-
1995	10,04	7,54	-	-
1996	11,04	7,17	-	-
1997	11,04	7,17	-	-
1998	11,82	7,41	-	-
1999	11,82	8,01	-	-
2000	11,89	6,96	-	-
2001	11,97	6,96	-	-
2002	10,9	7,2	-	-
2003	11,2	7,5	10,3	6,9
2004	11,4	8,6	10,8	7,3
2005	11,3	8,6	11,5	7,7
2006	11,3	6,9	11,7	7,8
2007	11,3	6,9	11,7	7,8
2008	9,74	6,9	11,70	7,38
2009	9,5	-	12,0	8,0

5.3.2. Motocicletas

Para motocicletas a quilometragem por litro de combustível foi calculada a partir dos fatores de emissão

de CO₂ apresentados no Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2009, CETESB (2010), aplicando-se o método do balanço de carbono, conforme Equação 10¹⁵:

$$C = \frac{[(0,8656 \times m_{\text{THC}}) + (0,4288 \times m_{\text{CO}}) + (0,2729 \times m_{\text{CO}_2})] \times (100 + \%v_{\text{H}_2\text{O}})}{(6,4487 \times \% V_{\text{gás}}) + (4,1102 \times \%V_{\text{ETCH}})} \dots \text{(Equação 10)}$$

¹⁵ Conforme Norma ABNT - NBR 7024: 2006.

Onde:

- C é o consumo de combustível (L/100 km);
- m_{THC} é a massa de THC emitida (g/km)
- m_{CO} é a massa de CO emitida (g/km);
- m_{CO_2} é a massa de CO_2 emitida (g/km);
- $V_{\text{gás}}$ é a porcentagem, em volume a 20°C, de gasolina (pura) no combustível utilizado;
- V_{TECH} é a porcentagem, em volume a 20°C, de etanol (anidro) no combustível utilizado;
- $v_{\text{H}_2\text{O}}$ é a porcentagem, em volume a 20°C, de água no combustível utilizado.

Para todas as motocicletas com motores de até 150 cc dos anos - modelos apresentados pela CETESB – 2003 a 2008, os valores de quilometragem por litro de combustível calculados ficam mui-

to próximos de 40 km/L. Tal valor foi adotado no inventário, inclusive para os demais anos-modelos, supondo-se não ter havido melhoria significativa na quilometragem por litro de combustível das motocicletas ao longo dos anos.

Em 2009, foram introduzidas no mercado as motocicletas *flex fuel*. Por simplificação, às motocicletas *flex fuel* utilizando gasolina C, aplicaram-se os mesmos valores de quilometragem por litro de combustível das motocicletas dedicadas à gasolina. Para as motocicletas *flex fuel* utilizando etanol hidratado, considerou-se uma mesma proporção aproximada entre as quilometragens por litro de combustível de automóveis e veículos comerciais leves *flex fuel* utilizando etanol hidratado e utilizando gasolina C. A Tabela 17 resume os valores utilizados no Inventário.

Tabela 17: Quilometragem por litro de combustível para motocicletas

Motor / Combustível	Quilometragem por litro de combustível (km/L)
Gasolina	40
Flex Fuel (Gasolina C)	40
Flex Fuel (Etanol Hidratado)	25

5.3.3. Veículos do ciclo Diesel

Os valores de quilometragem por litro de combustível para veículos ciclo Diesel adotados neste Inventário são apresentados na Tabela 14 da Seção 4.3.

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 6 e 7 foi ajustado com base no consumo de combustível publicado no Balanço Energético Nacional 2010, EPE (2010). Os Gráficos 16 a 18 mostram, para a gasolina C, o etanol hidratado e o diesel, as comparações entre os consumos estimados e observados.

Gráfico 16: Evolução do consumo nacional de gasolina C no transporte rodoviário

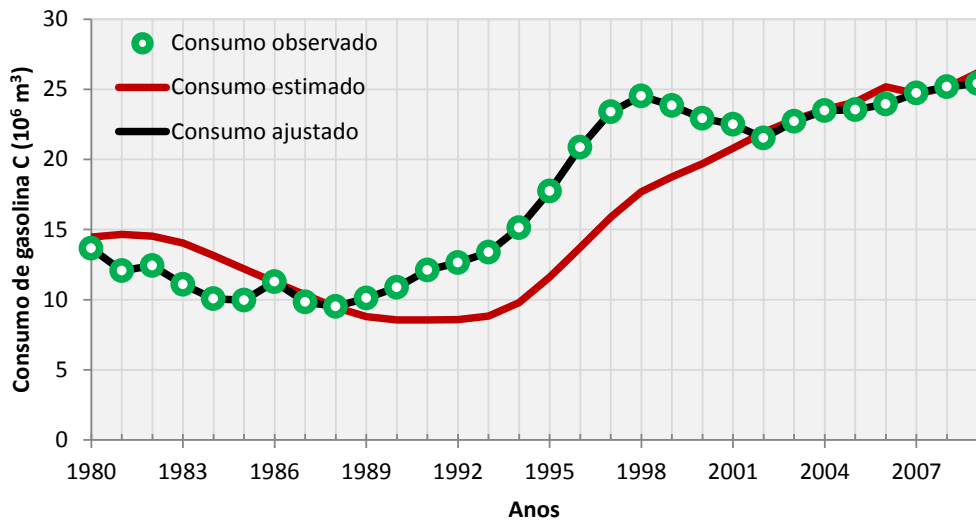


Gráfico 17: Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário

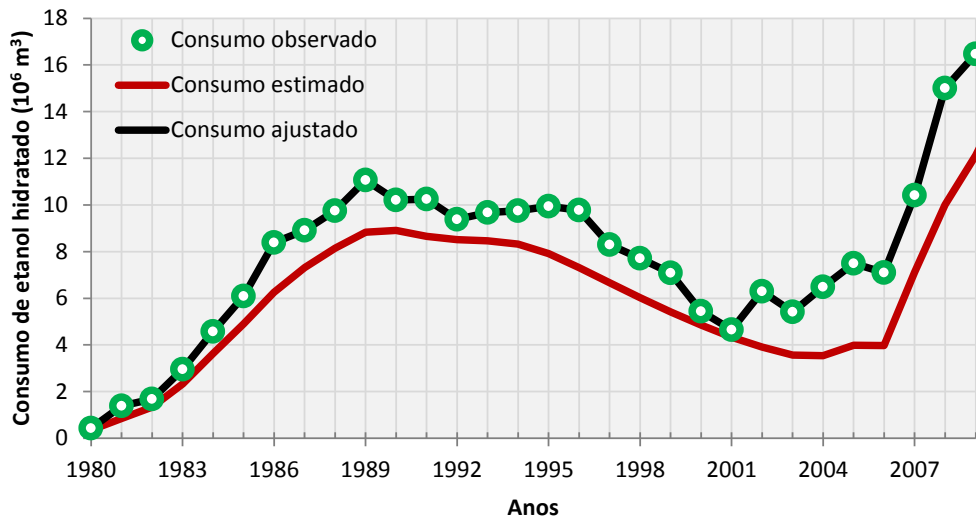
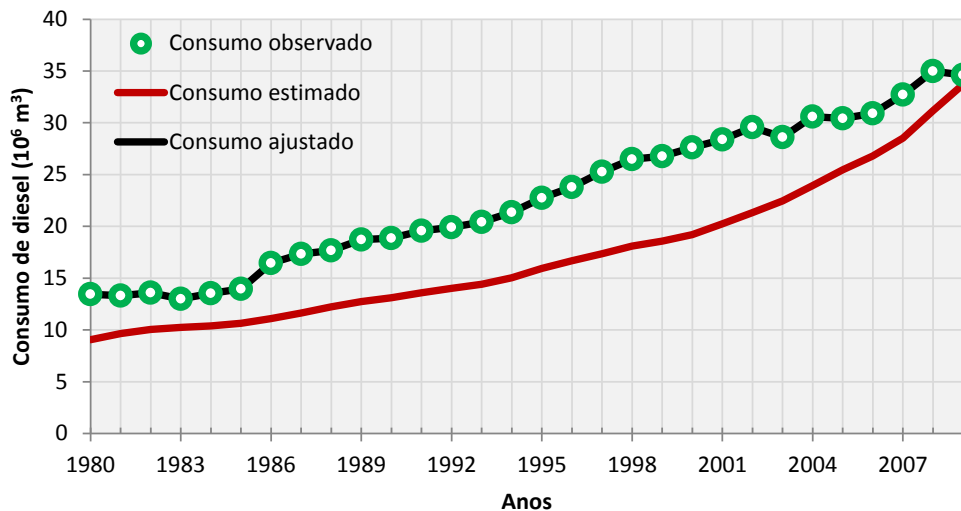


Gráfico 18: Evolução do consumo nacional de diesel no transporte rodoviário



5.5. Consumo de combustível por categoria de veículos

Os Gráficos 19 a 21 mostram, para gasolina C, etanol hidratado e diesel, o consumo de combustível por categoria de veículos resultante neste Inventário.

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

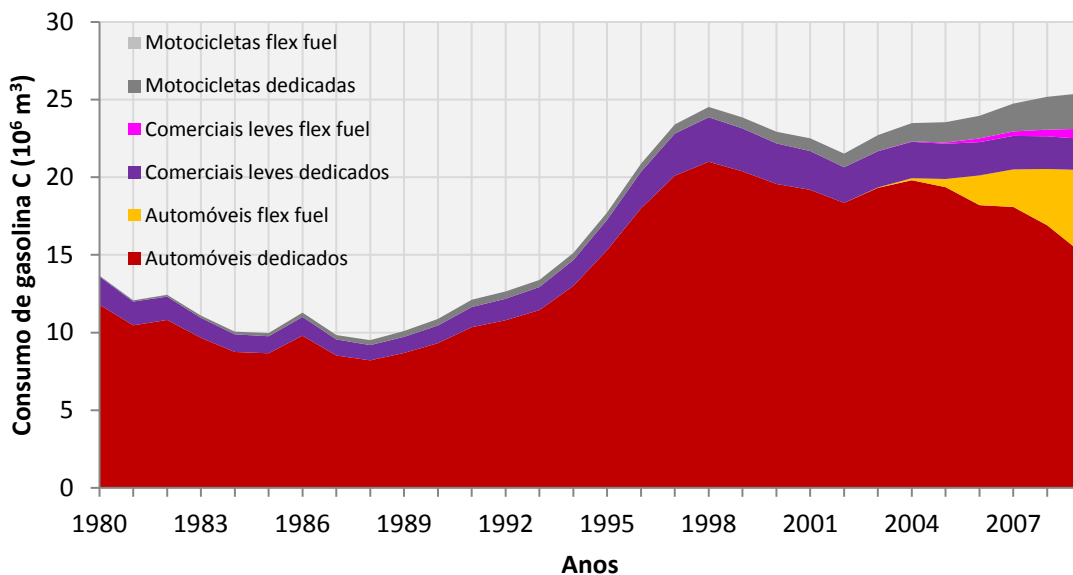


Gráfico 20: Evolução do consumo nacional de etanol hidratado no transporte rodoviário por categoria de veículos

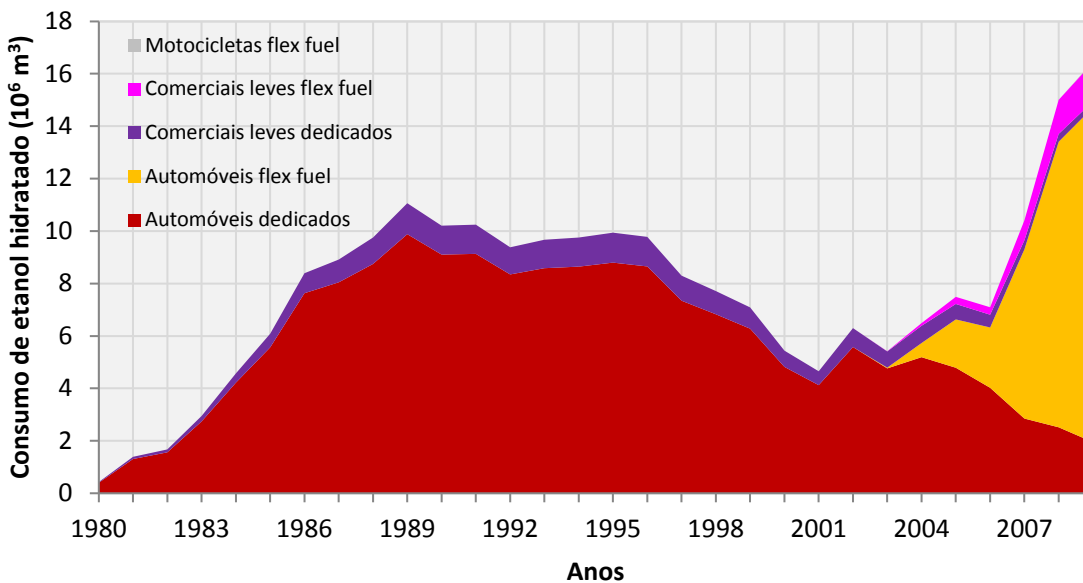
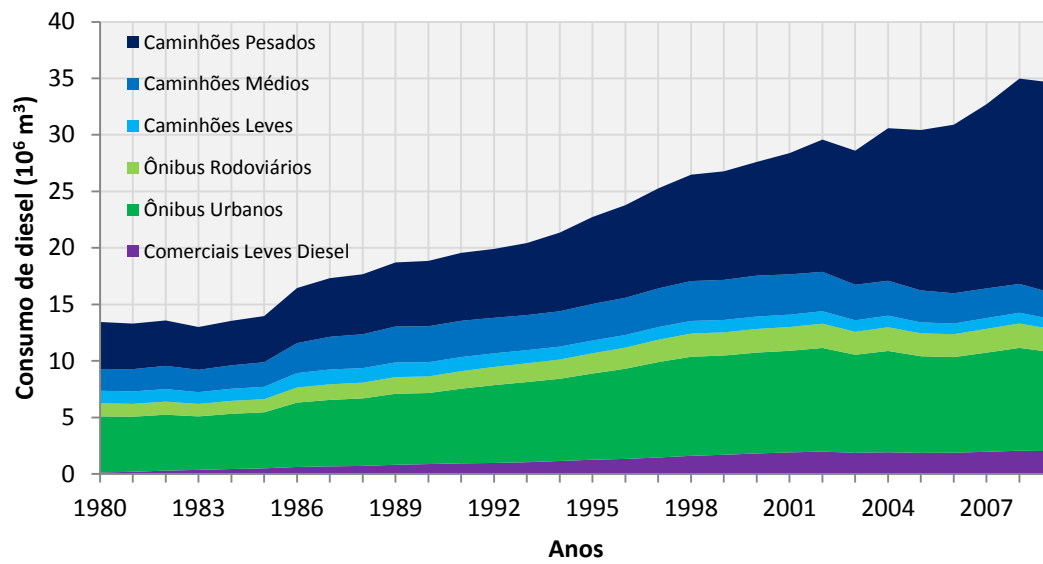


Gráfico 21: Evolução do consumo nacional de diesel no transporte rodoviário por categoria de veículos



6. Resultados

Os resultados do **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários** estão organizados de modo a cobrir diferentes combinações dos dados, e permitir múltiplas análises das emissões inventariadas entre 1980 e 2009, além das emissões projetadas até 2020. Os Gráficos 22 a 43 apresentam as emissões de CO, NO_x, MP, RCHO, NMHC¹⁶, CH₄ e CO₂, por categoria de veículo, por combustível e por fase tecnológica definida pelo PROCONVE e pelo PROMOT.

Além das representações gráficas, o Anexo K traz as tabelas contendo os resultados numéricos das emissões, por categoria de veículos e tipo de combustível.

6.1. Premissas adotadas para a projeção das emissões

O cenário base para as projeções de emissões de 2010 a 2020 adotado não tem o objetivo de “acertar” a situação do futuro mais provável, mas sim, apontar um cenário de referência tendo como base a conjuntura atual

¹⁶ NMHC = NMHC_{escap} + NMHC_{evap} (no caso de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a etanol hidratado).

¹⁷ Até o momento da conclusão deste Inventário, não existe regulamentação aprovada para uma próxima fase do PROMOT.

¹⁸ Fonte: *A Closer Look at the GHG Abatement Potential for Selected Sectors of the Brazilian Economy*, The ClimateWorks Foundation (2009)

de regulações energéticas e ambientais, ou seja, são mantidas as premissas adotadas nos cálculos das emissões históricas, e previstas as fases do PROCONVE e do PROMOT já estabelecidas, (fase P7 para veículos pesados e fase L6 para automóveis e veículos comerciais leves¹⁷).

6.1.1. Frota de veículos

As seguintes premissas foram consideradas na definição de evolução da frota no cenário base:

- **Taxa de crescimento anual das vendas de motocicletas, automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto novos:** 4,8% de 2010 a 2015 e 3,8% de 2016 a 2020¹⁸;
- **Participação de veículos dedicados a gasolina, dedicados a etanol hidratado e flex fuel nas vendas de automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto novos:** mantidas as mesmas proporções observadas em 2009 (para automóveis, respectivamente: 4%, 0% e 96%; para veículos comerciais leves do ciclo Otto: 22%, 0% e 78%);
- **Participação de motocicletas dedicadas a gasolina e flex fuel nas vendas de motocicletas novas:** mantidas as mesmas proporções observadas em 2009 (respectivamente: 88% e 12%);
- **Vendas de veículos do ciclo Diesel novos em 2010:** iguais às vendas em 2008 (valores propostos pelo Grupo de Trabalho instituído pelas portarias ANP nº 54 e nº 60, de 2009, utilizando

na primeira revisão da projeção de demanda de diesel baixo teor de enxofre);

- **Taxa de crescimento anual das vendas de veículos do ciclo Diesel novos de 2011 a 2020:** 5,0% para caminhões, 2,2% para veículos comerciais leves do ciclo Diesel e 1,7% para ônibus (valores proposto pelos Grupos de Trabalho instituídos pelas Portarias ANP nº 54 e nº 60, de 2009, e utilizado na primeira revisão da projeção de demanda de diesel baixo teor de enxofre);
- **Participação de caminhões leves, caminhões médios e caminhões pesados nas vendas de caminhões novos:** mantidas, aproximadamente, as mesmas proporções observadas em 2009 (respectivamente: 30%, 10% e 60%);
- **Participação de ônibus urbanos e rodoviários nas vendas de ônibus novos:** mantidas, aproximadamente, as mesmas proporções observadas em 2009 (respectivamente: 90% e 10%);
- **Curvas de sucateamento de veículos:** mantidas as mesmas dos cálculos das séries históricas.

O Anexo D contém as projeções da frota de veículos para o período de 2010 a 2020.

6.1.2. Fatores de emissão

Considera-se a entrada das novas fases do PROCONVE já regulamentadas: fase P7 para veículos do ciclo Diesel, a partir de 2012, e fase L6 para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, a partir de 2014.

Para os veículos do ciclo Diesel da fase P7, os fatores de emissão já foram apresentados na seção 4.3.

Para os automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, os fatores de emissão foram man-

tidos constantes a partir do ano modelo 2009, com a condição de que respeitassem a fase L6, a partir do ano modelo 2014.

Para as motocicletas, os fatores de emissão do ano modelo 2009 foram adotados para os anos modelos 2010 a 2020, supondo-se que a ausência de regulações específicas mantém inalterados os fatores de emissão.

6.1.3. Intensidade de uso

Em relação à intensidade de uso de referência para o período de 2010 a 2020, foram mantidos inalterados os valores dos cálculos das séries históricas. Quanto à quilometragem por litro de combustível, foram mantidos os valores adotados para os veículos ano-modelo 2009, ou seja, não se considerou qualquer perda ou ganho de eficiência energética.

O consumo de combustível projetado até 2020 foi ajustado com base nas projeções de consumo de combustível apresentados no Plano Nacional de Energia 2030¹⁹, MME (2007), para o diesel, a gasolina A e o GNV; e nas Projeções do Agronegócio, MAPA (2009), para o etanol.

A projeção do consumo de diesel em 2020 coincidiu com o valor apresentado para o cenário “Na Crista da Onda” do PNE 2030. Além disso, a mistura de biodiesel no diesel comercial foi mantida em 5% para todo o período entre 2010 e 2020.

Para a gasolina A e o GNV, as projeções do consumo de combustível em 2020 coincidiram com média aritmética dos valores apresentados nos cenários “Náufrago” e “Na Crista da Onda” do PNE 2030.

No caso do etanol, não se utilizou o PNE 2030, uma vez que este não previu a penetração de veículos *flex fuel*, na escala em que vem ocorrendo desde 2003²⁰. É importante destacar também, que a fração de veículos *flex fuel* utilizando etanol hidratado e a utilizando gasolina C foi mantida a mesma adotada para o ano 2009.

6.2. Emissões de monóxido de carbono (CO)

O Gráfico 22 mostra as emissões de CO por categoria de veículo. É de se destacar a acentuada queda nas emissões de CO a partir de 1991, passando de cerca de 5,6 milhões de toneladas em 1991, para 1,5 milhões de toneladas em 2009. Não por acaso, a re-

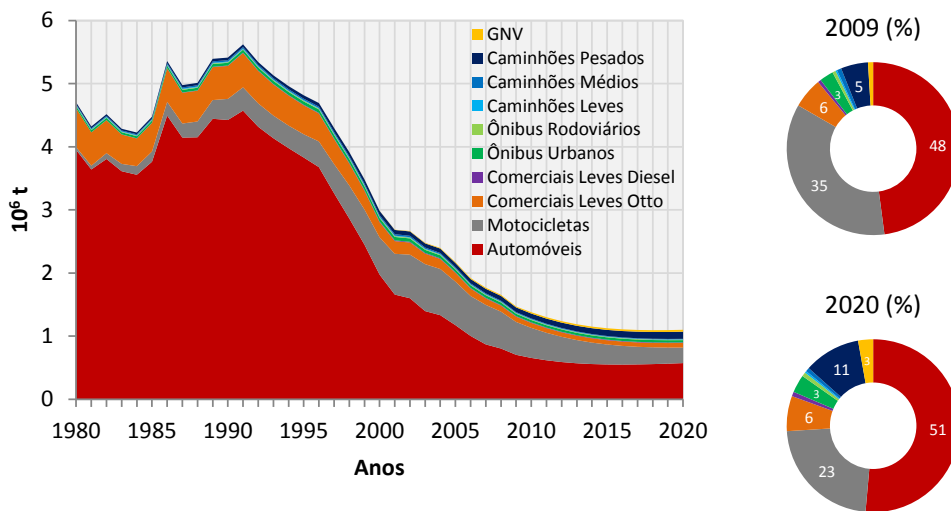
¹⁹ O PNE 2030 apresenta projeções de consumo de combustível para quatro cenários econômicos no país: “Náufrago”, “Pedalinho”, “Surfando a Marola” e “Na Crista da Onda” (do mais pessimista para o mais otimista do ponto de vista econômico). O cenário “Na Crista da Onda” do PNE 2030 também é utilizado na primeira revisão da projeção de demanda de diesel baixo teor de enxofre dos Grupos de Trabalho instituídos pelas Portarias ANP nº 54 e nº 60, de 2009.

²⁰ Primeiramente calculou-se o consumo projetado de etanol anidro, a partir do consumo projetado de gasolina A (mantendo-se o teor de etanol anidro na gasolina C em 25%), para então ajustar o consumo total de etanol (hidratado e anidro) às projeções oficiais.

dução nas emissões de CO é frequentemente citada como caso de sucesso nos programas de controle de poluição veicular como o PROCONVE e o PROMOT. Convém observar, no entanto, que reduções adicionais nas emissões de CO não deverão ocorrer ao longo do período de 2010 a 2020. O mesmo Gráfico 22 mostra a contribuição relativa das categorias de veí-

culos em 2009, evidenciando que os veículos do ciclo Otto (automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas) foram responsáveis por aproximadamente 90% das emissões, destacando-se os automóveis com 48%. Vale notar que a grande participação do transporte "individual" de passageiros (automóveis e motocicletas) nas emissões de CO deverá predominar,

Gráfico 22: Emissões de CO por categoria de veículos



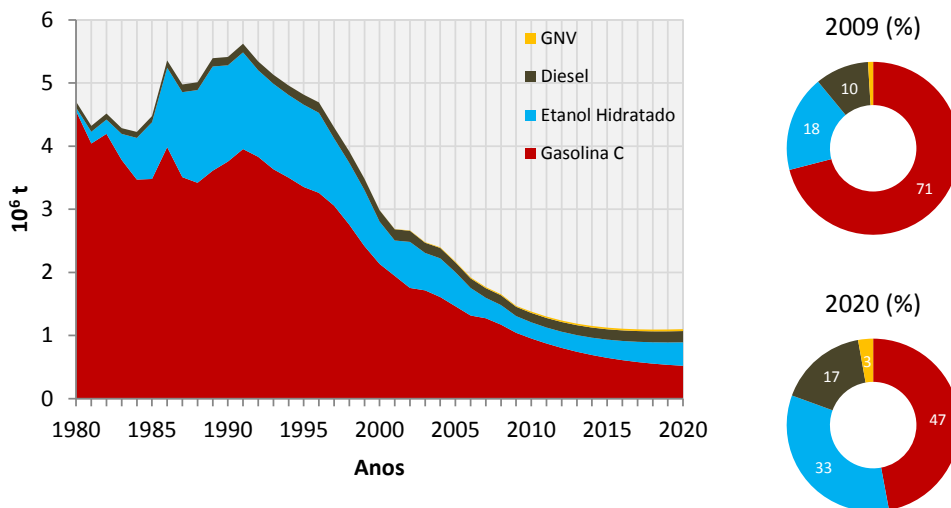
pelo menos até 2020, quando sua participação ainda continuará acima dos 70%.

Quando os resultados são analisados sob o ponto de vista da participação dos combustíveis, observa-se na um aumento da contribuição futura do

etanol hidratado nas emissões de CO, passando de 18% em 2009, para 33% em 2020.

Gráfico 23, um aumento da contribuição futura do etanol hidratado nas emissões de CO, passando de 18% em 2009, para 33% em 2020.

Gráfico 23: Emissões de CO por tipo de combustível

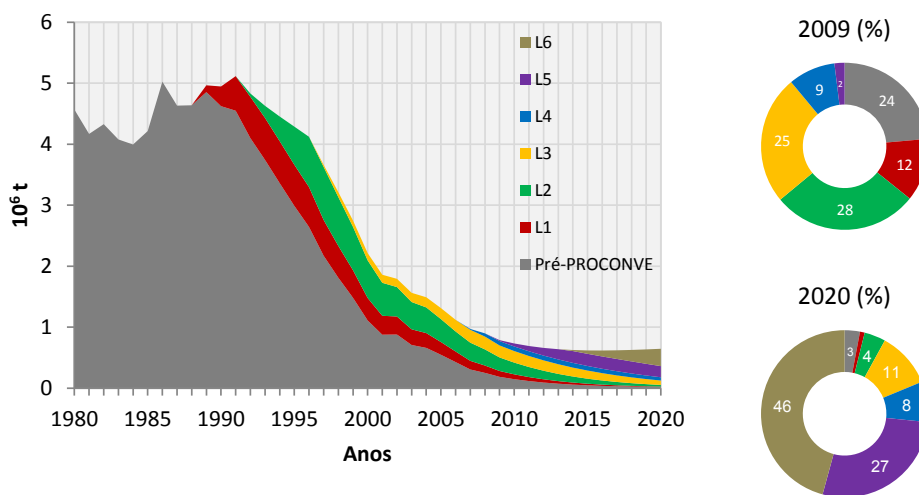


Outras análises dos resultados podem ser empreendidas, por exemplo, correlacionando-os com diferentes fases tecnológicas introduzidas pelo PROCONVE e pelo PROMOT. Como exemplo, no Gráfico 24 fica evidente que desde o início da década de 1990 e, em cada fase subsequente do PROCONVE, as emissões de CO por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, foram pro-

gressivamente reduzidas, com destaque para os resultados decorrentes da introdução dos catalisadores veiculares no país em 1997, quando entrou em vigor a fase L3.

Um ponto a destacar é que, já em 2020, devido ao sucateamento dos veículos mais antigos, os veículos da fase L5 (atual) e L6 (previstos para 2014) responderão por quase 75% das emissões de CO.

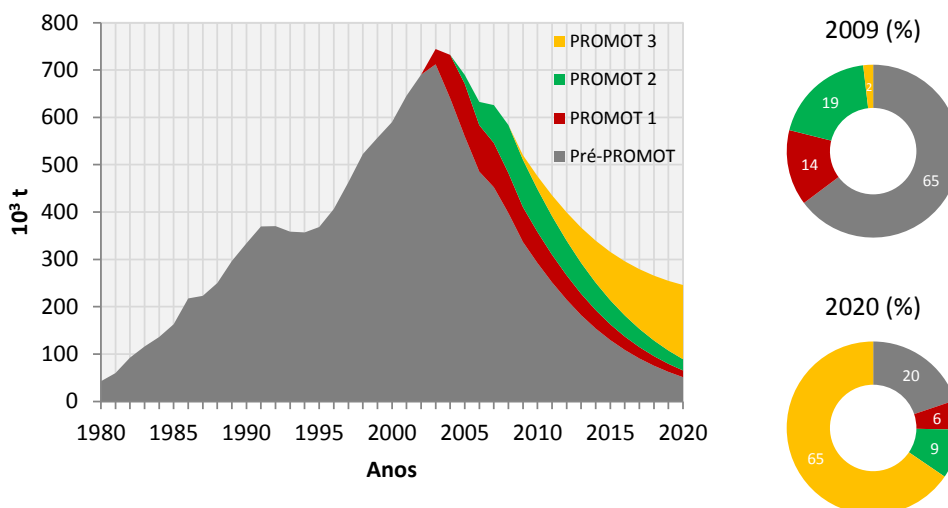
Gráfico 24: Emissões de CO por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE



Quando às motocicletas, após o pico de emissão observado em 2003, observou-se um declínio desses números com a entrada em vigor das pri-

meiras fases do PROMOT (PROMOT 1 e PROMOT 2), e que se intensificou na terceira fase (PROMOT 3), como mostra o Gráfico 25.

Gráfico 25: Emissões de CO por motocicletas por fase do PROMOT



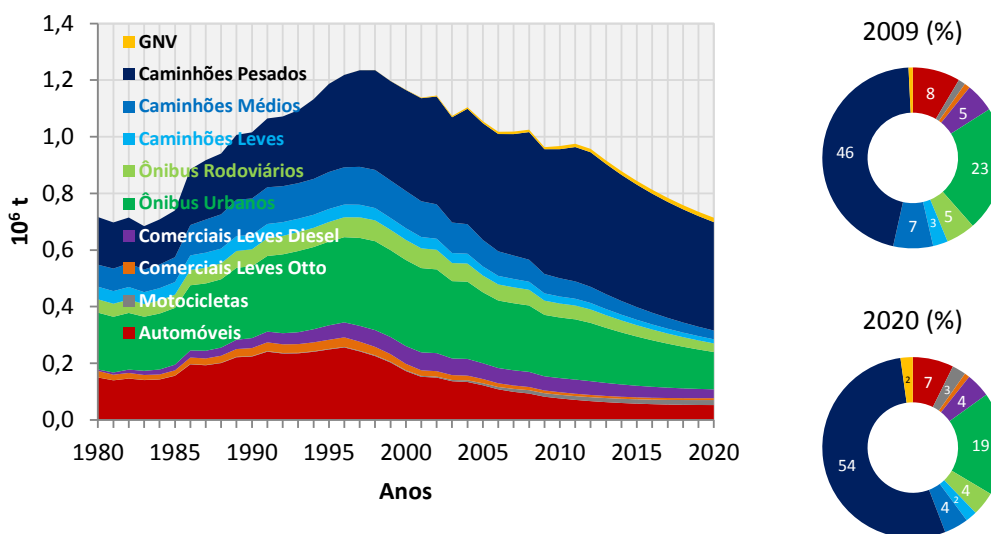
6.3. Emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x)

As estimativas de emissão de NO_x, por categoria de veículos e por tipo de combustível (Gráficos 26 e 27, respectivamente), mostram, em linhas gerais, resultados que deslocam o foco de atenção principalmente para a frota de veículos movidos a diesel.

No Gráfico 26 pode-se observar que houve um crescimento bastante significativo das emissões de NO_x entre 1985 e 1998, atingindo um pico em torno de 1,2 milhões de toneladas ao final dos anos 1990, devido, principalmente, ao

crescimento da frota de veículos do ciclo Diesel anteriores à entrada do PROCONVE. A partir da década de 2000, observa-se uma importante redução na curva de emissões, tendência que será mantida até 2020. Um ponto a destacar é a grande importância dos caminhões pesados que, em 2009, responderam por 49% das emissões devendo chegar a 54% em 2020, uma vez inalterada a recente preponderância dos caminhões pesados nas vendas de caminhões novos. Quanto aos ônibus urbanos, a participação passará de 23% em 2009, para 19% em 2020.

Gráfico 26: Emissões de NO_x por categoria de veículos



Já o Gráfico 27 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 2009 responderam por 88%, contra 8% da gasolina C, 3% do etanol hidratado e 1% decorrente do GNV. As emissões estão, portanto, concentradas nos veículos transportadores de carga, em contrapartida à menor contribuição da parcela oriunda do transporte de passageiros. Ao considerar as estimativas para 2020, esse cenário não se altera significativamente. Se as representações anteriores permitem dimensionar a magnitude e o comportamento geral das emissões de NO_x, trazem desagregações importantes para conhecer a influência da evolução das fa-

ses do PROCONVE, tanto nas emissões por veículos pesados movidos a diesel, como nas emissões por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto.

É possível verificar no Gráfico 28 que a introdução das fases P4 e P5, desaceleraram e até impediram o crescimento das emissões de NO_x por veículos do ciclo Diesel, caracterizando uma sutil queda entre os anos 2000 e 2009. Além disso, as projeções indicam um decréscimo que será mais acentuado a partir de 2012 com a entrada da fase P7 do PROCONVE, chegando a apontar para um nível de emissão em 2020 que poderá ser bem próximo do observado para a década de 1980. O ponto a destacar é que, por conta do sucateamento dos veículos mais antigos, já em 2020 os veículos da fase P5 (atual) e P7 (prevista para 2012) responderão por mais de 60 % das emissões de NO_x.

Gráfico 27: Emissões de NO_x por tipo de combustível

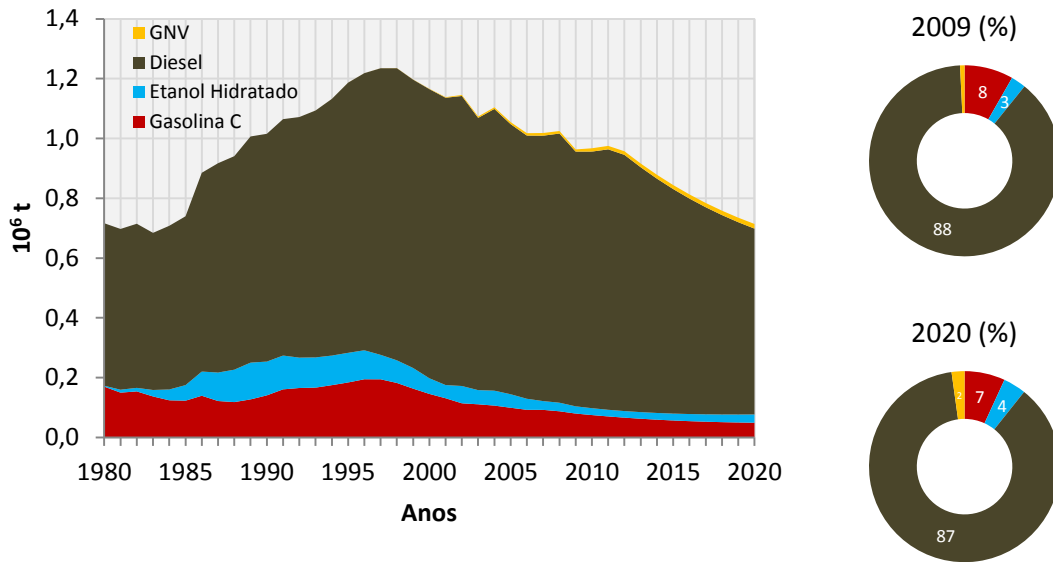
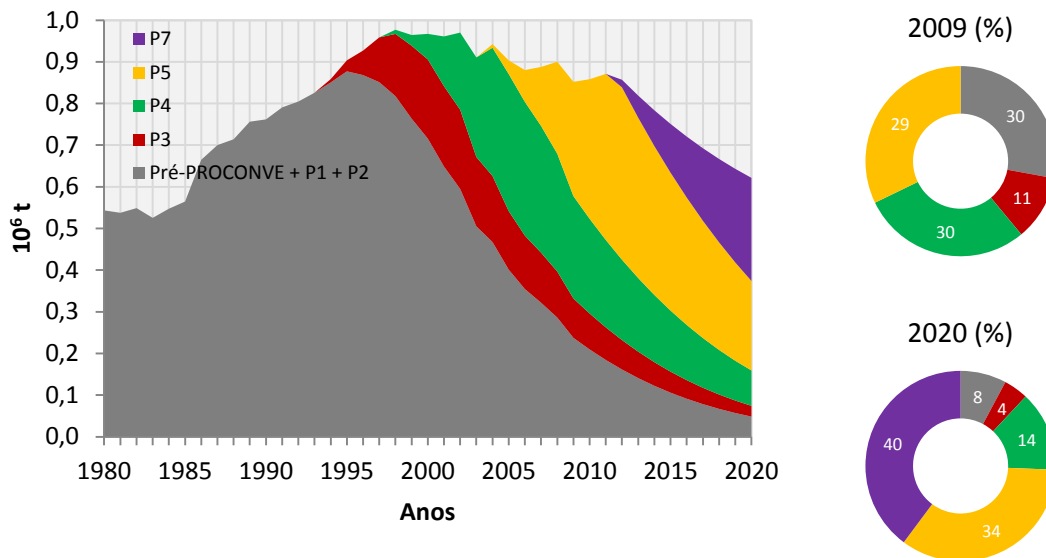


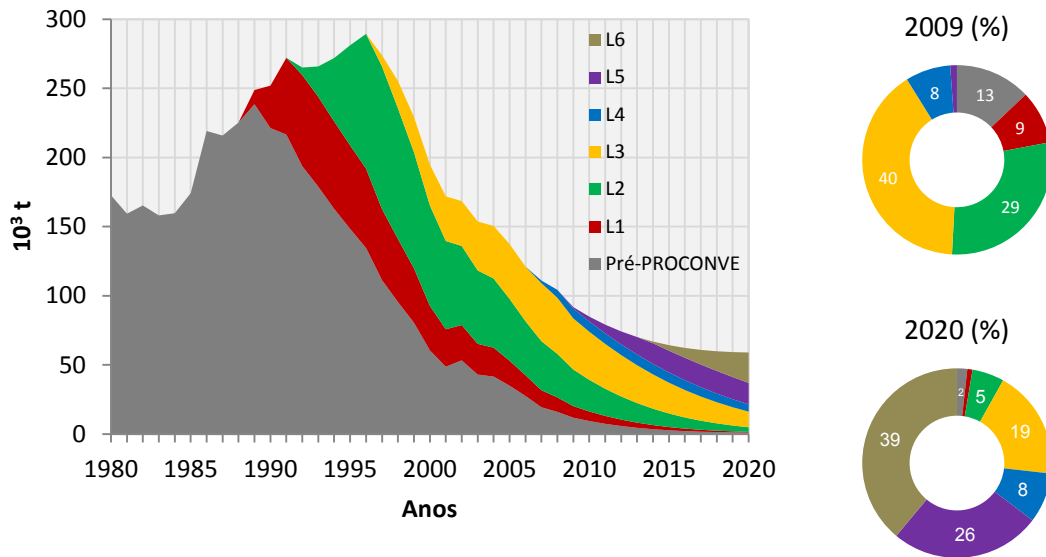
Gráfico 28: Emissões de NO_x por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE



Quanto aos automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, nota-se no Gráfico 29 que as emissões de NO_x 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. Estimativas apontam para uma leve redução nessas emissões até a segunda metade da década de 2010, quando já estará em vigor a fase L6, com perspectivas futuras de que esses níveis de emissão comportem-se de maneira relativamente constante.

Gráfico 29: Emissões de NO_x por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE



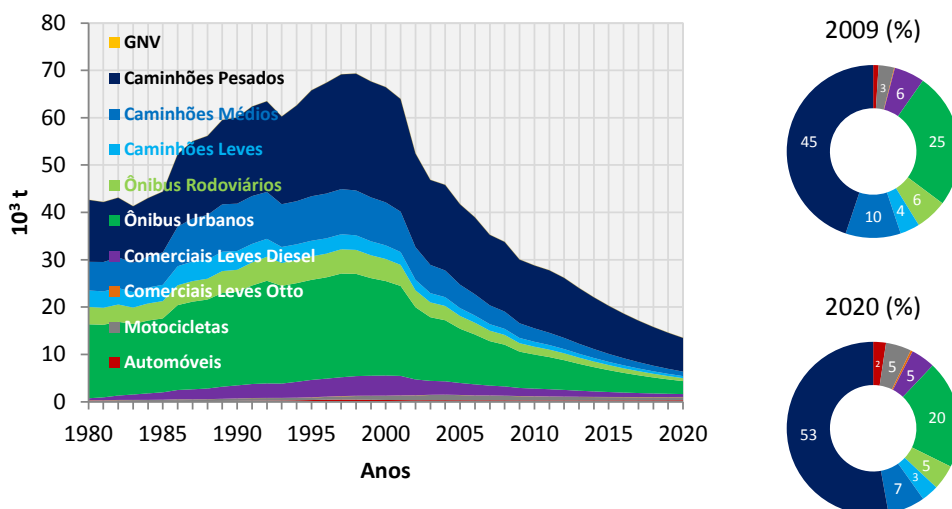
6.4. Emissões de material particulado (MP)

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 sobre este poluente.

O Gráfico 30 ilustra o comportamento temporal das emissões de MP por categoria de veículos, ressaltando uma curva crescente que persistiu até 1997, ano em que foram lançadas 69 mil toneladas do poluente. A partir daí teve início uma contínua queda

nas emissões, de forma que em 2009 elas corresponderam a menos da metade do observado em 1997. Ainda assim, a participação relativa das categorias de veículos não se alterou de forma significativa. Em 2009 o segmento de caminhões pesados respondeu por 45% das emissões, ao passo que a frota de ônibus urbanos, foi responsável pelo lançamento de 20% do MP para a atmosfera. Essa correlação sofre alguma modificação nas estimativas para 2020, pois se amplia a participação de caminhões pesados para 53%, ao passo que a dos ônibus urbanos encolhe para 20%.

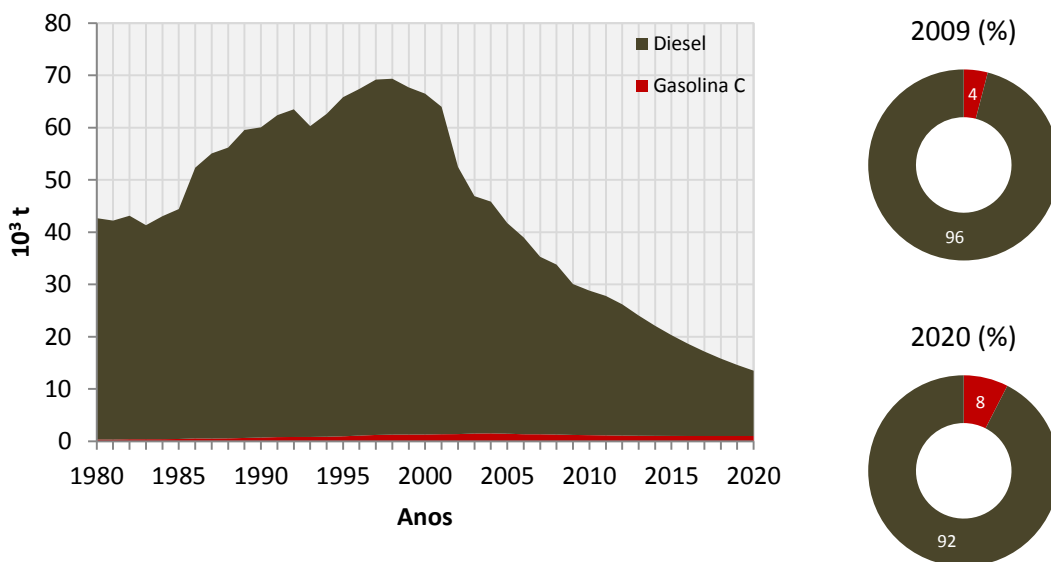
Gráfico 30: Emissões de MP por categoria de veículos



O Gráfico 31 permite observar esses mesmos números, só que à luz da participação dos combustíveis, e reforça o observado na desagregação da frota. Nela, verifica-se que 96% de todo

MP emitido em 2009 pelo setor de transporte rodoviário vem do diesel, contra apenas 4% da gasolina C, patamares que se mantêm nas projeções feitas para 2020.

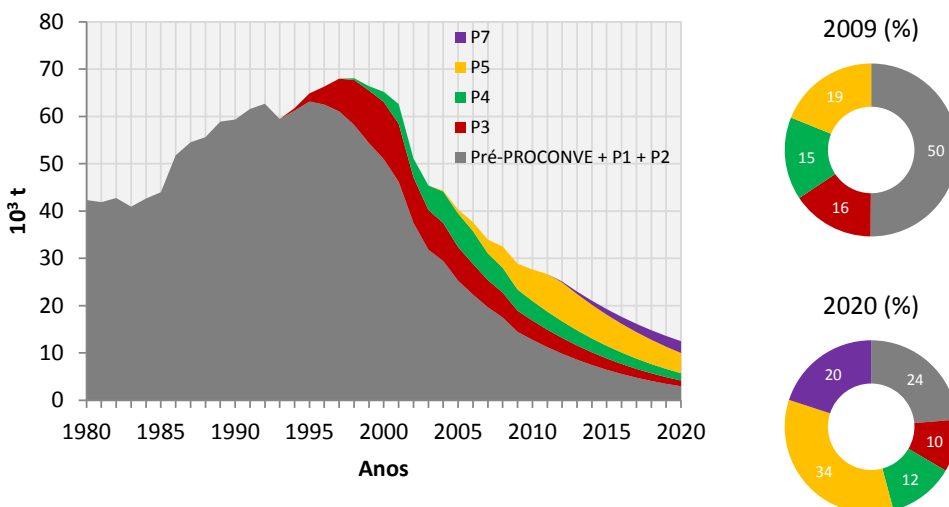
Gráfico 31: Emissões de MP por tipo de combustível



Os efeitos da adoção de limites de emissão, cada vez mais restritivos por parte do PROCONVE, são nitidamente observados quando se trata da emissão de MP por veículos do ciclo Diesel. O Gráfico 32 dá a dimensão das reduções progressivas dessas emissões, principalmente a partir de 2002,

quando vigorava a fase P4 do programa. Esse processo se acelerou com a fase P5, mas em face da não implantação de ações projetadas (fase P6 em 2009), a estimativa é que uma tendência maior de redução de emissões só terá impulso a partir de 2012, com a entrada em vigor da fase P7 do PROCONVE.

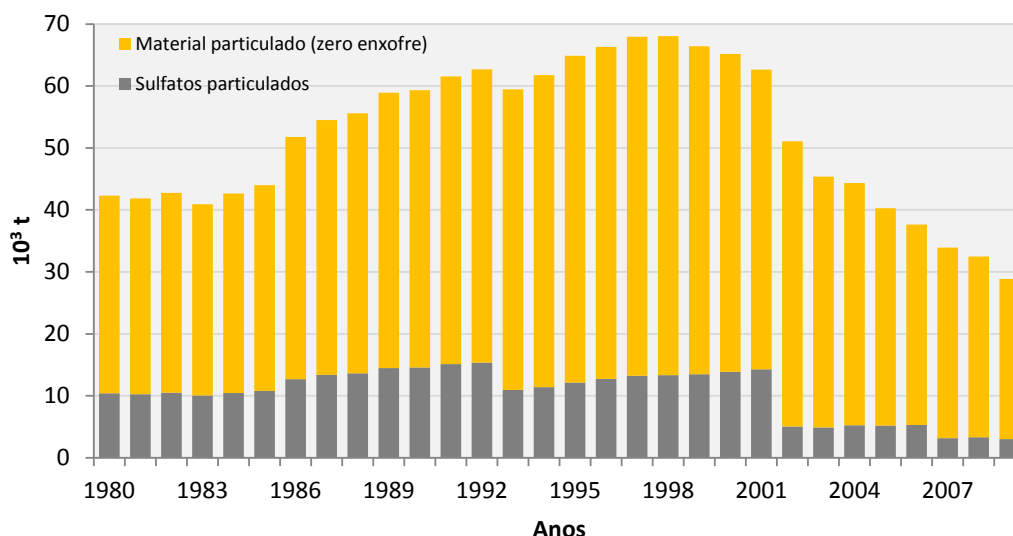
Gráfico 32: Emissões de MP por veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE



Outra informação proporcionada pelo Inventário, e apresentada no Gráfico 33, diz respeito à desagregação das emissões de MP por veículos do ciclo Diesel em (i) sulfatos particulados, e (ii) outros compostos, independentes do teor de enxofre no combustível (MP “zero enxofre”). No referido gráfico, o comportamento das emissões desses sulfatos presentes nos combustíveis comercializados

assumem uma forma “dentada” ou em “serra”, que refletem períodos onde as emissões aumentam de acordo com o aumento do volume de diesel consumido, e diminuem abruptamente nos anos em que é imposta nova restrição de teor máximo de enxofre no combustível. Os procedimentos adotados no cálculo das emissões de sulfatos particulados estão descritos no Anexo G.

Gráfico 33: Emissões de MP_{zero enxofre} e sulfatos particulados por veículos do ciclo Diesel

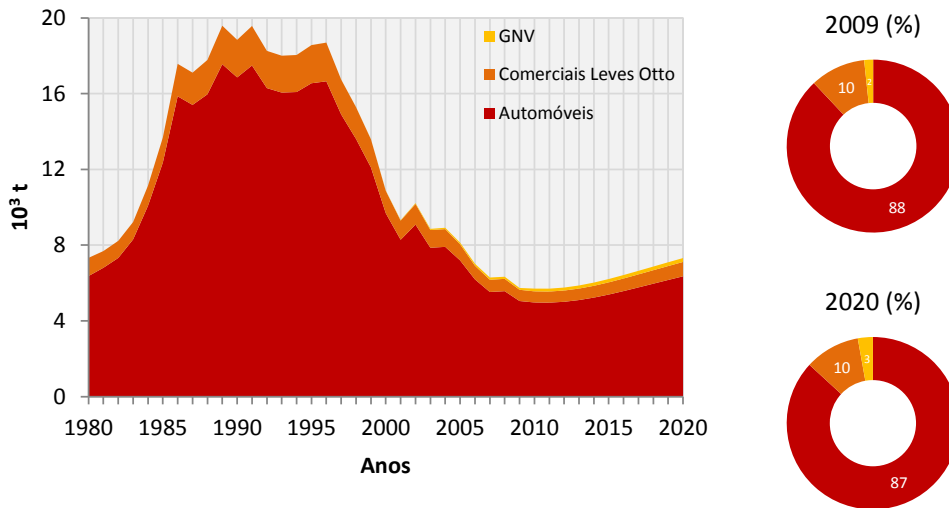


6.5. Emissões de aldeídos (RCHO)

Os aldeídos são poluentes típicos dos veículos do ciclo Otto, principalmente daqueles movidos a etanol. Assim, como se pode observar no Gráfico 34, as emissões de aldeídos apresentaram rápido crescimento durante a década de 1980 as emissões de aldeídos apresentaram rápido crescimento durante a década de 1980, permanência em patamares ao redor de 18 mil toneladas anuais até a segunda metade da década de 1990, e queda a partir de então.

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 1980, e primeira metade de 1990.

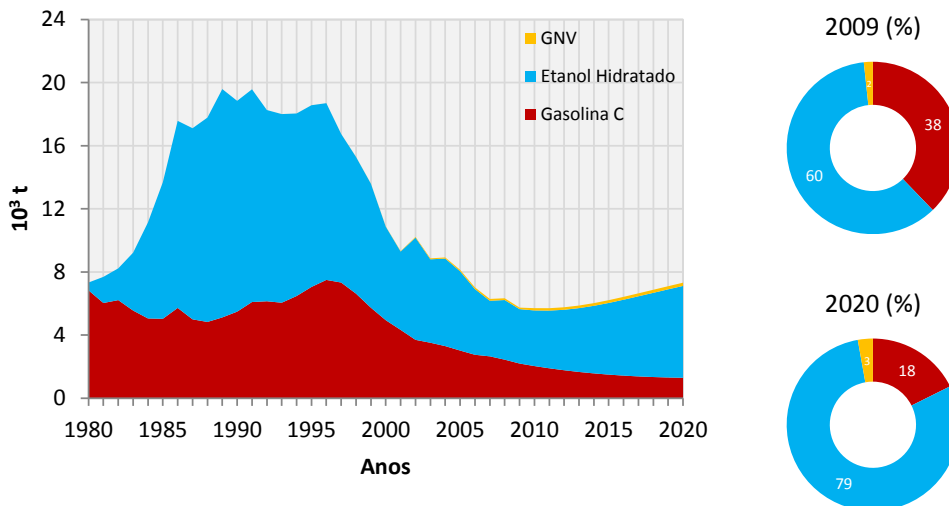
Gráfico 34: Emissões de RCHO por categoria de veículos



O Gráfico 35 reforça o impacto do etanol hidratado na emissão desse poluente. Nele, observa-se que em 2009 este combustível foi responsável por 60% da emissão total de aldeídos, contra 38% da gasolina. As projeções de aumento da frota de

veículos *flex fuel* no país, também sinalizam para uma ampliação da participação do etanol hidratado no médio prazo, levando as estimativas de que, em 2020, 79% do aldeído emitido provirá da queima de etanol hidratado, 18% da gasolina C, e 3% do GNV.

Gráfico 35: Emissões de RCHO por tipo de combustível



6.6. Emissões de hidrocarbonetos não-metano (NMHC)

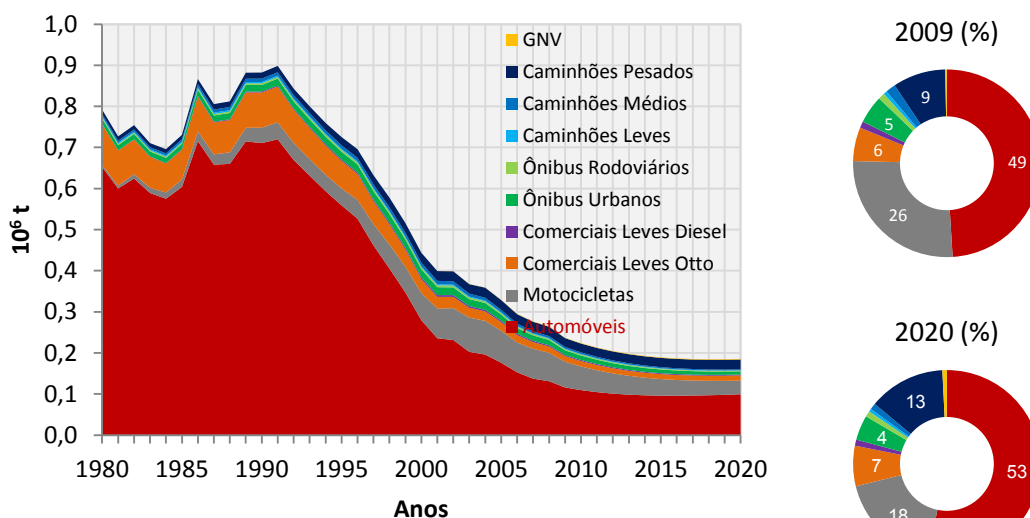
Os NMHC estão entre os precursores da formação do ozônio (O₃) troposférico poluente, cujas concentrações nos centros urbanos brasileiros têm ultrapassado sistematicamente o padrão nacional de qualidade do ar. Os resultados do Inventário mostram uma tendência geral de queda das emis-

sões de NMHC desde o início dos anos 1990 até os dias de hoje, e perspectivas de estabilização desses números na década subsequente, como mostra o Gráfico 36. A participação relativa das categorias de veículos revela, em todo o período de cobertura do Inventário, serem os automóveis os maiores emissores. O Gráfico 36 mostra que em 2009 as emissões se distribuíram da seguinte forma: 49% oriundas de

automóveis, 26% de motocicletas, 9% de caminhões pesados e 6% de veículos comerciais leves do ciclo Otto. 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 do ciclo Otto, uma mudança significativa do quadro observado nos anos 1990.

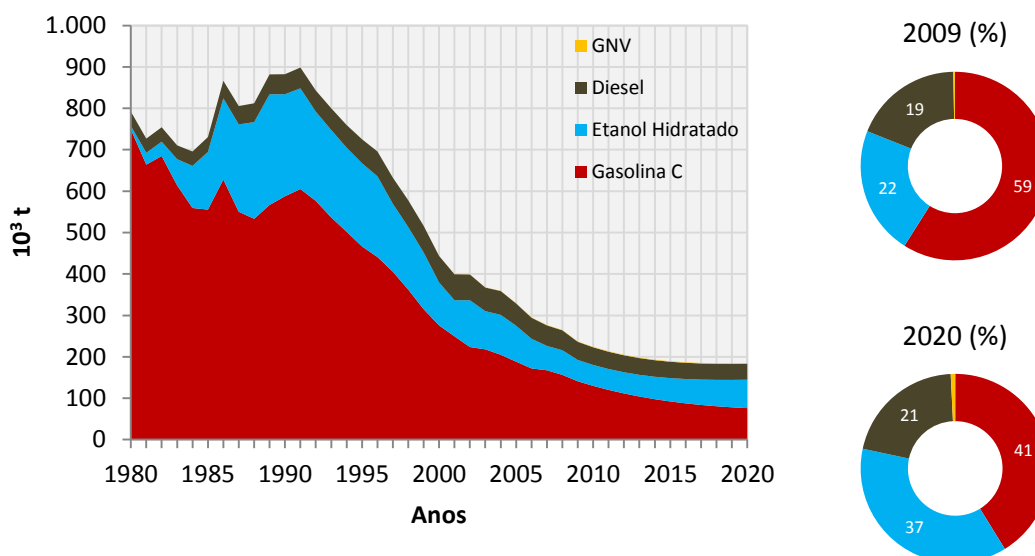
Gráfico 36: Emissões de NMHC por categoria de veículos



Ainda no plano geral observa-se que, apesar do sabido crescimento das frotas de veículos no país, existe uma tendência clara de estabilização das emissões desses compostos até 2020, sobretudo em face da adoção de limites progressivamente mais restritivos.

Em relação à participação relativa dos combustíveis na emissão de NMHC, vide o Gráfico 37, observa-se em 1990 que a gasolina C era responsável por cerca de dois terços das emissões, mas a sua participação relativa vem diminuindo, chegando a 41% em 2020, principalmente por causa da crescente competição com o etanol hidratado.

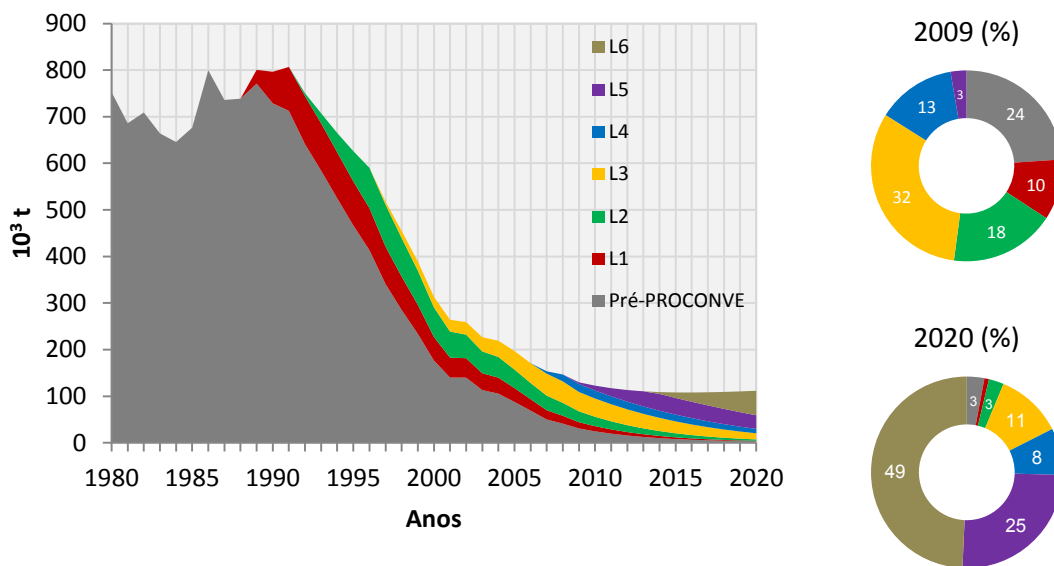
Gráfico 37: Emissões de NMHC por tipo de combustível



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 38, vê-se esta acentuada queda das emissões na década de 1990, uma queda consistente, porém mais lenta, na década de 2000, e uma relativa estabilização na década de 2010.

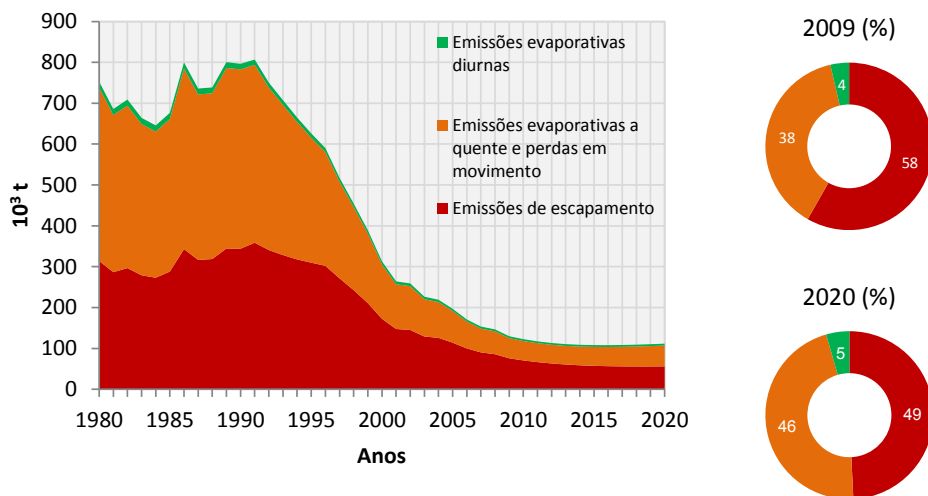
Gráfico 38: Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por fase do PROCONVE



O comportamento de queda e estabilização também é notado tanto nas emissões de escapamento, quanto nas emissões evaporativas. No que trata dessas últimas, o Gráfico 39 mostra uma gran-

de 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 39: Emissões de NMHC por automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto por tipo de emissão

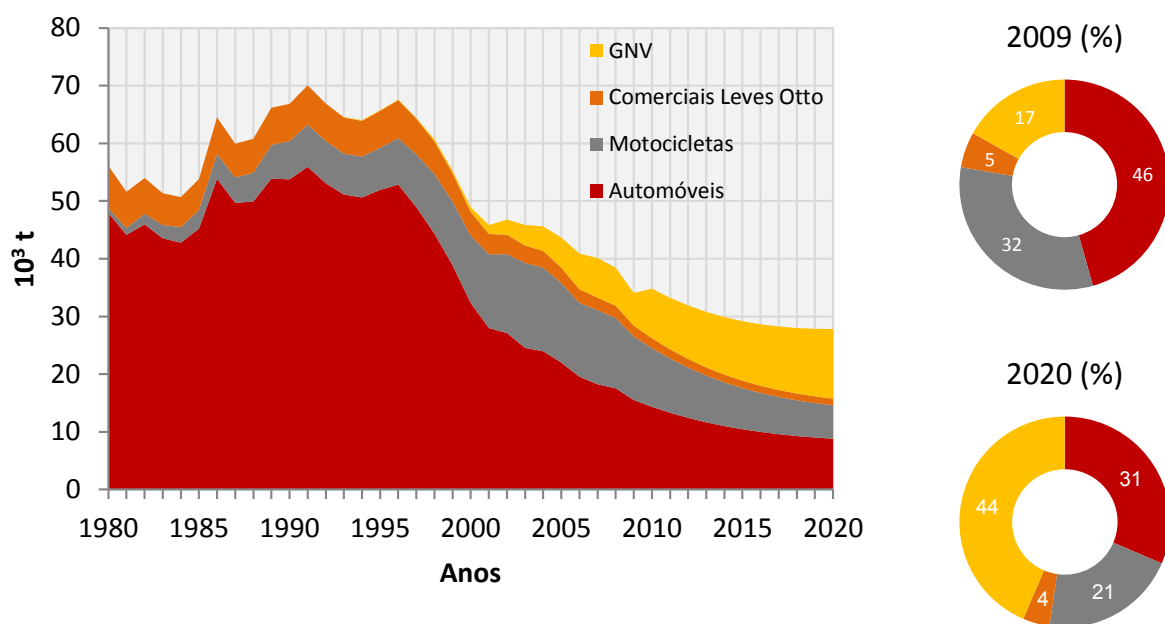


6.7. Emissões de metano (CH₄)

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. Dessa forma, os resultados apresentados no Gráfico 40 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 1990,

e por motocicletas, mais recentemente. Por outro lado, a partir do ano 2000, a contribuição de veículos movidos a GNV para o conjunto das emissões vem aumentando significativamente, de forma que em 2009 elas já representavam 17%. Isso aponta para estimativas de que em 2020 as emissões podem estar assim distribuídas: 31% oriundas de automóveis (movidos a gasolina C e etanol hidratado), 21% de motocicletas (majoritariamente movidas a gasolina C), 4% de veículos comerciais leves do ciclo Otto (movidos a gasolina C e etanol hidratado) e 44% de veículos movidos a GNV.

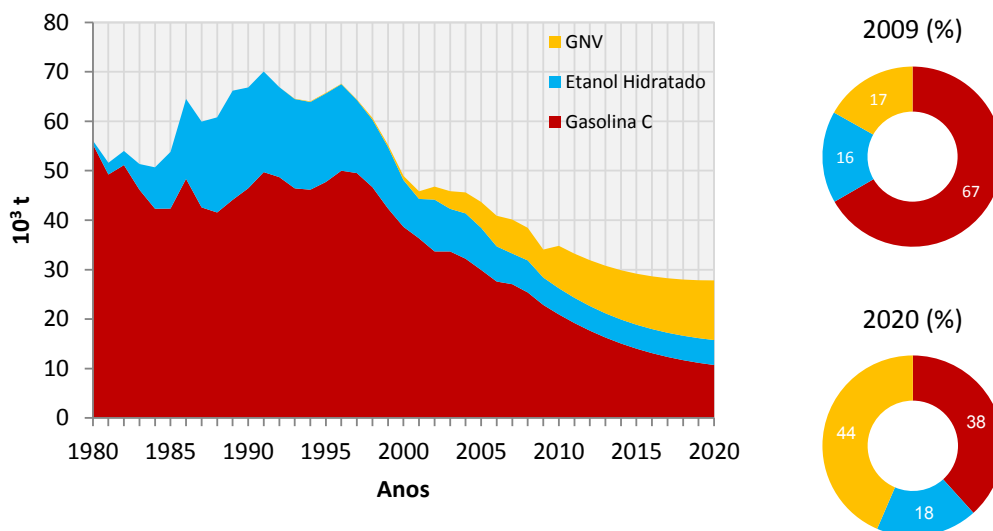
Gráfico 40: Emissões de CH₄ por categoria de veículos



Assim, tomando como foco a participação relativa dos diferentes combustíveis veiculares, o Gráfico 41 mostra que, em 2009, 67% do CH₄ foi emitido a partir da queima de gasolina C, 16% de etanol hidratado e 17% de GNV, contudo, as estimativas para 2020 dão conta de que essa participação poderá estar assim constituída: 39% de gasolina, 18% de etanol hidratado e 43% do 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. Deste 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 41: Emissões de CH₄ 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 escapamento, 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.

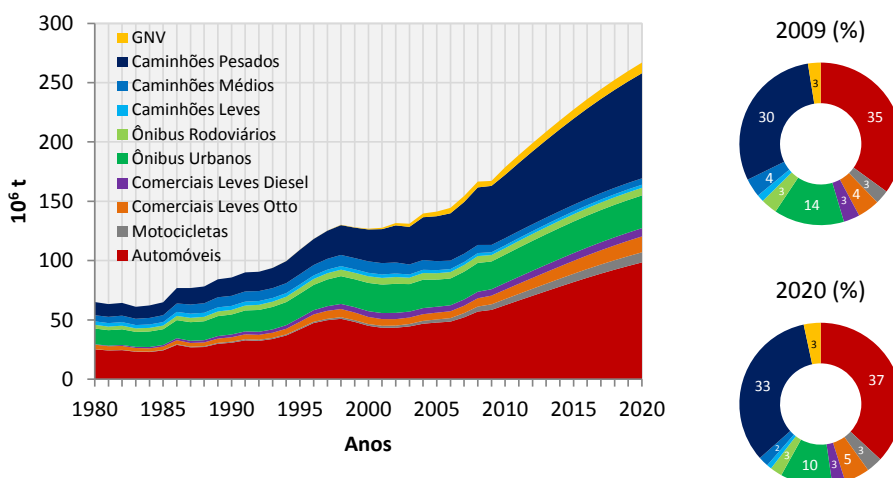
O Gráfico 42 ilustra a participação das diferentes categorias de veículos e mostra um cenário geral marcado por curvas de emissão predominantemente ascendentes desde 1980, com intervalos breves de relativa estabilização, por exemplo, entre 1998 e 2003, quando foram emitidas cerca de 130 milhões de toneladas a cada ano.

Detendo-se no quadro mais recente, em 2009 foram emitidas quase 170 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 14% de ônibus urbanos.

No mesmo gráfico pode-se notar as estimativas para 2020, quando o setor de transporte rodoviário poderá emitir cerca de 60% a mais do que em 2009, alcançando cerca de 270 milhões de toneladas de CO₂, com percentuais de participação relativa das categorias sofrendo poucas alterações, em que se destaca a redução da participação dos ônibus. Assim, do total dessas emissões em 2020, 36% virá da frota de caminhões, 13% de ônibus, 40% de automóveis (incluindo os veículos movidos a GNV), e 3% de motocicletas.

Gráfico 42: Emissões de CO₂ por categoria de veículos

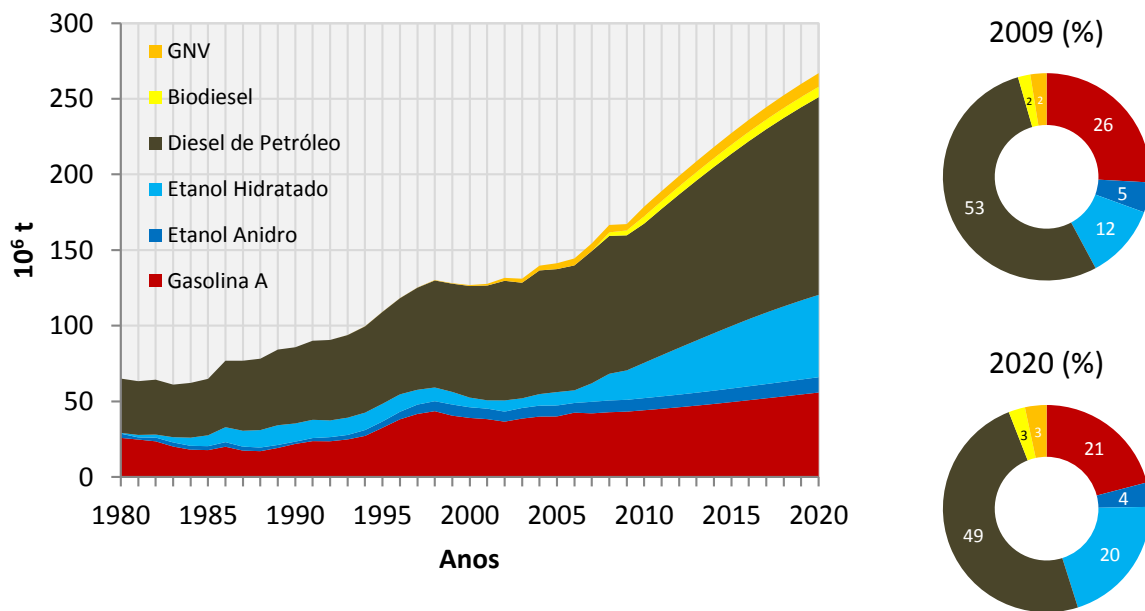


Os resultados da participação desagregada da frota na emissão de CO₂ remetem também à análise da contribuição relativa dos combustíveis. Assim, o Gráfico 43 mostra que do total de emissões do setor de transporte rodoviário em 2009, 53% veio da queima de óleo diesel de origem fóssil, 2% do biodiesel, 26% da gasolina, 17% do etanol e 2% do GNV.

Ao projetar para 2020, essa participação relativa poderá se alterar, por exemplo, pela desaceleração das emissões associadas à gasolina, explicada principalmente pela rápida ascensão da frota

de veículos *flex fuel* e mercado favorável ao etanol em anos recentes. Desse modo, as emissões de CO₂ naquele ano poderão estar assim distribuídas: 49% originadas da queima de diesel fóssil, 21% da gasolina, 3% do GNV, 24% do etanol e 2% do biodiesel. Consideradas apenas as emissões de CO₂ oriundas da queima de combustíveis fósseis, em 2020 serão aproximadamente 196 milhões de toneladas, das quais 131 milhões de toneladas associadas ao diesel, 56 milhões de toneladas associadas à gasolina e 9 milhões de toneladas associadas ao GNV.

Gráfico 43: Emissões de CO₂ por tipo de combustível



7. Recomendações

O **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários** representa, em sua escala de aplicação, um avanço importante na oferta de dados oficiais voltados ao suporte de políticas e programas de melhoria tecnológica de veículos, combustíveis e da qualidade ambiental.

Ao longo da elaboração do inventário o GT deparou-se com lacunas muito significativas nas informações disponíveis no país, o que requereu, em muitos casos, a adoção de premissas e simplificações como forma de utilizar os melhores dados disponíveis no momento. Isso equivale a dizer que serão necessárias atividades futuras para aperfeiçoamento das rotinas de geração de informações e a elaboração de estudos específicos, de modo a reduzir ainda mais quaisquer incertezas nos cálculos de emissões.

Logo, as principais recomendações do GT aqui elencadas dizem respeito à busca por dados cada vez mais confiáveis sobre a frota de veículos, sua intensidade de uso, os valores de quilometragem por litro de combustível, entre outros, que permitam a elaboração de novos inventários progressivamente mais sofisticados, inclusive do ponto de vista de sua resolução espacial e temporal, tornando-os, de fato, ferramentas cujas aplicações tenham lastro institucional e se ampliem para múltiplos usos.

7.1. Melhoria da qualidade das informações

Por constituir um instrumento que, em qualquer tempo, permite entender o estado atual das emissões e fazer estimativas futuras, os métodos adotados nos inventários 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. Em sua totalidade, um inventário de emissões nunca é, portanto, mais preciso do que os dados utilizados em seus cálculos individualmente, o que torna necessário adotar premissas claras para sua construção e consenso quanto às incertezas e imprecisões inerentes ao conjunto dos dados de base.

Devido à grande diversidade de tipos, idades e condições operacionais dos veículos, elementos importantes neste inventário, como fatores de emissão, intensidade de uso de veículos, composição e tamanho da frota, podem apresentar um grau de incerteza significativo, e que se refletem nos cálculos das emissões, estando, portanto, entre os principais pontos das recomendações a seguir.

7.1.1. Frota de veículos

A estimativa da frota nacional é um ponto de especial atenção no conjunto das recomendações aqui elencadas, pois se baseou em curvas de sucateamento teóricas aplicadas aos volumes de vendas de veículos novos.

Uma primeira recomendação, portanto, reside na forma de calibração dessas curvas de sucateamento, o que nas condições metodológicas ideais deveria ser feito pela comparação dos dados de frota registrada, com os dados de veículos novos licenciados anualmente pelos Departamentos Estaduais de Trânsito (DETRAN), sendo esses dois o conjunto de informações que permitiriam conhecer a faixa provável onde, de fato, estaria situada a frota circulante. No entanto, como já explicitado, atualmente os dados de registro nos órgãos de trânsito estaduais, superestimam o número de veículos em circulação, seja por possíveis duplas contagens em localidades diferentes, ou porque muitos dos que já não circulam ainda não tiveram seus registros cancelados, existindo assim a demanda pela correção dessas distorções.

No que se refere aos veículos movidos a GNV, as informações sobre a frota foram insuficientes para uma abordagem *bottom-up*, e as emissões foram calculadas a partir da aplicação de fatores de emissão aos dados disponíveis de consumo de combustível. Em face do anteriormente relatado, são feitas recomendações de caráter mais objetivo:

- Desenvolver um mecanismo tecnicamente viável e institucionalizado, que permita acesso continuado às séries históricas de licenciamentos de veículos novos e de licenciamentos anuais nos DETRANS;
- Considerar os dados do Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga (ANTT)²¹;
- Atualizar as curvas de sucateamento hoje adotadas;
- Aperfeiçoar as informações sobre conversões de veículos movidos a GNV.

7.1.2. Fatores de emissão

Os fatores de emissão, peças-chave nas estimativas de inventários, são determinados por diversas condicionantes, entre as quais se destacam:

- Porte e tipo de uso do veículo;

- Tecnologia e equipamentos de controle de emissão empregados (características dos sistemas de alimentação de combustível, tipo e quantidade de catalisadores etc.);
- Tipo e características do combustível utilizado;
- Condições de operação e condução (velocidade, frequência e intensidade de acelerações, pressão interna dos pneus etc.);
- Condições de manutenção;
- Condições climáticas e meteorológicas.

Os fatores aqui aplicados estão fundamentalmente baseados nos três primeiros pontos, uma vez que inexistem no país, ou não são significativos, estudos que permitam dimensionar os reais impactos, sobre os fatores de emissão, das condições de operação, condução e manutenção da frota. Esses 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.

Desse modo, são feitas as seguintes recomendações sobre os fatores de emissão:

- Elaborar estudo que permita conhecer os fatores de emissão de veículos em condições reais de uso;
- Levantar fatores de emissão para poluentes não regulamentados: material particulado (MP) para veículos do ciclo Otto, aldeídos para veículos do ciclo Diesel e motocicletas, metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) para todas as categorias de veículos;
- Pesquisar curvas de emissão por acúmulo de rodagem por toda a vida útil de automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, não se limitando a 80.000km;
- 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

Entre as variáveis envolvidas nos cálculos deste Inventário, pode-se considerar que a intensidade de uso é a que incorre em maior incerteza e,

²¹ Os dados disponíveis no RNTRC (ANTT) correspondem a um nicho específico de mercado: o de empresas, cooperativas e autônomos dedicados ao transporte de carga. Este Inventário não utilizou os dados desta fonte por não contabilizar as frotas de empresas que não têm por razão social o transporte de carga, mas que o efetuam internamente como parte de seu negócio.

nesse caso, foi ajustada pelo consumo de combustível reportado no BEN. Fica, portanto, evidente a necessidade de melhorar as informações acerca da distância rodada por ano pelos veículos, tanto para o transporte de carga quanto de passageiros no Brasil.

A incorporação de outros parâmetros de produtividade do transporte também seriam bastante úteis ao método de cálculo de emissões. No caso do transporte de passageiros, esta produtividade é geralmente dada em passageiros.km/ano ou (passageiros.km/mês); já no caso do transporte de carga, a produtividade é expressa em toneladas.km/ano ou (ton.km/mês). Também são parâmetros associados o fator de carregamento (ton/veículo) e a taxa de ocupação (passageiros/veículo). Incorporar essa abordagem permitirá, por exemplo, a comparação das emissões por produtividade entre as diferentes categorias de veículos, tornando o inventário uma ferramenta que também possibilita avaliar ações que envolvam mudanças nos padrões de mobilidade urbana e logística de cargas.

Portanto, no que trata das informações sobre intensidade de uso são feitas as seguintes recomendações para sua melhoria:

- Elaborar pesquisa de levantamento de dados de quilometragem percorrida (km/ano, km/mês etc.);
- Levantar dados de produtividade (tonelada.km/ano, tonelada.km/mês, passageiros.km/ano, passageiros.km/mês etc.);
- Levantar fatores de carregamento (tonelada/veículo) e taxas de ocupação (passageiros/veículo).

7.1.4. Quilometragem por litro de combustível

Os valores de quilometragem por litro de combustível para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto, empregados neste inventário, foram levantados em testes segundo ciclo de condução urbano, principalmente pela indisponibilidade de dados históricos oficiais em condições reais de uso.

Identificou-se dificuldade de obter números exatos sobre veículos do ciclo Diesel, particularmente caminhões, que apresentam grande variação de porte, perfil de uso e carga transportada, fatores que impactam diretamente a quilometragem por litro de combustível. Desse modo, os números adotados

surgiram de consenso nas discussões realizadas no âmbito do GT.

A melhoria da qualidade desse tipo de informações é capital para inventários que buscam orientar ações de reduções de gases de efeito estufa, dada sua relação direta com o consumo de combustíveis. Assim, recomenda-se:

- Sistematizar os dados gerados no âmbito do PROCONVE, do PROMOT e do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular conduzido pelo INMETRO;
- Elaborar um estudo que permita ajustar valores obtidos em testes com ciclos padrão de ensaio a condições reais de tráfego.

7.1.5. Aprimoramento da projeção de emissões

Para aprimorar a elaboração de cenários futuros de emissões é necessário ampliar o conhecimento acerca dos elementos-chave que influenciam as emissões e o consumo de energia no setor de transportes. Recomendam-se estudos econométricos para aperfeiçoar as estimativas de crescimento das vendas de veículos novos, de intensidade de uso dos veículos e de alterações das curvas de sucateamento.

Uma vez que o inventário atual não incluiu uma modelagem econômica recomenda-se a incorporação de variáveis econométricas às estimativas de crescimento nas vendas de veículos novos, alterações nas curvas de sucateamento e intensidade de uso dos veículos.

7.2. Elaboração de inventários locais e regionais

Dependendo dos objetivos de sua aplicação, os inventários podem ser desenvolvidos em escalas temporais e espaciais bastante distintas. Quando formulados para a escala nacional, mostram-se mais apropriados para avaliar os resultados de medidas voltadas a reduzir emissões que poderão ocorrer em qualquer local e que, via de regra, decorrem de ajustes tecnológicos nos veículos e melhoria dos combustíveis. Eles geram, portanto, números que permitem análises da eficiência e eficácia de programas ao longo do tempo, sem particularizar territorialmente onde esses ganhos, quando existem, se fazem mais presentes.

Para outras aplicações, em especial aquelas relacionadas com ações locais voltadas à gestão da qualidade do ar, modelagem de dispersão de poluentes e, indiretamente, à desejada avaliação de efeitos de poluentes do ar à saúde é necessário incorporar outros planos de análise aos inventários. Para tanto, deve-se adaptar a metodologia e se aprofundar na coleta de informações mais detalhadas sobre intensidade de uso dos veículos em condições reais de tráfego, idade e condições de manutenção da frota local, consumo regional ou local de combustíveis, só para citar alguns exemplos que, mais do que se afastar, reforçam a necessária demanda de harmonização de inventários localizados com o Inventário Nacional.

7.3. Infraestrutura, desenvolvimento e implantação de sistema de informações

Este 1º Inventário exemplificou a complexidade e quantidade de variáveis que devem ser tratadas simultaneamente. Além disso, suas futuras atualizações e aperfeiçoamentos seguramente se darão em um cenário de volume crescente de dados, demandando ampliar a capacidade de processamento e armazenamento de informações das instituições por ele responsáveis.

Deste modo, para garantir que a elaboração desse instrumento se estabeleça como uma atividade perene é fundamental definir uma estrutura técnica mínima responsável pela sua condução no seio das instituições, o desenvolvimento de sistemas de informação dimensionados para o gerenciamento de uma base de dados nacional e que permita o acesso público às informações, e sua internalização definitiva no processo de avaliação e tomada de decisões.

7.4. Arranjo institucional

Avaliações iniciais sobre a base de informações disponíveis no país que seriam necessárias à elaboração deste Inventário, davam conta de que uma série de instituições deveriam ser envolvidas, seja porque são protagonistas de programas como o PROCONVE (a exemplo do IBAMA, CETESB e ANFAVEA), seja porque poderiam aportar dados naturalmente gerados nas suas áreas de atuação como reguladoras de setores específicos, a exemplo da ANP

e da ANTT. Além dessas viriam agregar-se ao esforço articulador do Ministério do Meio Ambiente (MMA), atores técnicos como o Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) e, em algum momento, o próprio Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) do Ministério das Cidades.

No entanto, o arranjo entre tais instituições por meio de Portaria Ministerial citada, de caráter temporário e que atribui uma finalidade específica ao Grupo de Trabalho, por si, ainda constitui um instrumento precário ao desejado arranjo institucional perene, sobretudo em face da grande demanda existente nesse campo.

Assim, também é recomendação que seja implantado um Grupo de Trabalho Permanente de Inventários, coordenado pelo MMA com o envolvimento dos Estados, dando atribuições específicas às diferentes instituições participantes, e definição de fontes de recursos para a elaboração dos estudos indicados neste documento e para cobrir futuras demandas associadas aos inventários regionais e locais.

Referências Bibliográficas

ABRACICLO. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://abraciclo.com.br/index.php>.

ANFAVEA. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>.

Anuário da Indústria Automobilística. São Paulo: ANFAVEA, 2009.

Bélgica, EUA, Japão. European Automobile Manufacturers Association - ACEA, Alliance of Automobile Manufacturers, Engine Manufacturers Association - EMA, Japan Automobile Manufacturers Association. **Worldwide Fuel Charter**, 4 th ed., 2006.

BORSARI, Vanderlei. **As Emissões Veiculares e os Gases do Efeito Estufa.** Society of Automotive Engineers. São Paulo: CETESB, 2005.

Brasília. Ministério de Minas e Energia – MME. **Plano Nacional de Energia 2030.** Brasília, 2007. (Caderno 2: Projeções).

Brasília. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Projeções do Agronegócio, Brasil 2008/09 a 2018/19.** Assessoria de Gestão Estratégica – AGE. Brasília, fev. 2009.

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

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

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

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

Brasília. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. **Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa.** Relatórios de Referência: Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem *Top-Down*. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE. Brasília, 2006.

Brasília. Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. **Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa.** Relatórios de Referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis, no Setor Energético. Brasília, 2006.

CREDIDIO, Jeferson; SERRA Bruno (Coord.). **Estudo da frota circulante brasileira – Sindicato Nacional de Indústria de Componentes para Veículos Automotores - SINDIPEÇAS.** São Paulo, mar. 2008.

Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe (UE) – EMEP. **Emission Inventory Guidebook:** TFEIP-endorsed draft may 2009.

EUA. International Sustainable Systems Research Center – ISSRC. **Vehicle Activity Study.** International Sustainable Systems Research Center. EUA, 2004.

EUA. The ClimateWorks Foundation. **A Closer Look at the GHG Abatement Potential for Selected Sectors of the Brazilian Economy.** EUA, 2009.

FIGUEIREDO, Silvio A. **Avaliação Técnico-Econômica de Modelos de Implantação da Inspeção Técnica de Veículos.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2001.

GOLDEMBERG, José; NIGRO, Francisco E.B.; COELHO, Suani T. **Bioenergia no estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008.

GOMIDE, Alexandre A. **Transporte Urbano e Inclusão Social: Elementos para Políticas Públicas**. Brasília, jul. 2003. (Texto Para Discussão no 960).

México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT. Instituto Nacional de Ecología - INE. **Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares em las ciudades mexicanas**. México, 2007.

Rio de Janeiro. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. **Plano de Abastecimento de Óleo Diesel de Baixo Teor de Enxofre**. Portaria ANP n° 60, de 07/04/09. Rio de Janeiro, jul. 2009.

Rio de Janeiro. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Balanco Energético Nacional 2010: Ano base 2009**. Rio de Janeiro, 2010. (Séries completas, capítulo 3). Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/BENSeriesCompleatas.aspx>

São Paulo. Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2007**. São Paulo, ago. 2008.

São Paulo. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **Inventário de Emissão Veicular – 1992: Metodologia de Cálculo**. São Paulo, jul. 1994.

São Paulo. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2009**. São Paulo, 2010.

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

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

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 pasassem 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 18 e 19).

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 19).

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 motociclos, 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 20). 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 18: 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 19: 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 20: 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: Gráficos de vendas de veículos novos no mercado interno

Gráfico 44: Evolução das vendas de veículos novos no Brasil por categoria

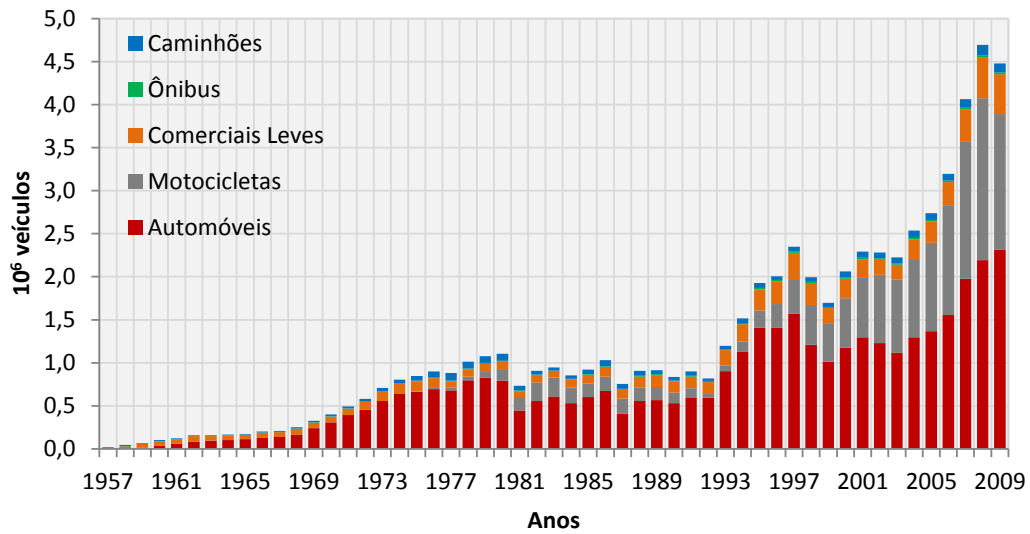


Gráfico 45: Evolução das vendas de automóveis novos no Brasil por tipo de combustível

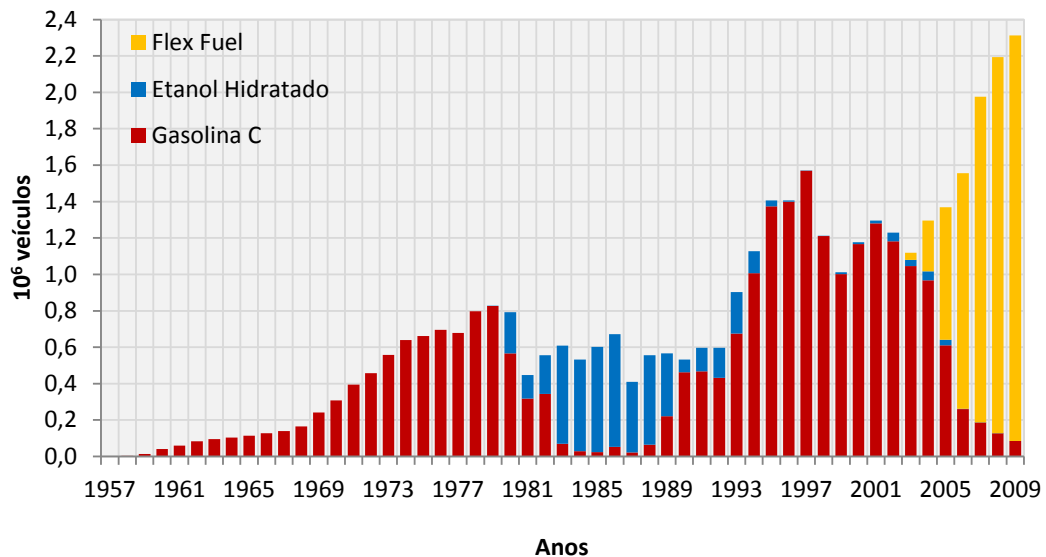


Gráfico 46: Evolução das vendas de veículos comerciais leves novos no Brasil por tipo de combustível

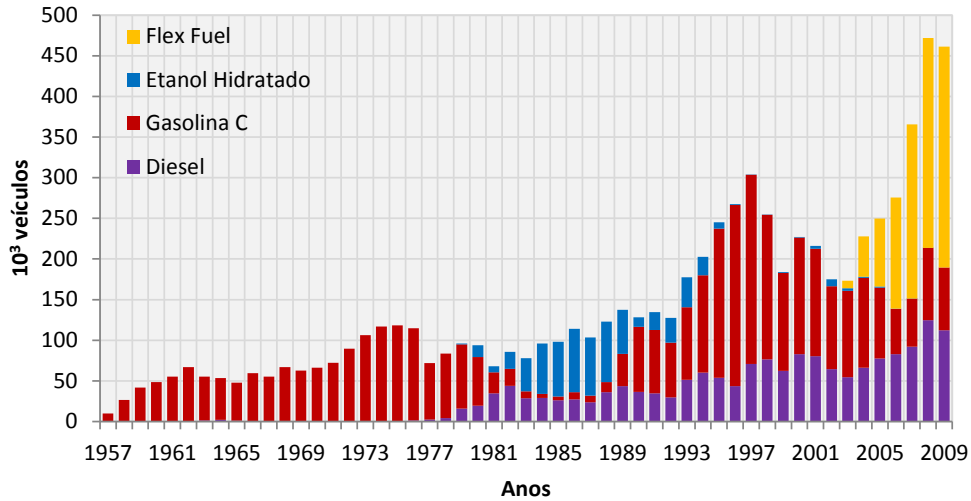


Gráfico 47: Evolução das vendas de caminhões e ônibus novos no Brasil

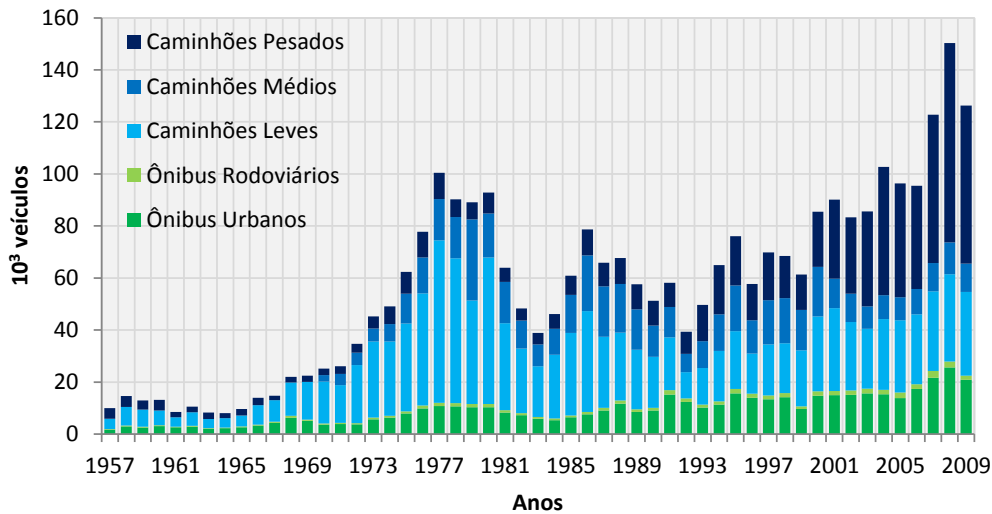
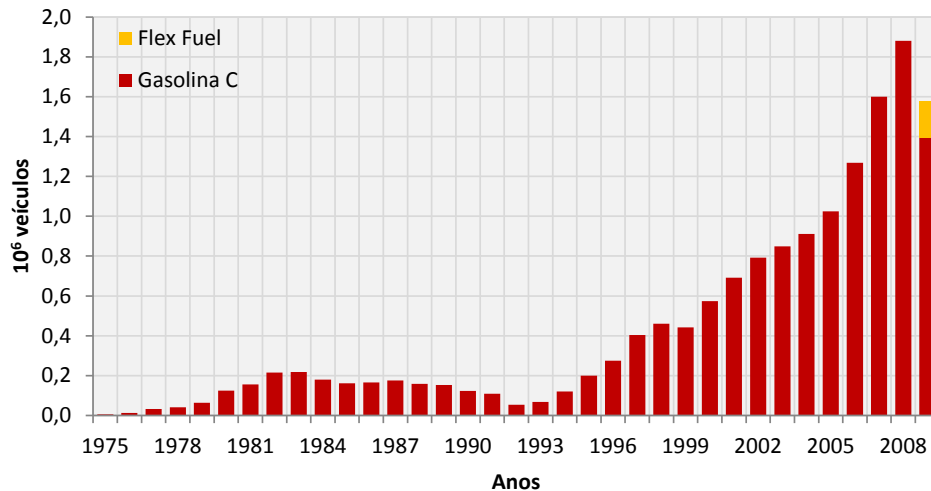


Gráfico 48: Evolução das vendas de motocicletas novas no Brasil



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:

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

Onde:

- $S(t)$ é a fração de veículos remanescentes, ainda não sucateados, na idade t ;
- t é a idade do veículo em anos;
- $t_0 = 15,3$ 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 21: 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	737.169	9.195.036	0
2009	12.824.412	1.386.679	8.325.421	1.650.617	157.001	998.422	9.973.685	183.375
2010	12.165.549	1.250.414	10.586.377	1.626.451	140.245	1.267.311	10.762.701	364.476
2011	11.493.947	1.124.826	12.920.651	1.605.230	124.956	1.542.880	11.562.718	543.855
2012	10.818.489	1.009.509	15.321.615	1.587.787	111.065	1.824.110	12.374.117	722.051
2013	10.148.124	903.990	17.781.945	1.574.832	98.497	2.110.003	13.197.103	899.591
2014	9.491.561	807.757	20.294.239	1.567.053	87.169	2.399.659	14.032.782	1.076.991
2015	8.856.710	720.275	22.851.623	1.564.864	76.995	2.692.344	14.887.259	1.253.415
2016	8.249.352	640.997	25.420.331	1.567.648	67.886	2.984.132	15.743.653	1.427.168
2017	7.675.027	569.374	27.993.714	1.575.497	59.758	3.274.463	16.601.534	1.598.786
2018	7.137.982	504.858	30.566.770	1.588.537	52.524	3.563.012	17.464.524	1.767.701
2019	6.641.082	446.911	33.136.278	1.606.694	46.104	3.849.683	18.333.377	1.934.515
2020	6.185.782	395.005	35.700.810	1.629.960	40.419	4.134.592	19.216.710	2.097.964

Tabela 22: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel

Ano	Comerciais Leves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Pesados	Ônibus Urbanos	Ônibus Rodoviários
1980	50.687	410.466	117.966	81.073	104.166	11.574
1981	84.098	430.791	130.407	83.735	109.492	12.166
1982	125.795	441.634	137.250	85.373	113.559	12.618
1983	151.126	446.397	141.432	86.730	116.072	12.897
1984	176.276	455.550	147.088	89.165	117.831	13.092
1985	197.627	471.243	157.017	93.218	120.413	13.379
1986	219.453	493.128	173.388	99.652	123.971	13.775
1987	236.754	502.601	187.025	104.896	128.696	14.300
1988	265.490	510.014	199.381	110.955	135.758	15.084
1989	300.619	513.563	208.158	116.305	139.376	15.486
1990	327.147	513.218	213.004	121.344	143.276	15.920
1991	350.865	513.104	217.087	126.026	153.005	17.001
1992	368.072	502.328	216.285	129.506	159.546	17.727
1993	405.705	495.348	218.462	138.379	163.708	18.190
1994	450.290	493.493	224.120	151.819	168.684	18.743
1995	486.667	494.055	232.992	164.874	177.685	19.743
1996	510.815	487.482	236.598	172.479	184.701	20.522
1997	560.672	484.933	244.122	184.167	190.836	21.204
1998	613.918	481.702	251.663	193.308	197.508	21.945
1999	650.802	480.672	256.913	199.505	199.330	22.148
2000	706.301	486.790	265.306	213.021	206.127	22.903
2001	756.715	495.510	265.617	235.200	212.776	23.642
2002	788.647	498.358	265.264	255.580	219.344	24.372
2003	808.931	497.820	262.440	282.388	226.198	25.133
2004	838.912	501.301	260.201	321.140	232.384	25.820
2005	878.037	505.092	257.514	353.157	236.905	26.887
2006	920.375	507.845	255.648	380.028	244.609	27.652
2007	969.544	514.264	254.792	423.302	256.326	29.173
2008	1.048.609	523.232	255.239	484.601	271.672	30.291
2009	1.112.039	530.434	254.232	528.151	281.752	30.750
2010	1.184.885	542.037	254.528	582.868	295.781	32.315
2011	1.257.251	555.191	255.356	639.398	309.805	33.878
2012	1.329.147	569.973	256.743	697.916	323.825	35.442
2013	1.400.576	586.302	258.715	758.436	337.831	37.003
2014	1.471.534	604.337	261.300	821.046	351.823	38.563
2015	1.542.015	624.062	264.522	885.876	365.787	40.121
2016	1.612.012	645.509	268.408	952.986	379.714	41.674
2017	1.681.504	668.644	272.983	1.022.502	393.592	43.224
2018	1.750.475	693.609	278.274	1.094.594	407.409	44.767
2019	1.818.903	720.335	284.304	1.169.333	421.147	46.302
2020	1.886.777	748.992	291.099	1.246.866	434.817	47.831

Anexo E: Fatores de emissão de veículos convertidos para o uso de GNV

Os fatores de emissão para veículos a GNV foram baseados nos valores apresentados no Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2009, CETESB (2010), que apresenta valores típicos de emissão em g/km, de veículos em uso da fase P3 do PROCONVE convertidos para o uso de

GNV. Dadas as considerações listadas anteriormente, e o fato de não se observar uma tendência de comportamento das emissões ao longo dos anos (Gráficos 49 a 52), adotou-se um fator único para cada poluente calculado pela média simples dos valores apresentados.

Gráfico 49: Valores típicos de emissão de CO para veículos em uso da fase 3 do PROCONVE convertidos para o uso de GNV, antes e após a conversão

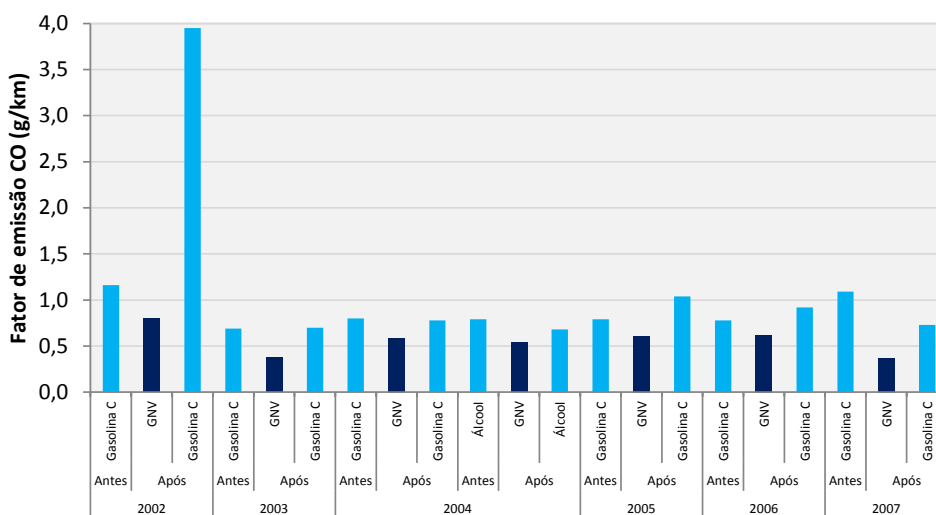


Gráfico 50: Valores típicos de emissão de NO_x para veículos em uso da fase 3 do PROCONVE convertidos para o uso de GNV, antes e após a conversão

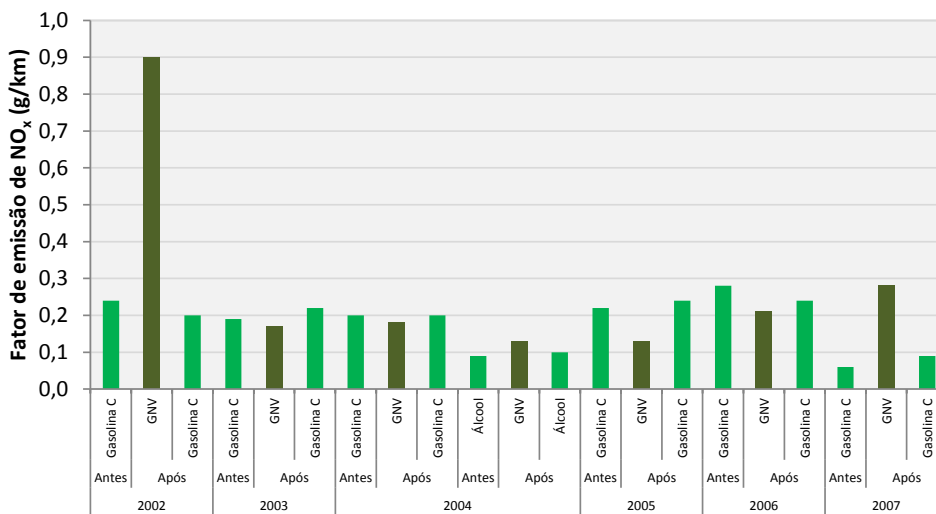


Gráfico 51: Valores típicos de emissão de HC para veículos em uso da fase 3 do PROCONVE convertidos para o uso de GNV, antes e após a conversão

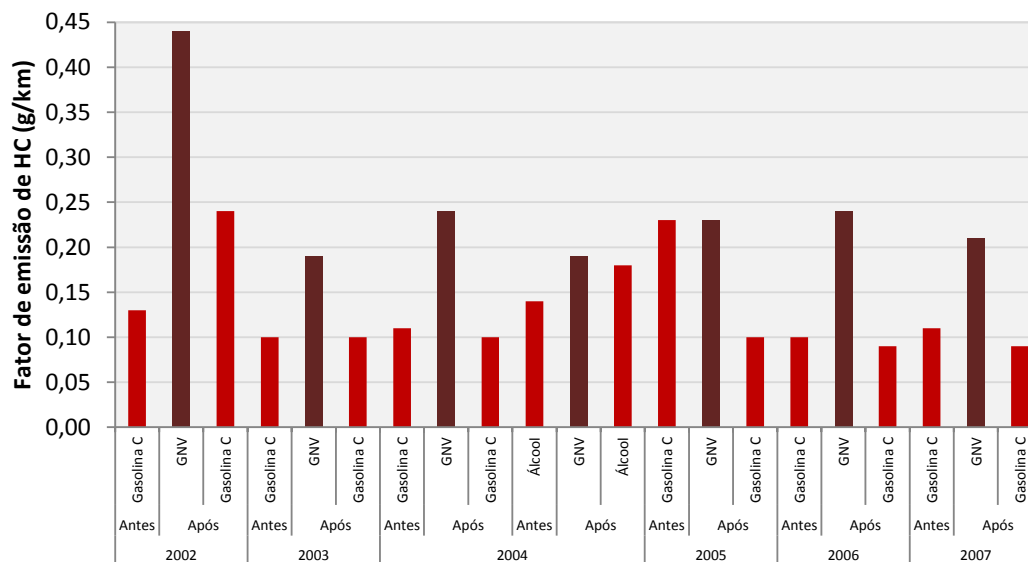
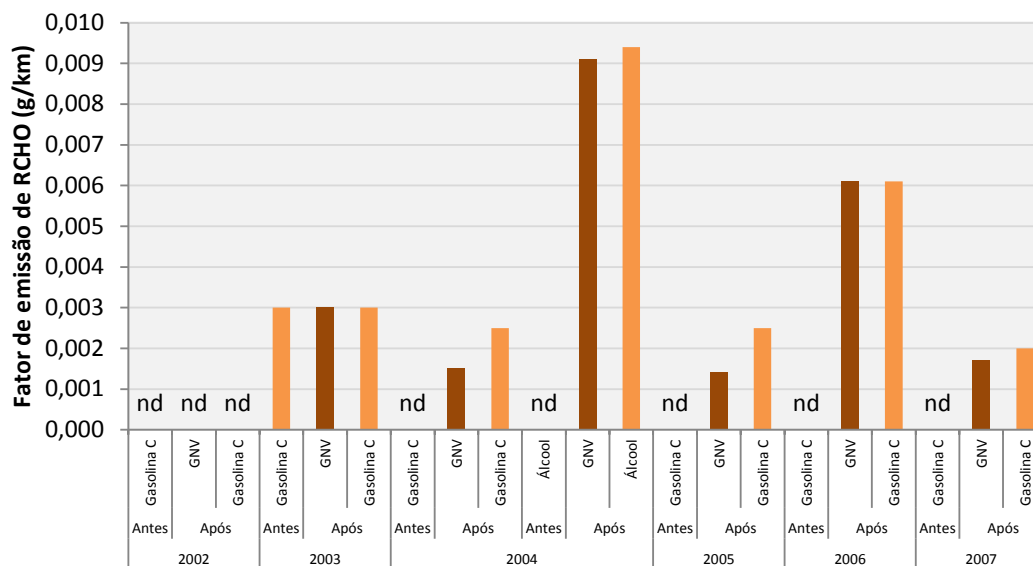


Gráfico 52: Valores típicos de emissão de RCHO para veículos em uso da fase 3 do PROCONVE convertidos para o uso de GNV, antes e após a conversão



(nd = não determinado)

Anexo F: Gráficos de curvas de emissão (deterioração por acúmulo de rodagem) para automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto

Os Gráficos 53 a 68 apresentam as curvas de emissão de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina C e a eta-

nol hidratado por ano de fabricação para CO, NO_x, RCHO e NMHC_{escap} (ver descrição na Seção 4.1.3).

Gráfico 53: Curvas de emissão para CO de automóveis e veículos comerciais leves dedicados à gasolina C

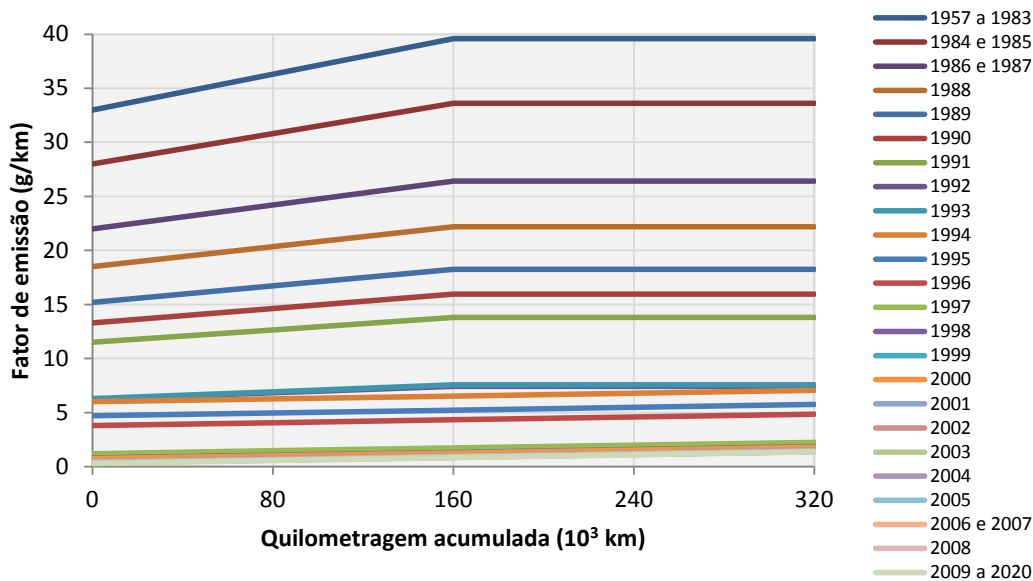


Gráfico 54: Curvas de emissão para CO de automóveis e veículos comerciais leves dedicados a etanol hidratado

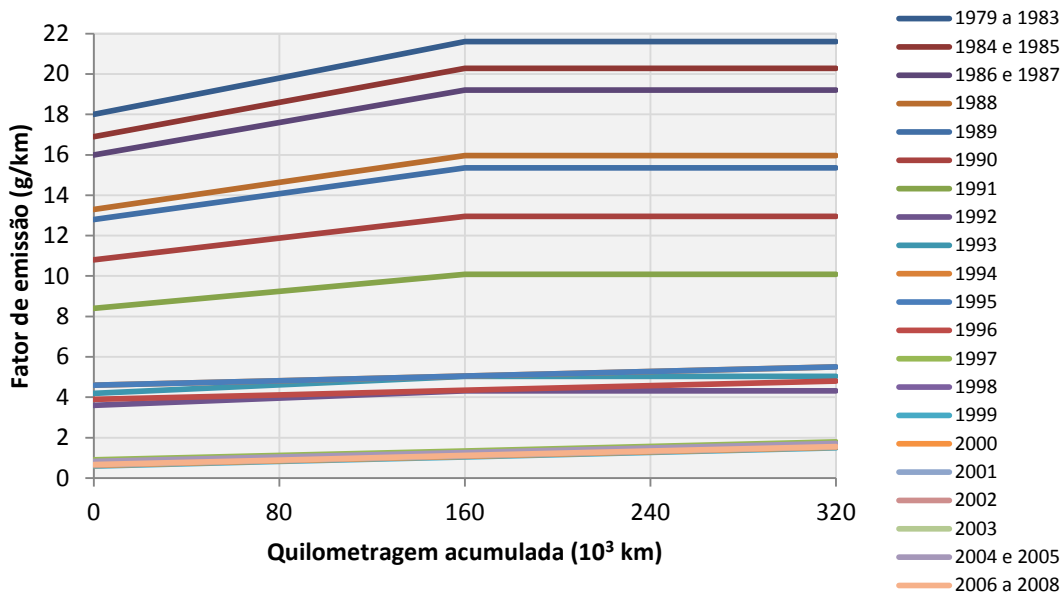


Gráfico 55: Curvas de emissão para CO de automóveis e veículos comerciais leves *flex fuel* usando gasolina C

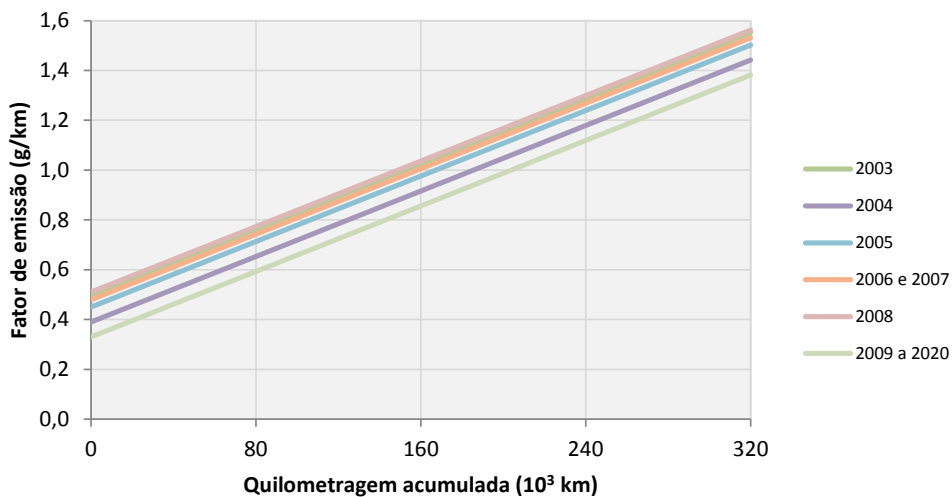


Gráfico 56: Curvas de emissão para CO de automóveis e veículos comerciais leves *flex fuel* usando etanol hidratado

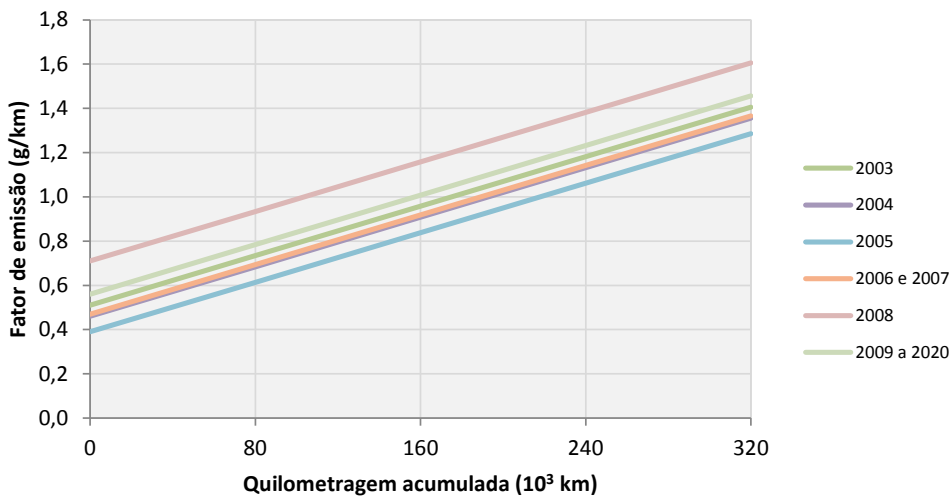


Gráfico 57: Curvas de emissão para NO_x de automóveis e veículos comerciais leves dedicados à gasolina C

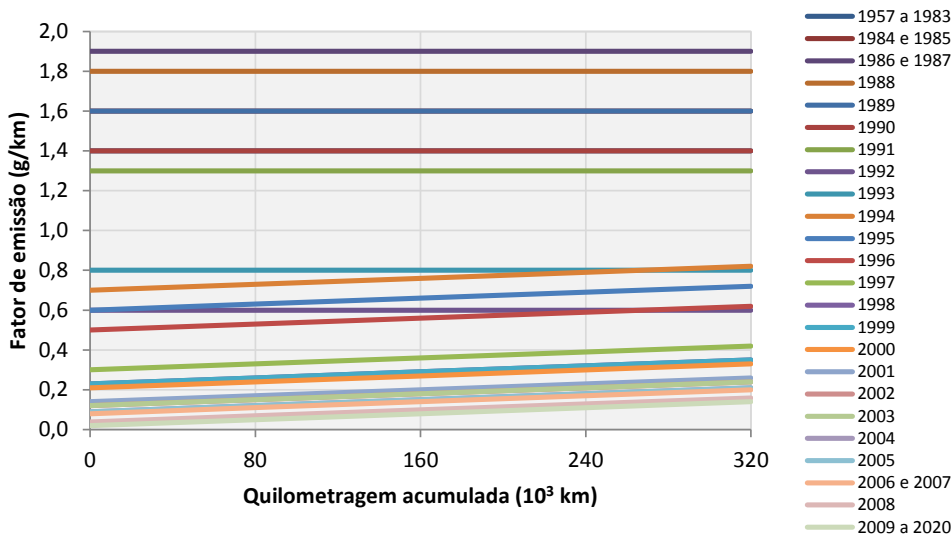


Gráfico 58: Curvas de emissão para NO_x de automóveis e veículos comerciais leves dedicados a etanol hidratado

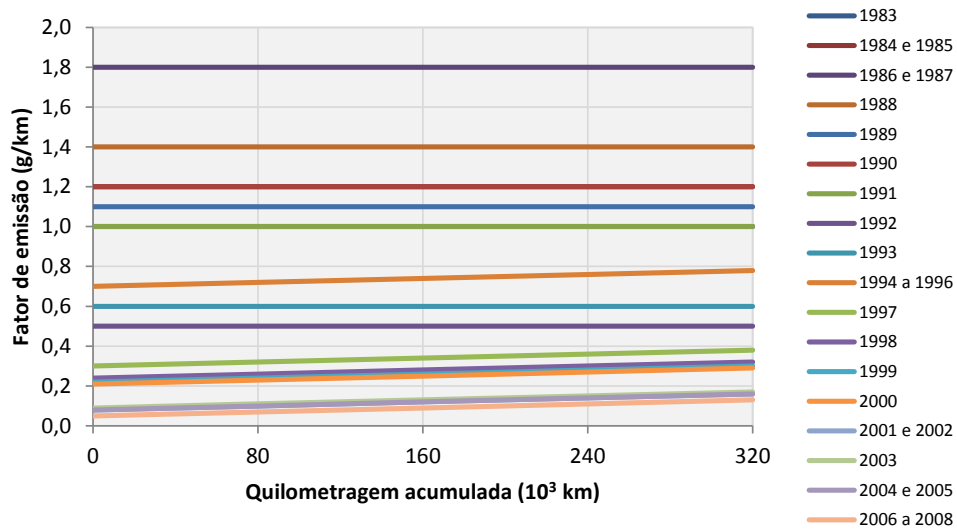


Gráfico 59: Curvas de emissão para NO_x de automóveis e veículos comerciais leves *flex fuel* usando gasolina C

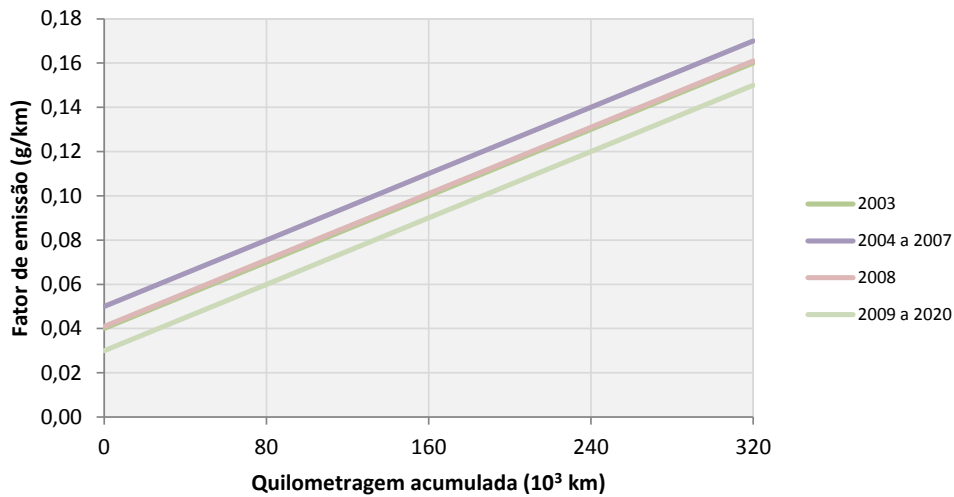


Gráfico 60: Curvas de emissão para NO_x de automóveis e veículos comerciais leves *flex fuel* usando etanol hidratado

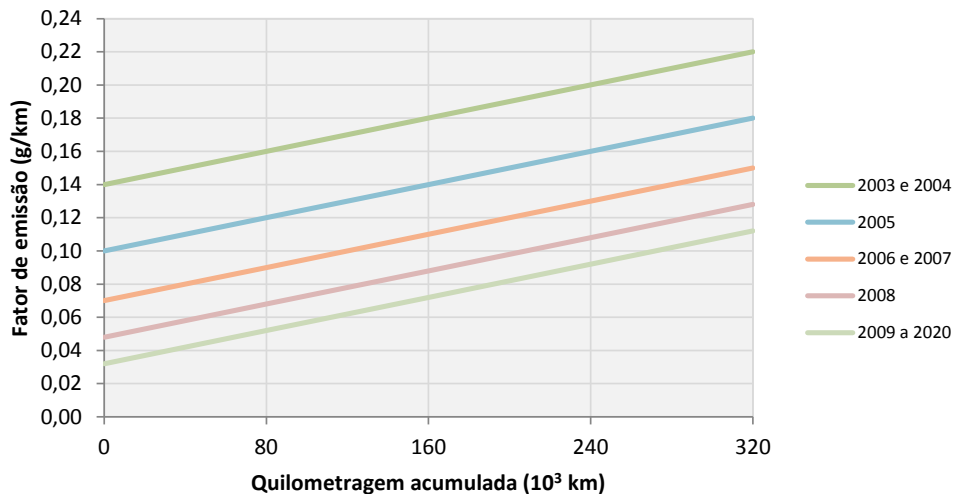


Gráfico 61: Curvas de emissão para RCHO de automóveis e veículos comerciais leves dedicados à gasolina C

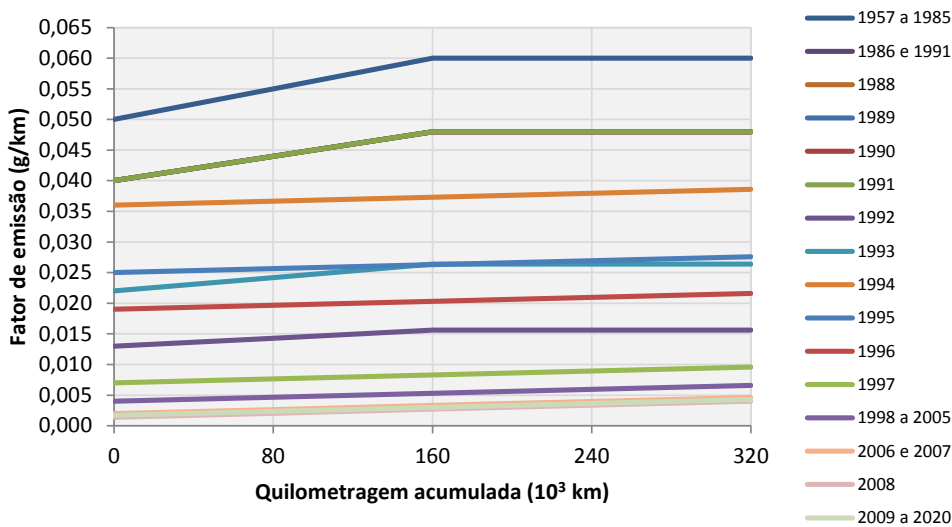


Gráfico 62: Curvas de emissão para RCHO de automóveis e veículos comerciais leves dedicados a etanol hidratado

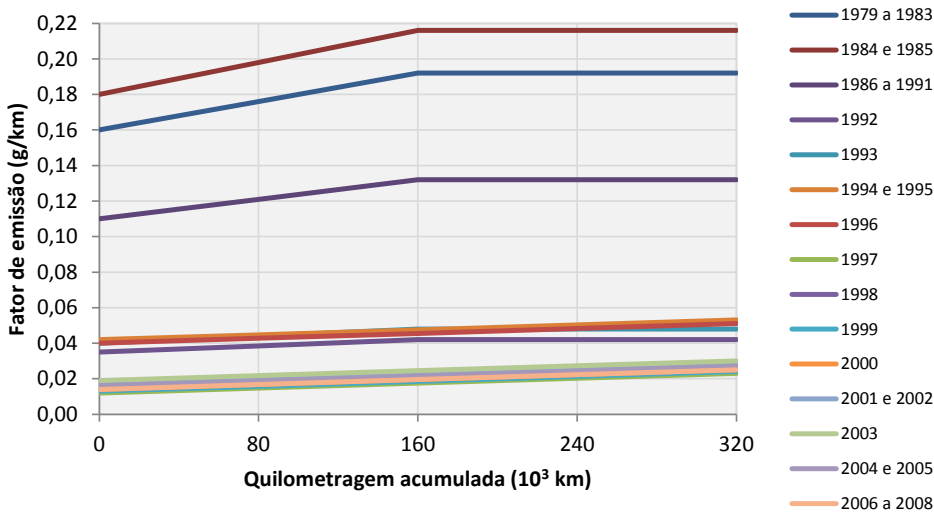


Gráfico 63: Curvas de emissão para RCHO de automóveis e veículos comerciais leves flex fuel usando gasolina C

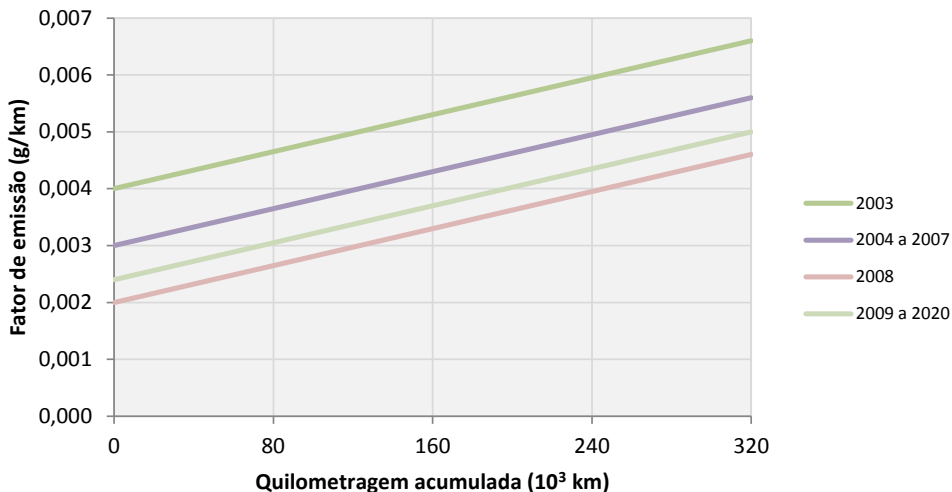


Gráfico 64: Curvas de emissão para RCHO de automóveis e veículos comerciais leves *flex fuel* usando etanol hidratado

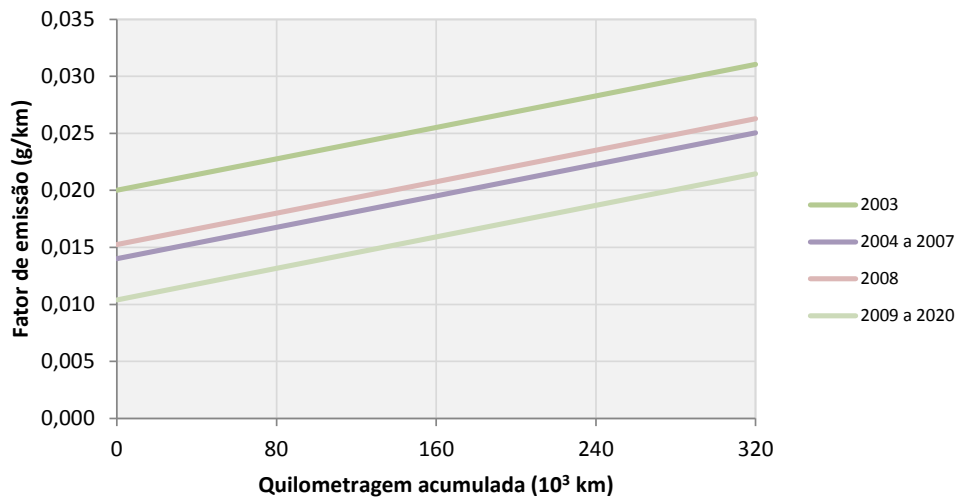


Gráfico 65: Curvas de emissão para NMHC de escapamento de automóveis e veículos comerciais leves dedicados à gasolina C

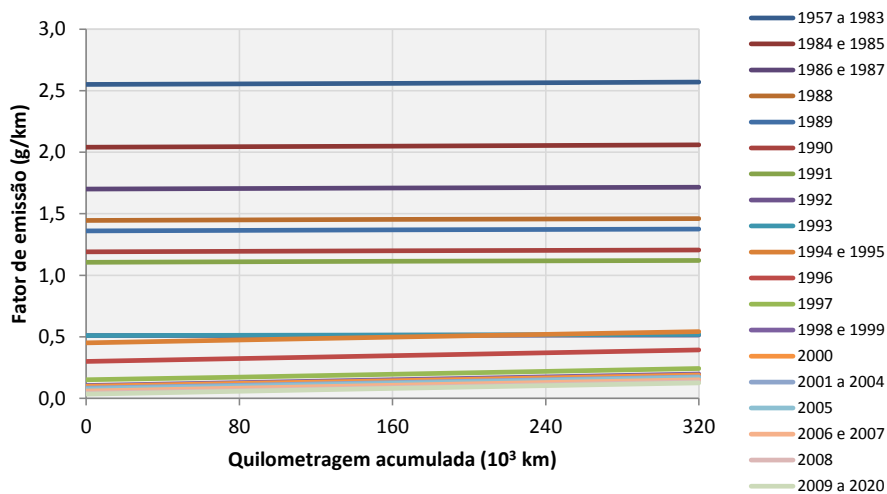


Gráfico 66: Curvas de emissão para NMHC de escapamento de automóveis e veículos comerciais leves dedicados a etanol hidratado

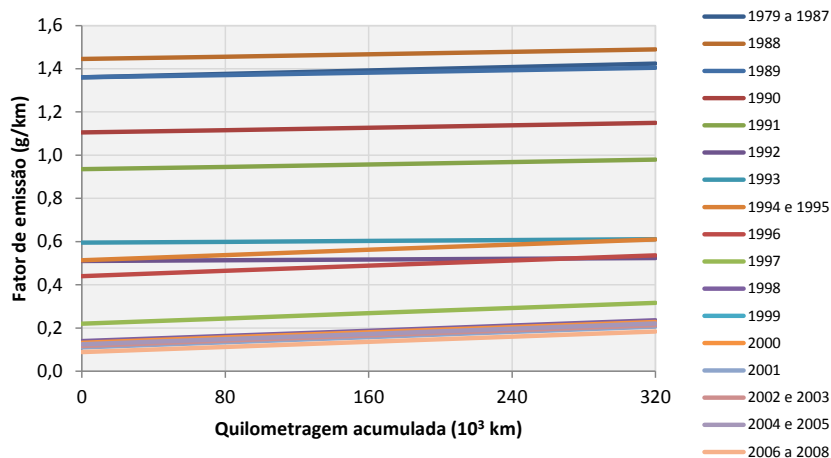


Gráfico 67: Curvas de emissão para NMHC de escapamento de automóveis e veículos comerciais leves *flex fuel* usando gasolina C

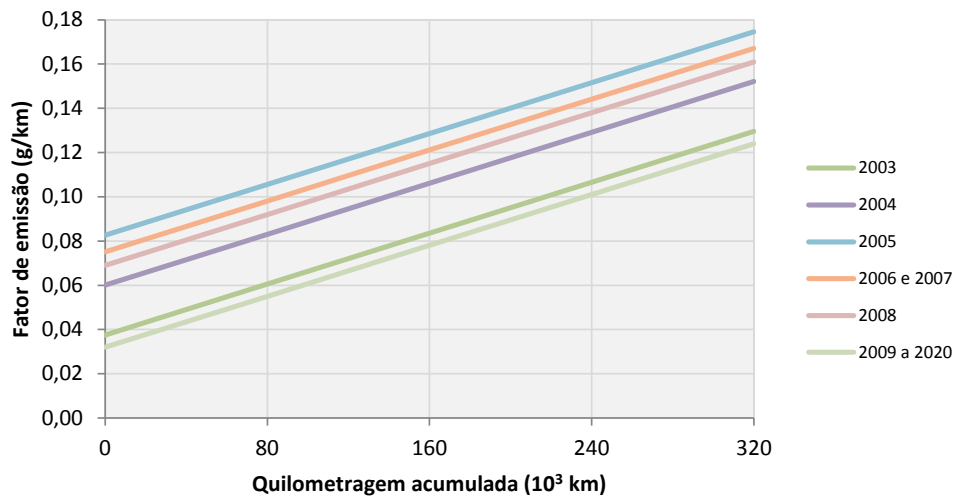
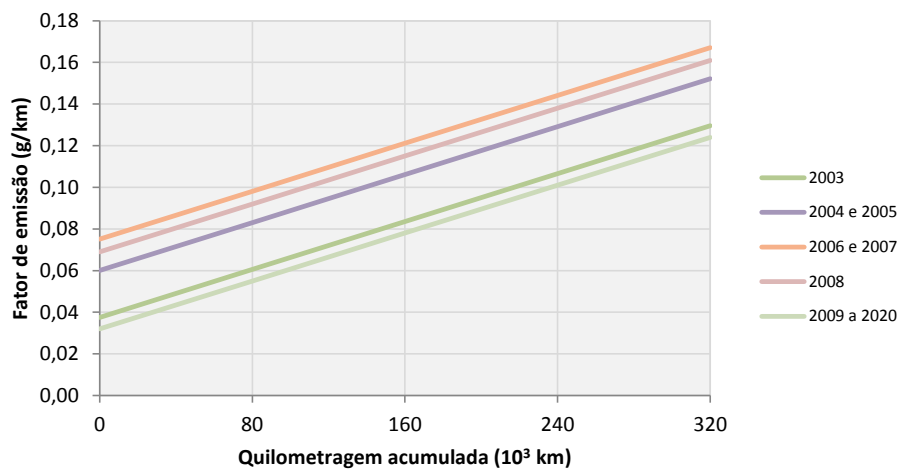


Gráfico 68: Curvas de emissão para NMHC de escapamento de automóveis e veículos comerciais leves *flex fuel* usando etanol hidratado



Anexo G: 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 ($g_{\text{sulfatos}}/\text{kWh}$)
- $BSFC$ é o consumo específico ($g_{\text{diesel}}/\text{kWh}$)
- 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 23 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}).

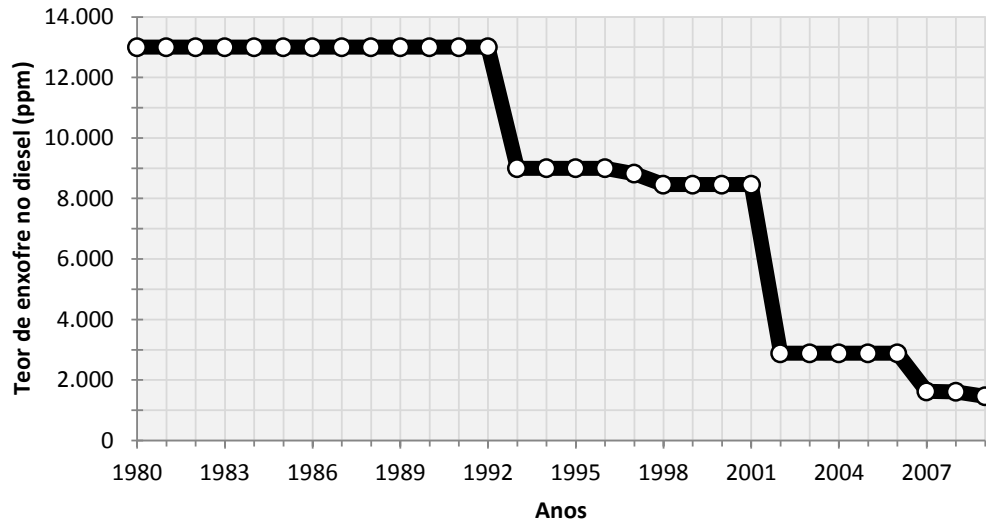
Tabela 23: Teor de enxofre no diesel de homologação e fatores de emissão de MP por fase do PROCONVE

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 en-

xofre 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 69 mostra os resultados desta estimativa.

Gráfico 69: Evolução do teor de enxofre médio do diesel comercial no Brasil



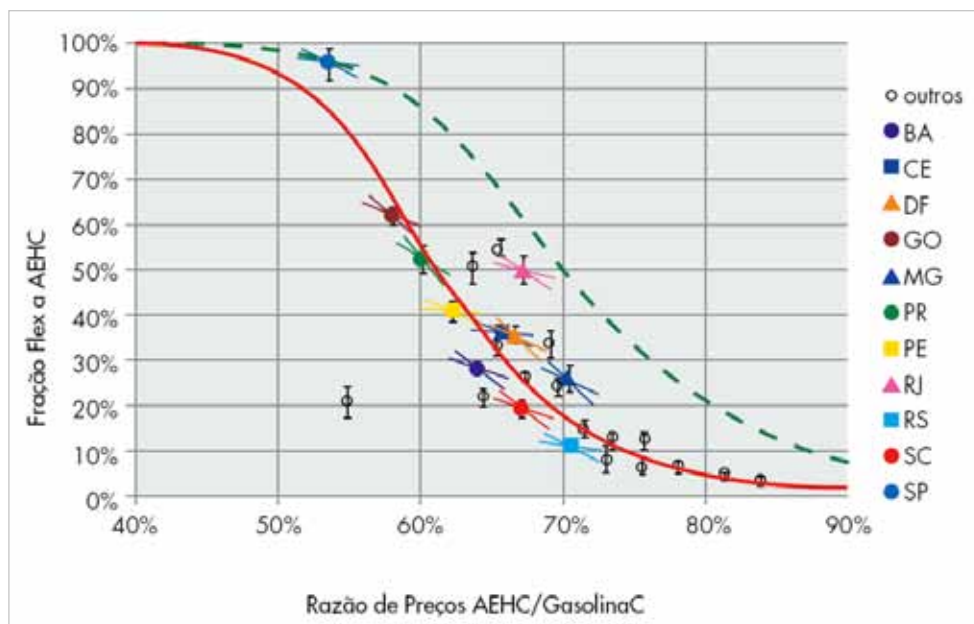
Anexo H: Frações da frota de veículos *flex fuel* que utilizam gasolina C e etanol hidratado

Com a forte penetração dos automóveis e veículos comerciais leves *flex fuel* no mercado de vendas de veículos novos a partir de 2003, e o surgimento das motocicletas *flex fuel* em 2009, deve ser equacionada no Inventário a questão de em que proporção os veículos *flex fuel* utilizam etanol hidratado e em que proporção utilizam gasolina C.

Assume-se que a frota de veículos *flex fuel* pode ser desagregada entre aquela que opta por utilizar gasolina C e aquela que opta por etanol hidratado. Considera-se também que a escolha do combustível pelos consumidores está baseada no preço por quilômetro percorrido de cada alternativa. Adotou-se neste trabalho a curva apresentada no Caderno de Bioenergia no estado de São Paulo, Goldemberg *et al.* (2008), que relacionam o consumo de combustível em veículos *flex fuel* e a razão de preços entre etanol hidratado e gasolina C.

No referido estudo, para determinar a fração efetiva da frota de veículos *flex fuel* operando com etanol hidratado em cada unidade da federação, foram utilizados os dados de consumo de etanol hidratado por unidade da federação, levantados pela ANP, e os dados de frota obtidos junto ao DENATRAN. O consumo de etanol hidratado pela frota existente de veículos dedicados a álcool, bem como sua redução pelo envelhecimento e sucateamento dessa frota, foi obtido assumindo-se a manutenção do comportamento observado no período anterior à existência dos veículos *flex fuel*. A partir dos levantamentos mensais de preços da ANP no período de 2005 a 2007, o estudo comparou a fração média, ponderada pelo número de veículos, da frota de veículos *flex fuel* operando com etanol hidratado em cada unidade da federação com a razão média dos preços dos combustíveis ao consumidor. O Gráfico 70 resume esses resultados, sendo identificada uma curva média (em vermelho).

Gráfico 70: Fração da frota de veículos flexíveis operando com AEHC em função da relação de preços entre o AEHC²² e a gasolina C, nos postos, em cada unidade da Federação



Fonte: Goldemberg *et al.* (2008)

²² Álcool etílico hidratado carburante

Aplica-se a essa função as razões anuais entre os preços médios nacionais da gasolina C e do etanol hidratado a partir de 2003, fornecidos pela ANP no âmbito do GT, obtendo-se assim as frações nacionais

dos veículos *flex fuel* que optam pela gasolina C e pelo etanol hidratado. A Tabela 24 apresenta as razões anuais entre os preços e a Tabela 25 apresenta as frações nacionais dos veículos *flex fuel*.

Tabela 24: Preços médios anuais de gasolina C e etanol hidratado ao consumidor a nível nacional (R\$/L)

Combustível	Anos						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Gasolina C	2,072	2,082	2,312	2,541	2,504	2,501	2,502
Etanol hidratado	1,347	1,212	1,377	1,676	1,492	1,484	1,52
Razão Etanol hidratado/Gasolina C	65%	58%	60%	66%	60%	59%	61%

Tabela 25: Fração dos veículos *flex fuel* utilizando gasolina C e etanol hidratado a nível nacional por ano

Combustível	Anos						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Gasolina C	67%	40%	45%	70%	45%	43%	47%
Etanol hidratado	33%	60%	55%	30%	55%	57%	53%

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

Tabela 26: 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	Ônibus Rodoviários	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Pesados
0	10.000	10.000	6.000	45.000	125.000	8.265	35.000	67.500
1	19.400	19.600	11.600	88.200	245.000	16.199	68.600	132.300
2	18.800	19.200	11.200	86.400	240.000	15.868	67.200	129.600
3	18.200	18.800	10.800	84.600	235.000	15.537	65.800	126.900
4	17.600	18.400	10.400	82.800	230.000	15.207	64.400	124.200
5	17.000	18.000	10.000	81.000	225.000	14.876	63.000	121.500
6	16.400	17.600	9.600	79.200	220.000	14.546	61.600	118.800
7	15.800	17.200	9.200	77.400	215.000	14.215	60.200	116.100
8	15.200	16.800	8.800	75.600	210.000	13.884	58.800	113.400
9	14.600	16.400	8.400	73.800	205.000	13.554	57.400	110.700
10	14.000	16.000	8.000	72.000	200.000	13.223	56.000	108.000
11	13.400	15.600	7.600	70.200	195.000	12.893	54.600	105.300
12	12.800	15.200	7.200	68.400	190.000	12.562	53.200	102.600
13	12.200	14.800	6.800	66.600	185.000	12.232	51.800	99.900
14	11.600	14.400	6.400	64.800	180.000	11.901	50.400	97.200
15	11.000	14.000	6.000	63.000	175.000	11.570	49.000	94.500
16	10.400	13.600	5.600	61.200	170.000	11.240	47.600	91.800
17	9.800	13.200	5.200	59.400	165.000	10.909	46.200	89.100
18	9.200	12.800	4.800	57.600	160.000	10.579	44.800	86.400
19	8.600	12.400	4.400	55.800	155.000	10.248	43.400	83.700
20	8.000	12.000	4.000	54.000	150.000	10.000	42.000	81.000
21	7.400	11.600	3.600	52.200	145.000	10.000	40.600	78.300
22	6.800	11.200	3.200	50.400	140.000	10.000	39.200	75.600
23	6.200	10.800	2.800	48.600	135.000	10.000	37.800	72.900
24	5.600	10.400	2.400	46.800	130.000	10.000	36.400	70.200
25	5.000	10.000	2.000	45.000	125.000	10.000	35.000	67.500
26	4.400	10.000	2.000	43.200	120.000	10.000	33.600	64.800
27	3.800	10.000	2.000	41.400	115.000	10.000	32.200	62.100
28	3.200	10.000	2.000	39.600	110.000	10.000	30.800	59.400
29	2.600	10.000	2.000	37.800	105.000	10.000	29.400	56.700
30	2.000	10.000	2.000	36.000	100.000	10.000	28.000	54.000
31	2.000	10.000	2.000	34.200	95.000	10.000	26.600	51.300
32	2.000	10.000	2.000	32.400	90.000	10.000	25.200	48.600
33	2.000	10.000	2.000	30.600	85.000	10.000	23.800	45.900
34	2.000	10.000	2.000	28.800	80.000	10.000	22.400	43.200
35	2.000	10.000	2.000	27.000	75.000	10.000	21.000	40.500
36	2.000	10.000	2.000	25.200	70.000	10.000	19.600	37.800
37	2.000	10.000	2.000	23.400	65.000	10.000	18.200	35.100
38	2.000	10.000	2.000	21.600	60.000	10.000	16.800	32.400
39	2.000	10.000	2.000	19.800	55.000	10.000	15.400	29.700
40	2.000	10.000	2.000	18.000	50.000	10.000	14.000	27.000
41	2.000	10.000	2.000	16.200	45.000	10.000	12.600	24.300
42	2.000	10.000	2.000	14.400	40.000	10.000	11.200	21.600
43	2.000	10.000	2.000	12.600	35.000	10.000	10.000	18.900
44	2.000	10.000	2.000	10.800	30.000	10.000	10.000	16.200
45	2.000	10.000	2.000	10.000	25.000	10.000	10.000	13.500
46	2.000	10.000	2.000	10.000	20.000	10.000	10.000	10.800
47	2.000	10.000	2.000	10.000	15.000	10.000	10.000	10.000
48	2.000	10.000	2.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
49	2.000	10.000	2.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
50	2.000	10.000	2.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000

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

Tabela 27: 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	9.850	0	1.518	0	45	0	0
1981	9.471	0	1.386	0	69	0	0
1982	9.054	0	1.255	0	98	0	0
1983	7.746	0	1.029	0	118	0	0
1984	6.939	0	899	0	137	0	0
1985	6.822	0	863	0	163	0	0
1986	7.676	0	949	0	216	0	0
1987	6.671	0	810	0	222	0	0
1988	6.512	0	780	0	252	0	0
1989	7.291	0	870	0	316	0	0
1990	8.274	0	1.007	0	376	0	0
1991	8.940	0	1.121	0	405	0	0
1992	8.892	0	1.141	0	387	0	0
1993	9.369	0	1.214	0	373	0	25
1994	10.311	0	1.323	0	359	0	46
1995	12.398	0	1.583	0	379	0	49
1996	14.495	0	1.902	0	416	0	36
1997	15.791	0	2.132	0	461	0	47
1998	16.423	0	2.243	0	519	0	132
1999	15.279	0	2.074	0	530	0	159
2000	14.698	0	1.962	0	562	0	313
2001	14.388	0	1.874	0	615	0	572
2002	13.758	0	1.722	0	657	0	980
2003	14.487	19	1.749	4	773	0	1.328
2004	14.852	99	1.756	19	885	0	1.580
2005	14.517	396	1.703	58	982	0	1.945
2006	14.249	1.499	1.678	185	1.142	0	2.307
2007	13.562	1.815	1.618	215	1.345	0	2.559
2008	12.679	2.718	1.577	324	1.584	0	2.453
2009	11.366	3.982	1.506	477	1.716	9	2.106
2010	10.377	5.064	1.471	606	1.826	27	3.194
2011	9.434	6.134	1.444	732	1.934	43	3.323
2012	8.543	7.191	1.424	856	2.041	59	3.453
2013	7.712	8.230	1.411	976	2.148	73	3.582
2014	6.944	9.250	1.406	1.094	2.253	88	3.712
2015	6.245	10.249	1.408	1.208	2.359	101	3.842
2016	5.614	11.218	1.417	1.318	2.464	114	3.971
2017	5.052	12.150	1.431	1.424	2.567	125	4.101
2018	4.557	13.047	1.450	1.525	2.667	137	4.230
2019	4.127	13.910	1.474	1.621	2.767	147	4.360
2020	3.759	14.741	1.502	1.714	2.866	157	4.490

Tabela 28: 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	0	300	0	9	0	401	0	28	0	0
1981	993	0	145	0	7	0	1.307	0	84	0	0
1982	1.758	0	244	0	19	0	1.562	0	111	0	0
1983	1.913	0	254	0	29	0	2.740	0	208	0	0
1984	1.811	0	235	0	36	0	4.218	0	354	0	0
1985	1.844	0	233	0	44	0	5.563	0	521	0	0
1986	2.120	0	262	0	60	0	7.630	0	762	0	0
1987	1.850	0	225	0	61	0	8.045	0	868	0	0
1988	1.697	0	203	0	66	0	8.745	0	1.009	0	0
1989	1.395	0	166	0	60	0	9.881	0	1.180	0	0
1990	1.043	0	127	0	47	0	9.103	0	1.103	0	0
1991	1.407	0	176	0	64	0	9.131	0	1.114	0	0
1992	1.899	0	244	0	83	0	8.346	0	1.035	0	0
1993	2.078	0	269	0	83	0	8.584	0	1.085	0	0
1994	2.687	0	345	0	94	0	8.644	0	1.110	0	0
1995	2.911	0	372	0	89	0	8.797	0	1.143	0	0
1996	3.495	0	459	0	100	0	8.651	0	1.127	0	0
1997	4.306	0	582	0	126	0	7.345	0	955	0	0
1998	4.568	0	624	0	144	0	6.827	0	885	0	0
1999	5.093	0	691	0	177	0	6.278	0	811	0	0
2000	4.868	0	650	0	186	0	4.820	0	619	0	0
2001	4.796	0	625	0	205	0	4.125	0	529	0	0
2002	4.586	0	574	0	219	0	5.577	0	721	0	0
2003	4.829	6	583	1	258	0	4.763	28	618	7	0
2004	4.951	33	585	6	295	0	5.190	540	658	102	0
2005	4.839	132	568	19	327	0	4.788	1.843	589	271	0
2006	3.951	416	465	51	317	0	4.023	2.301	487	284	0
2007	4.521	605	539	72	448	0	2.850	6.455	342	763	0
2008	4.226	906	526	108	528	0	2.516	10.890	299	1.299	0
2009	3.789	1.327	502	159	572	3	1.951	12.768	229	1.492	31
2010	3.459	1.688	490	202	609	9	1.633	16.025	190	1.805	89
2011	3.145	2.045	481	244	645	14	1.359	19.184	156	2.105	141
2012	2.848	2.397	475	285	680	20	1.125	22.234	128	2.391	190
2013	2.571	2.743	470	325	716	24	925	25.166	103	2.663	236
2014	2.315	3.083	469	365	751	29	759	27.972	83	2.920	278
2015	2.082	3.416	469	403	786	34	621	30.648	67	3.163	317
2016	1.871	3.739	472	439	821	38	507	33.170	53	3.390	353
2017	1.684	4.050	477	475	856	42	415	35.519	43	3.599	386
2018	1.519	4.349	483	508	889	46	339	37.700	34	3.791	416
2019	1.376	4.637	491	540	922	49	277	39.719	27	3.969	443
2020	1.253	4.914	501	571	955	52	228	41.585	22	4.132	468

Tabela 29: Evolução do consumo anual de diesel por categoria de veículos (10³ m³)

Ano	Diesel de Petróleo						Biodiesel					
	Comerciais Leves	Ônibus Urbanos	Ônibus Rodoviários	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Pesados	Comerciais Leves	Ônibus Urbanos	Ônibus Rodoviários	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Pesados
1980	125	4.965	1.163	1.105	1.922	4.165	0	0	0	0	0	0
1981	192	4.869	1.141	1.100	1.970	4.029	0	0	0	0	0	0
1982	294	4.947	1.159	1.106	2.057	4.015	0	0	0	0	0	0
1983	362	4.726	1.107	1.041	1.978	3.787	0	0	0	0	0	0
1984	436	4.886	1.145	1.071	2.072	3.935	0	0	0	0	0	0
1985	496	4.958	1.161	1.096	2.175	4.084	0	0	0	0	0	0
1986	618	5.695	1.334	1.277	2.653	4.871	0	0	0	0	0	0
1987	672	5.881	1.378	1.313	2.892	5.186	0	0	0	0	0	0
1988	712	5.969	1.398	1.283	2.992	5.311	0	0	0	0	0	0
1989	811	6.284	1.472	1.302	3.176	5.667	0	0	0	0	0	0
1990	874	6.283	1.472	1.262	3.175	5.781	0	0	0	0	0	0
1991	938	6.606	1.547	1.249	3.209	6.010	0	0	0	0	0	0
1992	972	6.886	1.613	1.202	3.143	6.092	0	0	0	0	0	0
1993	1.038	7.092	1.661	1.161	3.103	6.374	0	0	0	0	0	0
1994	1.148	7.272	1.703	1.139	3.129	6.960	0	0	0	0	0	0
1995	1.260	7.625	1.786	1.136	3.231	7.697	0	0	0	0	0	0
1996	1.331	7.977	1.869	1.118	3.290	8.195	0	0	0	0	0	0
1997	1.456	8.438	1.977	1.123	3.418	8.850	0	0	0	0	0	0
1998	1.605	8.762	2.053	1.117	3.529	9.412	0	0	0	0	0	0
1999	1.697	8.779	2.056	1.093	3.545	9.604	0	0	0	0	0	0
2000	1.814	8.925	2.091	1.099	3.619	10.059	0	0	0	0	0	0
2001	1.904	8.989	2.106	1.095	3.563	10.729	0	0	0	0	0	0
2002	1.981	9.167	2.147	1.101	3.486	11.701	0	0	0	0	0	0
2003	1.867	8.678	2.033	1.015	3.145	11.860	0	0	0	0	0	0
2004	1.921	8.959	2.099	1.024	3.089	13.496	0	0	0	0	0	0
2005	1.863	8.549	2.030	968	2.827	14.192	0	0	0	0	0	0
2006	1.879	8.457	2.029	943	2.677	14.914	0	0	0	0	0	0
2007	1.962	8.771	2.108	950	2.625	16.298	0	0	0	0	0	0
2008	2.003	8.869	2.110	925	2.487	17.709	51	227	54	24	64	454
2009	1.948	8.451	1.958	856	2.238	17.965	71	307	71	31	81	652
2010	1.996	8.511	1.949	843	2.141	18.996	105	448	103	44	113	1.000
2011	2.077	8.751	2.007	848	2.091	20.450	109	461	106	45	110	1.076
2012	2.149	8.966	2.060	855	2.048	21.858	113	472	108	45	108	1.150
2013	2.214	9.155	2.106	863	2.012	23.222	117	482	111	45	106	1.222
2014	2.272	9.320	2.147	871	1.983	24.541	120	491	113	46	104	1.292
2015	2.322	9.461	2.182	881	1.959	25.815	122	498	115	46	103	1.359
2016	2.366	9.578	2.211	891	1.941	27.043	125	504	116	47	102	1.423
2017	2.402	9.671	2.235	902	1.928	28.227	126	509	118	47	101	1.486
2018	2.432	9.741	2.254	913	1.919	29.365	128	513	119	48	101	1.546
2019	2.455	9.789	2.267	925	1.915	30.458	129	515	119	49	101	1.603
2020	2.471	9.813	2.274	937	1.914	31.503	130	516	120	49	101	1.658

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

Tabela 30: 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	3.898.303	52.076	0	0	612.127	3.582	0	0	42.646	0	0
1981	3.464.932	174.992	0	0	516.235	11.210	0	0	59.914	0	0
1982	3.594.201	211.310	0	0	507.218	14.963	0	0	92.575	0	0
1983	3.228.404	383.721	0	0	436.052	29.011	0	0	116.169	0	0
1984	2.946.595	609.226	0	0	386.975	51.000	0	0	136.088	0	0
1985	2.940.157	821.889	0	0	376.032	76.656	0	0	163.051	0	0
1986	3.348.276	1.144.606	0	0	417.192	113.683	0	0	217.607	0	0
1987	2.927.927	1.216.911	0	0	356.587	130.053	0	0	223.082	0	0
1988	2.830.543	1.318.932	0	0	337.955	149.764	0	0	250.123	0	0
1989	2.964.814	1.477.572	0	0	349.042	172.754	0	0	296.689	0	0
1990	3.060.517	1.363.320	0	0	360.144	161.368	0	0	333.981	0	0
1991	3.203.185	1.368.817	0	0	379.904	162.711	0	0	369.619	0	0
1992	3.091.042	1.224.955	0	0	368.537	146.173	0	0	370.304	0	0
1993	2.925.723	1.208.475	0	0	349.258	144.635	0	0	358.660	0	0
1994	2.808.932	1.169.015	0	0	335.037	140.335	0	0	357.030	0	0
1995	2.665.081	1.163.646	0	0	318.520	139.795	0	0	368.450	0	0
1996	2.544.852	1.131.971	0	0	308.096	135.625	0	0	406.385	0	0
1997	2.311.006	951.696	0	0	283.236	113.467	0	0	462.663	0	0
1998	1.988.811	875.838	0	0	244.798	103.878	0	0	522.527	0	0
1999	1.655.560	794.694	0	0	204.122	93.750	0	0	556.750	0	0
2000	1.374.125	599.607	0	0	169.367	70.348	0	0	589.940	0	0
2001	1.156.046	502.031	0	0	142.217	58.594	0	0	645.765	0	0
2002	947.041	653.362	0	0	115.948	75.938	0	0	690.203	0	0
2003	864.982	530.828	138	108	105.255	61.459	32	25	744.268	0	0
2004	781.325	547.645	649	2.107	94.523	63.089	125	402	731.974	0	0
2005	687.074	476.143	2.897	7.288	82.697	54.546	427	1.111	689.747	0	0
2006	598.504	382.057	11.692	9.946	71.758	43.581	1.449	1.260	632.708	0	0
2007	561.936	260.994	15.893	29.706	67.213	29.678	1.881	3.556	625.908	0	0
2008	500.128	221.725	25.343	56.417	59.891	25.148	3.017	6.774	583.769	0	0
2009	429.662	164.823	37.484	71.882	51.681	18.660	4.477	8.648	518.794	512	808
2010	378.053	131.771	47.065	94.280	45.725	14.903	5.605	11.299	469.516	1.457	2.278
2011	331.922	104.462	57.224	117.197	40.536	11.794	6.791	13.991	425.151	2.349	3.639
2012	290.441	81.945	67.823	140.310	36.010	9.233	8.018	16.680	385.773	3.193	4.899
2013	253.422	63.634	78.728	163.311	32.090	7.152	9.269	19.331	350.877	3.995	6.070
2014	220.100	49.315	89.812	185.916	28.721	5.495	10.529	21.911	321.048	4.760	7.160
2015	190.249	38.198	100.963	207.882	25.847	4.205	11.787	24.394	295.800	5.487	8.169
2016	163.706	29.795	112.039	228.898	23.422	3.222	13.026	26.747	274.675	6.175	9.096
2017	140.311	23.601	122.907	248.690	21.398	2.490	14.234	28.942	257.159	6.823	9.943
2018	119.815	18.916	133.494	267.132	19.732	1.956	15.402	30.968	242.802	7.433	10.711
2019	102.033	15.476	143.748	284.153	18.383	1.569	16.528	32.823	231.285	8.009	11.410
2020	86.824	12.885	153.638	299.721	17.328	1.285	17.609	34.508	222.334	8.551	12.039

Tabela 31: Emissões de CO por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel						GNV
	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Ônibus Rodoviários	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Pesados	
1980	880	34.756	8.142	7.741	13.505	28.900	0
1981	1.347	34.110	7.991	7.712	13.842	28.009	0
1982	2.069	34.675	8.123	7.755	14.451	27.943	0
1983	2.544	33.139	7.763	7.298	13.897	26.383	0
1984	3.061	34.273	8.029	7.509	14.562	27.444	0
1985	3.484	34.783	8.148	7.687	15.284	28.510	0
1986	4.343	39.964	9.362	8.963	18.643	34.045	0
1987	4.719	41.280	9.670	9.215	20.323	36.279	0
1988	5.006	41.909	9.818	9.007	21.027	37.180	0
1989	5.699	44.129	10.338	9.138	22.317	39.698	0
1990	6.143	44.125	10.337	8.860	22.311	40.520	0
1991	6.593	46.396	10.869	8.770	22.551	42.138	0
1992	6.828	48.372	11.332	8.436	22.085	42.729	0
1993	7.296	49.821	11.671	8.154	21.804	44.725	168
1994	8.065	50.908	11.926	7.998	21.985	48.852	309
1995	8.854	52.977	12.410	7.974	22.702	54.039	329
1996	9.313	55.010	12.887	7.836	23.056	57.301	242
1997	10.091	57.831	13.547	7.844	23.803	61.362	316
1998	11.010	58.718	13.755	7.771	24.411	64.757	887
1999	11.549	57.002	13.353	7.567	24.384	65.687	1.068
2000	11.939	56.162	13.157	7.463	24.335	66.791	2.103
2001	11.886	54.592	12.789	7.181	23.234	67.233	3.842
2002	11.799	53.598	12.556	6.974	22.175	68.855	6.583
2003	10.676	48.706	11.410	6.229	19.528	65.386	8.924
2004	10.555	48.276	11.309	6.088	18.747	69.477	10.618
2005	9.796	44.316	10.470	5.559	16.752	68.794	13.068
2006	9.427	42.160	10.030	5.238	15.457	68.907	15.500
2007	9.382	41.860	9.975	5.097	14.727	71.756	17.196
2008	9.339	41.451	9.817	4.909	13.862	75.935	16.482
2009	8.752	38.319	8.905	4.430	12.215	74.683	14.151
2010	8.744	37.798	8.702	4.286	11.509	77.650	21.462
2011	8.766	37.531	8.647	4.169	10.883	81.207	22.333
2012	8.803	37.341	8.610	4.074	10.332	84.964	23.203
2013	8.854	37.219	8.589	3.997	9.850	88.890	24.074
2014	8.898	37.089	8.565	3.932	9.423	92.736	24.945
2015	8.936	36.950	8.539	3.880	9.047	96.498	25.816
2016	8.967	36.799	8.511	3.838	8.718	100.172	26.686
2017	8.990	36.634	8.479	3.805	8.435	103.753	27.557
2018	9.004	36.452	8.443	3.781	8.192	107.237	28.428
2019	9.010	36.248	8.402	3.764	7.987	110.616	29.299
2020	9.006	36.021	8.355	3.753	7.817	113.885	30.169

Tabela 32: 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	146.951	2.848	0	0	22.646	196	0	0	216	0	0
1981	130.383	9.283	0	0	19.079	594	0	0	304	0	0
1982	134.714	11.089	0	0	18.674	788	0	0	470	0	0
1983	120.411	20.143	0	0	15.993	1.528	0	0	590	0	0
1984	109.225	33.414	0	0	14.147	2.879	0	0	691	0	0
1985	108.336	47.488	0	0	13.713	4.597	0	0	828	0	0
1986	122.953	73.239	0	0	15.243	7.660	0	0	1.105	0	0
1987	107.494	85.374	0	0	13.139	9.836	0	0	1.132	0	0
1988	104.222	96.471	0	0	12.635	11.917	0	0	1.270	0	0
1989	112.010	109.245	0	0	13.646	13.819	0	0	1.506	0	0
1990	123.430	100.204	0	0	15.487	12.777	0	0	1.695	0	0
1991	140.572	100.342	0	0	18.247	12.826	0	0	1.876	0	0
1992	144.348	90.029	0	0	19.065	11.546	0	0	1.880	0	0
1993	145.498	89.517	0	0	19.267	11.510	0	0	1.821	0	0
1994	152.904	87.616	0	0	20.066	11.301	0	0	1.812	0	0
1995	160.924	87.851	0	0	20.964	11.351	0	0	1.870	0	0
1996	169.983	85.851	0	0	22.414	11.059	0	0	2.063	0	0
1997	169.330	72.563	0	0	22.648	9.293	0	0	2.349	0	0
1998	158.284	67.139	0	0	21.250	8.544	0	0	2.652	0	0
1999	141.415	61.301	0	0	18.916	7.752	0	0	2.826	0	0
2000	125.754	46.583	0	0	16.669	5.853	0	0	2.995	0	0
2001	112.873	39.290	0	0	14.783	4.907	0	0	3.278	0	0
2002	97.910	51.513	0	0	12.610	6.402	0	0	3.504	0	0
2003	94.277	42.178	11	28	11.929	5.216	3	7	4.526	0	0
2004	89.292	43.861	75	569	11.130	5.390	14	108	5.894	0	0
2005	81.737	38.443	334	1.760	10.066	4.690	49	268	7.028	0	0
2006	73.616	31.097	1.291	1.884	8.983	3.772	161	245	8.246	0	0
2007	71.055	21.419	1.720	4.775	8.615	2.586	204	586	10.536	0	0
2008	64.704	18.356	2.617	7.349	7.815	2.207	312	892	11.911	0	0
2009	56.582	13.775	3.763	7.772	6.812	1.649	449	939	12.084	50	79
2010	50.454	11.127	4.723	9.107	6.057	1.328	562	1.093	12.362	143	223
2011	44.731	8.913	5.750	10.495	5.373	1.060	681	1.252	12.656	230	357
2012	39.416	7.068	6.829	11.910	4.758	837	806	1.412	12.961	313	480
2013	34.527	5.547	7.946	13.328	4.211	655	934	1.571	13.279	392	595
2014	30.055	4.323	9.085	14.727	3.728	506	1.064	1.726	13.613	467	702
2015	25.999	3.353	10.235	16.089	3.307	389	1.193	1.876	13.967	538	801
2016	22.354	2.598	11.381	17.393	2.943	297	1.321	2.019	14.331	605	892
2017	19.112	2.045	12.507	18.621	2.631	229	1.446	2.152	14.702	669	975
2018	16.251	1.630	13.606	19.763	2.367	179	1.567	2.275	15.080	729	1.050
2019	13.751	1.325	14.672	20.814	2.147	143	1.684	2.388	15.474	785	1.119
2020	11.595	1.090	15.701	21.772	1.967	116	1.796	2.490	15.887	838	1.180

Tabela 33: Emissões de NO_x por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel						GNV
	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Ônibus Rodoviários	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Pesados	
1980	5.063	200.699	47.016	44.647	77.690	168.358	0
1981	7.750	196.835	46.111	44.468	79.629	162.879	0
1982	11.904	199.988	46.849	44.708	83.133	162.291	0
1983	14.636	191.051	44.756	42.065	79.946	153.070	0
1984	17.607	197.518	46.270	43.277	83.772	159.062	0
1985	20.041	200.400	46.946	44.291	87.927	165.068	0
1986	24.983	230.185	53.923	51.639	107.248	196.910	0
1987	27.147	237.709	55.686	53.079	116.912	209.639	0
1988	28.795	241.285	56.523	51.877	120.959	214.681	0
1989	32.783	254.022	59.507	52.630	128.384	229.074	0
1990	35.337	253.966	59.494	51.024	128.346	233.698	0
1991	37.930	267.009	62.549	50.498	129.729	242.929	0
1992	39.280	278.353	65.207	48.577	127.048	246.249	0
1993	41.969	286.670	67.155	46.949	125.431	257.665	87
1994	46.395	290.193	67.980	46.050	126.471	281.353	160
1995	50.933	295.750	69.282	45.906	130.595	311.143	170
1996	52.988	300.755	70.455	44.906	131.642	326.217	125
1997	55.918	310.577	72.756	44.484	133.651	341.172	163
1998	59.275	313.940	73.543	43.570	134.604	352.106	459
1999	60.751	306.574	71.818	41.930	132.286	350.996	553
2000	62.693	303.917	71.195	41.221	131.573	356.488	1.089
2001	63.285	297.688	69.736	39.899	126.360	363.975	1.990
2002	63.819	295.731	69.278	39.087	121.384	380.803	3.409
2003	58.726	273.071	63.969	35.277	107.738	371.829	4.621
2004	59.048	272.826	63.911	34.847	104.206	407.437	5.498
2005	55.645	250.491	59.179	32.110	93.709	412.200	6.767
2006	53.876	238.361	56.700	30.347	86.670	414.280	8.027
2007	53.615	236.726	56.406	29.505	82.583	428.924	8.905
2008	53.361	234.471	55.525	28.380	77.738	450.692	8.535
2009	49.991	216.818	50.388	25.588	68.515	440.614	7.328
2010	49.936	213.946	49.258	24.730	64.563	455.852	11.114
2011	50.042	212.495	48.963	24.025	61.067	474.474	11.565
2012	48.638	205.795	47.436	22.956	57.041	475.104	12.016
2013	45.915	194.467	44.823	21.556	52.563	459.678	12.467
2014	43.355	183.779	42.358	20.272	48.469	445.461	12.918
2015	40.955	173.707	40.038	19.097	44.740	432.406	13.369
2016	38.707	164.231	37.856	18.024	41.354	420.458	13.820
2017	36.608	155.325	35.807	17.037	38.291	409.569	14.271
2018	34.652	146.969	33.887	16.138	35.532	399.692	14.722
2019	32.838	139.136	32.089	15.315	33.058	390.769	15.173
2020	31.161	131.805	30.408	14.570	30.849	382.750	15.623

Tabela 34: Emissões de MP 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	0	39	0	62	0
1981	224	0	33	0	87	0
1982	231	0	32	0	135	0
1983	206	0	27	0	169	0
1984	187	0	24	0	198	0
1985	185	0	23	0	238	0
1986	210	0	26	0	317	0
1987	183	0	22	0	325	0
1988	177	0	21	0	364	0
1989	188	0	23	0	432	0
1990	207	0	26	0	487	0
1991	237	0	31	0	538	0
1992	253	0	33	0	539	0
1993	275	0	37	0	523	0
1994	316	0	41	0	520	0
1995	373	0	48	0	537	0
1996	443	0	59	0	592	0
1997	474	0	64	0	674	0
1998	458	0	63	0	761	0
1999	423	0	57	0	811	0
2000	389	0	52	0	859	0
2001	365	0	48	0	941	0
2002	333	0	42	0	1.006	0
2003	337	0	42	0	1.108	0
2004	334	2	40	0	1.138	0
2005	318	6	38	1	1.088	0
2006	293	24	35	3	992	0
2007	287	31	35	4	988	0
2008	264	46	33	6	948	0
2009	233	68	30	8	876	2
2010	210	87	28	10	823	5
2011	188	106	27	13	777	8
2012	168	125	26	15	738	11
2013	150	143	25	17	704	14
2014	133	161	24	19	677	16
2015	117	179	23	21	655	19
2016	103	196	23	23	640	21
2017	91	213	22	25	629	23
2018	81	229	22	27	622	26
2019	72	244	22	28	619	27
2020	64	259	22	30	619	29

Tabela 35: Emissões de MP por veículos do ciclo Diesel (t/ano)

Ano	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Ônibus Rodoviários	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Pesados
1980	394	15.629	3.661	3.477	6.050	13.111
1981	604	15.328	3.591	3.463	6.201	12.684
1982	927	15.574	3.648	3.482	6.474	12.638
1983	1.140	14.878	3.485	3.276	6.226	11.920
1984	1.371	15.382	3.603	3.370	6.524	12.387
1985	1.561	15.606	3.656	3.449	6.847	12.854
1986	1.946	17.925	4.199	4.021	8.352	15.334
1987	2.114	18.511	4.336	4.133	9.104	16.325
1988	2.242	18.790	4.402	4.040	9.420	16.718
1989	2.553	19.782	4.634	4.099	9.998	17.839
1990	2.752	19.777	4.633	3.973	9.995	18.199
1991	2.954	20.793	4.871	3.932	10.103	18.918
1992	3.059	21.676	5.078	3.783	9.894	19.176
1993	3.021	20.636	4.834	3.380	9.029	18.548
1994	3.340	20.844	4.883	3.315	9.104	20.253
1995	3.666	21.137	4.952	3.305	9.401	22.398
1996	3.804	21.385	5.010	3.229	9.460	23.422
1997	3.974	21.894	5.129	3.179	9.529	24.262
1998	4.147	21.597	5.059	3.081	9.478	24.697
1999	4.223	20.609	4.828	2.956	9.274	24.503
2000	4.251	19.949	4.673	2.868	9.078	24.361
2001	4.119	18.995	4.450	2.709	8.529	23.814
2002	3.343	15.249	3.572	2.223	6.888	19.816
2003	2.937	13.434	3.147	1.944	5.967	17.972
2004	2.817	12.892	3.020	1.859	5.637	18.098
2005	2.524	11.457	2.696	1.657	4.951	17.005
2006	2.335	10.529	2.488	1.523	4.483	16.277
2007	2.080	9.381	2.217	1.372	3.984	14.913
2008	1.956	8.806	2.075	1.277	3.646	14.734
2009	1.713	7.662	1.787	1.107	3.102	13.484
2010	1.619	7.191	1.667	1.033	2.836	13.298
2011	1.537	6.784	1.573	968	2.594	13.217
2012	1.423	6.275	1.454	896	2.351	12.701
2013	1.283	5.674	1.314	819	2.108	11.789
2014	1.155	5.124	1.186	749	1.886	10.947
2015	1.038	4.621	1.069	684	1.685	10.169
2016	933	4.164	963	625	1.502	9.452
2017	839	3.749	867	571	1.338	8.794
2018	754	3.374	779	522	1.190	8.191
2019	678	3.037	701	476	1.058	7.640
2020	611	2.734	631	435	940	7.139

Tabela 36: Emissões de RCHO por categoria de veículos e tipo de combustível (t/ano)

Ano	Automóveis				Comerciais Leves Otto				GNV
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex Fuel		Gasolina C	Etanol hidratado	Flex Fuel		
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado	
1980	5.907	463	0	0	928	32	0	0	0
1981	5.250	1.555	0	0	782	100	0	0	0
1982	5.446	1.878	0	0	769	133	0	0	0
1983	4.892	3.411	0	0	661	258	0	0	0
1984	4.466	5.607	0	0	587	477	0	0	0
1985	4.460	7.897	0	0	571	752	0	0	0
1986	5.085	10.774	0	0	634	1.080	0	0	0
1987	4.452	10.953	0	0	543	1.158	0	0	0
1988	4.314	11.649	0	0	517	1.297	0	0	0
1989	4.573	12.979	0	0	544	1.489	0	0	0
1990	4.893	11.965	0	0	591	1.391	0	0	0
1991	5.420	12.066	0	0	674	1.412	0	0	0
1992	5.453	10.838	0	0	689	1.277	0	0	0
1993	5.369	10.687	0	0	682	1.264	0	0	1
1994	5.748	10.338	0	0	727	1.227	0	0	2
1995	6.258	10.289	0	0	791	1.223	0	0	2
1996	6.640	10.011	0	0	854	1.188	0	0	2
1997	6.481	8.419	0	0	846	995	0	0	2
1998	5.855	7.750	0	0	767	912	0	0	6
1999	5.070	7.034	0	0	662	824	0	0	7
2000	4.374	5.310	0	0	568	619	0	0	14
2001	3.835	4.450	0	0	493	516	0	0	26
2002	3.281	5.805	0	0	416	672	0	0	45
2003	3.123	4.734	1	4	389	547	0	1	61
2004	2.935	4.907	5	63	361	563	1	12	72
2005	2.672	4.289	19	215	325	489	3	32	89
2006	2.385	3.458	70	277	288	392	9	35	105
2007	2.276	2.371	91	790	273	268	11	94	117
2008	2.050	2.023	131	1.364	245	228	16	163	112
2009	1.777	1.511	184	1.577	213	170	22	189	96
2010	1.572	1.215	236	1.925	189	136	28	230	1.572
2011	1.384	970	288	2.275	168	109	34	271	1.384
2012	1.213	767	342	2.625	149	86	40	311	1.213
2013	1.057	600	395	2.969	133	67	47	351	1.057
2014	916	470	449	3.304	119	52	53	389	916
2015	790	369	502	3.628	107	40	59	425	790
2016	677	293	555	3.936	97	31	65	459	677
2017	578	234	606	4.225	88	24	71	491	578
2018	492	189	655	4.494	81	19	76	521	492
2019	417	155	703	4.741	75	15	81	547	417
2020	353	128	749	4.968	70	13	86	572	353

Tabela 37: 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	644.253	8.346	0	0	99.440	573	0	0	4.784	0	0
1981	573.246	26.946	0	0	84.041	1.724	0	0	6.721	0	0
1982	592.125	32.319	0	0	82.233	2.299	0	0	10.385	0	0
1983	530.325	58.761	0	0	70.611	4.457	0	0	13.032	0	0
1984	481.521	93.700	0	0	62.515	7.943	0	0	15.267	0	0
1985	476.658	127.274	0	0	60.440	12.059	0	0	18.292	0	0
1986	537.041	178.063	0	0	66.577	18.001	0	0	24.412	0	0
1987	468.135	190.065	0	0	57.001	20.779	0	0	25.026	0	0
1988	450.987	209.067	0	0	54.142	24.454	0	0	28.059	0	0
1989	476.334	238.369	0	0	56.990	28.849	0	0	33.283	0	0
1990	491.179	219.438	0	0	58.951	26.865	0	0	37.467	0	0
1991	503.152	216.692	0	0	60.406	26.520	0	0	41.465	0	0
1992	477.592	191.990	0	0	57.259	23.499	0	0	41.542	0	0
1993	443.388	188.066	0	0	52.940	23.016	0	0	40.235	0	0
1994	412.879	180.876	0	0	49.052	22.118	0	0	40.053	0	0
1995	380.036	179.037	0	0	45.091	21.837	0	0	41.334	0	0
1996	353.087	173.737	0	0	42.236	21.086	0	0	45.589	0	0
1997	315.450	146.329	0	0	38.120	17.645	0	0	51.903	0	0
1998	270.679	134.754	0	0	32.904	16.143	0	0	58.618	0	0
1999	224.966	122.430	0	0	27.418	14.571	0	0	62.458	0	0
2000	186.793	92.825	0	0	22.771	10.974	0	0	66.181	0	0
2001	157.752	77.992	0	0	19.190	9.165	0	0	72.444	0	0
2002	130.383	101.122	0	0	15.750	11.836	0	0	77.429	0	0
2003	120.051	82.547	28	48	14.380	9.620	6	11	83.497	0	0
2004	109.658	85.281	176	934	13.049	9.872	33	177	82.034	0	0
2005	97.601	74.465	832	3.331	11.576	8.552	119	488	78.088	0	0
2006	85.643	60.024	3.210	4.137	10.153	6.853	391	514	72.542	0	0
2007	80.450	41.302	4.136	11.501	9.557	4.694	486	1.366	72.765	0	0
2008	71.775	35.198	6.011	18.161	8.598	3.985	712	2.164	69.207	0	0
2009	61.909	26.343	8.138	19.715	7.514	2.972	967	2.353	62.235	73	114
2010	54.671	21.175	9.589	23.610	6.734	2.382	1.137	2.811	56.779	206	323
2011	48.213	16.886	11.079	27.506	6.059	1.893	1.310	3.264	51.872	333	515
2012	42.406	13.334	12.594	31.362	5.471	1.489	1.484	3.709	47.533	452	694
2013	37.221	10.431	14.120	35.142	4.965	1.159	1.658	4.140	43.697	566	860
2014	32.543	8.137	15.646	38.817	4.532	895	1.830	4.556	40.429	674	1.014
2015	28.344	6.342	17.163	42.361	4.165	689	2.000	4.955	37.687	777	1.157
2016	24.602	4.971	18.654	45.733	3.858	530	2.167	5.330	35.399	875	1.289
2017	21.300	3.950	20.107	48.897	3.605	411	2.328	5.681	33.519	967	1.409
2018	18.402	3.172	21.516	51.848	3.400	324	2.484	6.005	31.993	1.053	1.517
2019	15.887	2.610	22.880	54.585	3.238	262	2.634	6.304	30.790	1.135	1.616
2020	13.753	2.193	24.201	57.110	3.119	217	2.780	6.579	29.884	1.211	1.706

Tabela 38: Emissões de NMHC por veículos movidos a diesel e GNV (t/ano)

Ano	Diesel					GNV	
	Comerciais Leves Diesel	Ônibus Urbanos	Ônibus Rodoviários	Caminhões Leves	Caminhões Médios		Caminhões Pesados
1980	322	12.755	2.988	2.837	4.937	10.699	0
1981	493	12.509	2.930	2.826	5.061	10.351	0
1982	756	12.710	2.977	2.841	5.283	10.314	0
1983	930	12.142	2.844	2.673	5.081	9.728	0
1984	1.119	12.553	2.941	2.750	5.324	10.109	0
1985	1.274	12.736	2.983	2.815	5.588	10.490	0
1986	1.588	14.629	3.427	3.282	6.816	12.514	0
1987	1.725	15.107	3.539	3.373	7.430	13.323	0
1988	1.830	15.334	3.592	3.297	7.687	13.643	0
1989	2.083	16.143	3.782	3.345	8.159	14.558	0
1990	2.246	16.140	3.781	3.243	8.157	14.852	0
1991	2.410	16.969	3.975	3.209	8.244	15.438	0
1992	2.496	17.690	4.144	3.087	8.074	15.650	0
1993	2.667	18.218	4.268	2.984	7.971	16.375	8
1994	2.948	18.564	4.349	2.927	8.037	17.880	14
1995	3.237	19.200	4.498	2.917	8.299	19.774	15
1996	3.394	19.816	4.642	2.863	8.410	20.895	11
1997	3.649	20.726	4.855	2.857	8.640	22.219	15
1998	3.948	20.959	4.910	2.821	8.815	23.296	42
1999	4.115	20.286	4.752	2.737	8.764	23.513	50
2000	4.233	19.927	4.668	2.691	8.713	23.805	99
2001	4.196	19.305	4.522	2.581	8.296	23.847	180
2002	4.152	18.897	4.427	2.499	7.902	24.317	309
2003	3.748	17.128	4.012	2.228	6.948	23.010	418
2004	3.697	16.753	3.924	2.172	6.660	24.355	498
2005	3.403	15.027	3.537	1.972	5.929	23.821	613
2006	3.200	13.941	3.295	1.833	5.416	23.155	727
2007	3.077	13.421	3.177	1.747	5.082	23.026	806
2008	2.941	12.820	3.024	1.643	4.700	23.043	773
2009	2.642	11.449	2.668	1.449	4.065	21.575	663
2010	2.536	10.923	2.529	1.367	3.757	21.504	1.006
2011	2.443	10.475	2.426	1.295	3.477	21.588	1.047
2012	2.361	10.070	2.332	1.231	3.225	21.752	1.088
2013	2.288	9.707	2.249	1.174	2.997	21.987	1.128
2014	2.221	9.371	2.171	1.123	2.792	22.243	1.169
2015	2.161	9.060	2.100	1.077	2.608	22.520	1.210
2016	2.105	8.774	2.034	1.037	2.442	22.814	1.251
2017	2.055	8.510	1.974	1.001	2.296	23.123	1.292
2018	2.009	8.267	1.918	969	2.166	23.445	1.333
2019	1.968	8.044	1.867	940	2.052	23.777	1.373
2020	1.930	7.837	1.820	915	1.952	24.117	1.414

Tabela 39: Emissões de CH₄ por categoria de veículos e tipo de combustível (t/ano)

Ano	Automóveis				Comerciais Leves Otto				Motocicletas			GNV
	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	47.234	684	0	0	7.279	47	0	0	844	0	0	0
1981	41.909	2.228	0	0	6.132	143	0	0	1.186	0	0	0
1982	43.301	2.661	0	0	6.002	189	0	0	1.833	0	0	0
1983	38.703	4.834	0	0	5.141	367	0	0	2.300	0	0	0
1984	35.074	7.716	0	0	4.542	654	0	0	2.694	0	0	0
1985	34.722	10.475	0	0	4.390	993	0	0	3.228	0	0	0
1986	39.202	14.662	0	0	4.844	1.483	0	0	4.308	0	0	0
1987	34.040	15.630	0	0	4.124	1.709	0	0	4.416	0	0	0
1988	32.699	17.222	0	0	3.896	2.018	0	0	4.952	0	0	0
1989	34.199	19.679	0	0	4.036	2.387	0	0	5.874	0	0	0
1990	35.601	18.156	0	0	4.231	2.231	0	0	6.612	0	0	0
1991	37.830	18.103	0	0	4.565	2.232	0	0	7.317	0	0	0
1992	36.890	16.188	0	0	4.487	2.006	0	0	7.331	0	0	0
1993	35.061	16.056	0	0	4.266	1.999	0	0	7.100	0	0	67
1994	34.864	15.762	0	0	4.226	1.978	0	0	7.068	0	0	123
1995	36.038	15.887	0	0	4.385	2.009	0	0	7.294	0	0	132
1996	37.312	15.533	0	0	4.640	1.964	0	0	8.045	0	0	97
1997	35.816	13.119	0	0	4.542	1.652	0	0	9.159	0	0	126
1998	32.213	12.129	0	0	4.115	1.520	0	0	10.344	0	0	354
1999	27.795	11.068	0	0	3.552	1.380	0	0	11.022	0	0	427
2000	23.920	8.409	0	0	3.045	1.043	0	0	11.679	0	0	840
2001	20.898	7.095	0	0	2.640	876	0	0	12.784	0	0	1.535
2002	17.796	9.326	0	0	2.217	1.149	0	0	13.664	0	0	2.630
2003	16.866	7.666	3	8	2.070	942	1	2	14.735	0	0	3.566
2004	15.778	8.014	26	147	1.913	977	5	28	14.477	0	0	4.242
2005	14.282	7.069	139	516	1.719	852	19	75	13.780	0	0	5.221
2006	12.662	5.740	545	602	1.518	687	65	75	12.802	0	0	6.193
2007	11.997	3.960	697	1.584	1.437	472	81	189	12.841	0	0	6.871
2008	10.728	3.400	1.030	2.385	1.291	404	121	285	12.213	0	0	6.585
2009	9.224	2.556	1.364	2.375	1.117	302	162	283	10.983	13	20	5.654
2010	8.097	2.070	1.515	2.583	987	244	179	307	10.020	36	57	8.575
2011	7.076	1.663	1.661	2.781	872	195	196	329	9.154	59	91	8.923
2012	6.153	1.323	1.804	2.966	771	155	212	349	8.388	80	122	9.271
2013	5.326	1.044	1.941	3.139	682	121	227	368	7.711	100	152	9.619
2014	4.585	820	2.073	3.300	605	94	242	385	7.135	119	179	9.967
2015	3.926	642	2.201	3.450	539	73	256	401	6.651	137	204	10.315
2016	3.346	504	2.324	3.587	483	56	269	416	6.247	154	227	10.663
2017	2.838	399	2.440	3.713	435	44	282	429	5.915	171	249	11.011
2018	2.398	317	2.552	3.827	396	34	295	441	5.646	186	268	11.358
2019	2.020	257	2.659	3.932	363	27	306	453	5.433	200	285	11.706
2020	1.699	211	2.763	4.028	337	22	318	463	5.274	214	301	12.054

Tabela 40: 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	22.353	3.445	103	2.398	370	11	473	32	0	0
1981	21.494	3.145	156	1.225	179	9	1.540	99	0	0
1982	20.547	2.848	223	2.168	301	24	1.840	131	0	0
1983	17.578	2.335	268	2.360	313	36	3.228	245	0	0
1984	15.748	2.039	311	2.234	289	44	4.968	417	0	0
1985	15.482	1.958	370	2.274	288	54	6.553	613	0	0
1986	17.421	2.154	491	2.614	323	74	8.987	897	0	0
1987	15.140	1.838	503	2.281	277	76	9.476	1.022	0	0
1988	14.780	1.769	571	2.093	251	81	10.300	1.188	0	0
1989	16.547	1.975	717	1.720	205	75	11.638	1.390	0	0
1990	18.777	2.286	854	1.287	157	59	10.722	1.299	0	0
1991	20.288	2.544	920	1.735	218	79	10.755	1.312	0	0
1992	20.179	2.589	879	2.342	301	102	9.831	1.219	0	0
1993	21.263	2.756	845	2.562	332	102	10.111	1.278	0	50
1994	23.401	3.002	816	3.314	425	116	10.181	1.307	0	92
1995	28.137	3.594	859	3.590	459	110	10.361	1.346	0	98
1996	32.897	4.317	943	4.310	566	124	10.190	1.328	0	72
1997	35.836	4.840	1.047	5.311	717	155	8.651	1.125	0	94
1998	37.272	5.090	1.177	5.634	769	178	8.041	1.042	0	264
1999	34.676	4.707	1.203	6.281	853	218	7.394	955	0	318
2000	33.357	4.453	1.276	6.004	801	230	5.678	729	0	626
2001	32.653	4.252	1.395	5.915	770	253	4.859	623	0	1.143
2002	31.224	3.909	1.491	5.656	708	270	6.569	850	0	1.958
2003	32.920	3.980	1.753	5.963	721	318	5.644	735	0	2.655
2004	33.932	4.028	2.008	6.146	730	364	6.749	896	0	3.159
2005	33.845	3.998	2.227	6.131	724	403	7.811	1.013	0	3.888
2006	35.739	4.228	2.592	5.386	637	391	7.449	908	0	4.611
2007	34.896	4.160	3.051	6.321	754	553	10.960	1.302	0	5.116
2008	34.941	4.314	3.594	6.329	782	651	15.791	1.882	0	4.903
2009	34.833	4.501	3.916	6.310	815	709	17.336	2.027	37	4.210
2010	35.043	4.714	4.204	6.348	854	762	20.798	2.350	104	6.385
2011	35.331	4.938	4.488	6.400	894	813	24.197	2.663	167	6.644
2012	35.707	5.173	4.766	6.468	937	863	27.514	2.967	224	6.903
2013	36.179	5.418	5.041	6.554	981	913	30.732	3.259	278	7.162
2014	36.752	5.673	5.312	6.657	1.028	962	33.841	3.538	328	7.421
2015	37.431	5.937	5.583	6.780	1.076	1.011	36.830	3.804	374	7.680
2016	38.199	6.207	5.850	6.919	1.124	1.060	39.667	4.055	416	7.939
2017	39.039	6.478	6.110	7.072	1.174	1.107	42.325	4.289	455	8.198
2018	39.952	6.751	6.364	7.237	1.223	1.153	44.804	4.506	490	8.457
2019	40.934	7.024	6.613	7.415	1.272	1.198	47.110	4.706	522	8.716
2020	41.984	7.298	6.861	7.605	1.322	1.243	49.250	4.892	551	8.976

Tabela 41: Emissões de CO₂ por veículos do ciclo Diesel (mil t/ano)

Ano	Diesel de Petróleo						Biodiesel					
	Comerciais Leves	Ônibus Urbanos	Ônibus Rodoviários	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Pesados	Comerciais Leves	Ônibus Urbanos	Ônibus Rodoviários	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Pesados
1980	335	13.263	3.107	2.950	5.134	11.126	0	0	0	0	0	0
1981	512	13.008	3.047	2.939	5.262	10.764	0	0	0	0	0	0
1982	787	13.216	3.096	2.954	5.494	10.725	0	0	0	0	0	0
1983	967	12.625	2.958	2.780	5.283	10.116	0	0	0	0	0	0
1984	1.164	13.053	3.058	2.860	5.536	10.512	0	0	0	0	0	0
1985	1.324	13.243	3.102	2.927	5.811	10.908	0	0	0	0	0	0
1986	1.651	15.212	3.563	3.413	7.087	13.013	0	0	0	0	0	0
1987	1.794	15.709	3.680	3.508	7.726	13.854	0	0	0	0	0	0
1988	1.903	15.945	3.735	3.428	7.993	14.187	0	0	0	0	0	0
1989	2.166	16.787	3.932	3.478	8.484	15.138	0	0	0	0	0	0
1990	2.335	16.783	3.932	3.372	8.482	15.444	0	0	0	0	0	0
1991	2.507	17.645	4.134	3.337	8.573	16.054	0	0	0	0	0	0
1992	2.596	18.395	4.309	3.210	8.396	16.273	0	0	0	0	0	0
1993	2.774	18.944	4.438	3.103	8.289	17.028	0	0	0	0	0	0
1994	3.066	19.425	4.550	3.043	8.358	18.593	0	0	0	0	0	0
1995	3.366	20.369	4.772	3.034	8.630	20.562	0	0	0	0	0	0
1996	3.555	21.309	4.992	2.986	8.790	21.890	0	0	0	0	0	0
1997	3.890	22.540	5.280	3.001	9.131	23.641	0	0	0	0	0	0
1998	4.287	23.405	5.483	2.985	9.426	25.143	0	0	0	0	0	0
1999	4.532	23.450	5.493	2.919	9.470	25.656	0	0	0	0	0	0
2000	4.845	23.840	5.585	2.936	9.667	26.870	0	0	0	0	0	0
2001	5.087	24.011	5.625	2.925	9.517	28.660	0	0	0	0	0	0
2002	5.291	24.487	5.736	2.941	9.312	31.256	0	0	0	0	0	0
2003	4.988	23.182	5.431	2.712	8.402	31.681	0	0	0	0	0	0
2004	5.131	23.932	5.606	2.737	8.252	36.050	0	0	0	0	0	0
2005	4.977	22.836	5.424	2.585	7.552	37.910	0	0	0	0	0	0
2006	5.020	22.591	5.420	2.519	7.150	39.838	0	0	0	0	0	0
2007	5.240	23.431	5.630	2.538	7.012	43.537	0	0	0	0	0	0
2008	5.350	23.690	5.636	2.471	6.642	47.307	137	607	145	63	170	1.213
2009	5.202	22.576	5.231	2.286	5.978	47.989	189	819	190	83	217	1.741
2010	5.331	22.736	5.205	2.252	5.719	50.742	281	1.197	274	119	301	2.671
2011	5.547	23.377	5.362	2.266	5.586	54.626	292	1.230	282	119	294	2.875
2012	5.741	23.950	5.502	2.284	5.472	58.389	302	1.261	290	120	288	3.073
2013	5.915	24.456	5.626	2.304	5.376	62.032	311	1.287	296	121	283	3.265
2014	6.069	24.897	5.735	2.327	5.297	65.555	319	1.310	302	122	279	3.450
2015	6.204	25.273	5.829	2.352	5.233	68.958	327	1.330	307	124	275	3.629
2016	6.319	25.585	5.907	2.380	5.185	72.240	333	1.347	311	125	273	3.802
2017	6.416	25.834	5.971	2.409	5.150	75.402	338	1.360	314	127	271	3.969
2018	6.495	26.021	6.020	2.439	5.127	78.443	342	1.370	317	128	270	4.129
2019	6.557	26.148	6.055	2.470	5.115	81.361	345	1.376	319	130	269	4.282
2020	6.602	26.214	6.075	2.502	5.113	84.153	347	1.380	320	132	269	4.429

Anexo L: Portaria Ministerial nº 336 de 22 de setembro de 2009



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

PORTARIA Nº 336, DE SETEMBRO DE 2009

O MINISTRO 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 CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989, resolve:

Art. 1º Instituir Grupo de Trabalho-GT com os objetivos a seguir relacionados:

I - definir metodologia de referência a ser adotada nacionalmente, e os poluentes a serem considerados para elaboração de inventário de fontes móveis, nos termos do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar-PRONAR;

II - criar as bases técnicas, instrumentais e normativas que permitam a sua atualização contínua e sistemática; e

III - elaborar o 1º Inventário Nacional de Emissões para os Veículos Pesados, Leves e Motociclos, com detalhamento para as Regiões Metropolitanas de São Paulo, Porto Alegre, Curitiba, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife, Salvador, Fortaleza, Belém e no Distrito Federal.

Art. 2º O GT será composto pelos órgãos e entidades, a seguir relacionados:

I - Ministério do Meio Ambiente;

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

III - Agência Nacional de Transportes Terrestres-ANTT;

IV - Petróleo Brasileiro S/A - PETROBRAS;

V - Instituto de Energia e Meio Ambiente-IEMA;

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

VII - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo-CETESB;

VIII - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores-ANFAVEA.

Parágrafo único. Os representantes titulares e suplentes serão indicados pelos respectivos ministros, presidentes e diretores dos órgãos e instituições representados e designados pelo Ministro de Estado do Meio Ambiente.

Art. 3º O GT será coordenado por representante da Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente.

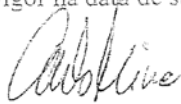
Art. 4º O coordenador do GT poderá convidar representantes de outros órgãos, entidades e pessoas de notório saber, para contribuir na execução de seus trabalhos, mediante disponibilidade orçamentária e financeira.

Art. 5º Eventuais despesas com estada e deslocamento correrão à conta dos órgãos e entidades que formularem os pedidos de convites ao coordenador do GT.

Art. 6º A participação no GT não enseja qualquer tipo de remuneração.

Art. 7º O GT deverá concluir seus trabalhos no prazo máximo de 6 (seis) meses, a contar da data de publicação desta Portaria.

Art. 8º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.


CARLOS MINC

22/09/09



Esta publicação foi patrocinada pelo
Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA)

O papel usado nesta publicação é certificado pelo
Conselho Brasileiro de Manejo Florestal (FSC Brasil)

Revisão
Deise Anne Rodrigues de Souza

Projeto gráfico, editoração e impressão
Estação das Artes - www.estacaodasartes.com.br



Ministério do
Meio Ambiente

