

Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro



Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro

RELATÓRIO FINAL

EMITIDO EM: 01/11/2011

COORDENAÇÃO GERAL: Prof. Luiz Pinguelli Rosa¹

**EQUIPE TÉCNICA DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES VEICULARES DO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO:**

COORDENAÇÃO: Profº. Márcio de Almeida D'Agosto²

dagosto@pet.coppe.ufrj.br

Programa de Engenharia de Transportes – PET/COPPE/UFRJ

PESQUISADORES: Cristiane Duarte Ribeiro de Souza

cristiane@ltc.coppe.ufrj.br

Suellem Deodoro Silva

suellem@ltc.coppe.ufrj.br

Marcelino Aurério Vieira da Silva

mausil@ime.eb.br

Ilton Curty Leal Junior

ilton@ltc.coppe.ufrj.br

Julia Maria Menge Rodrigues

julia.menge@poli.ufrj.br

Maria Lívia Real de Almeida

maria-livia@poli.ufrj.br

Arthur Prado Barboza

arthur.barboza@poli.ufrj.br

Laboratório de Transporte de Carga – LTC/PET/COPPE/UFRJ

¹ Coordenador do Projeto Estruturação do Embasamento Técnico para Preparação de Estratégia de Economia Verde para a Conferência Rio + 20

² Coordenador do Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro

ÍNDICE

SUMÁRIO EXECUTIVO	15
APRESENTAÇÃO.....	18
1. INTRODUÇÃO	19
2. METODOLOGIA UTILIZADA PARA A ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	22
2.1. Procedimento para Cálculo das Emissões Atmosféricas.....	22
3. FROTA CIRCULANTE ESTIMADA DE VEÍCULOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	25
3.1. Procedimentos adotados para estimar a frota circulante de veículos do Estado do Rio de Janeiro	26
3.2. Evolução histórica da frota circulante estimada de veículos do Estado do Rio de Janeiro – 1980 a 2010.	30
4. INTENSIDADE DE USO.....	35
4.1. Intensidade de Uso Ajustada	37
5. FATOR DE EMISSÃO	42
5.1. Fatores de emissão para automóveis e comerciais leves do ciclo Otto.....	43
5.2. Fatores de emissão para automóveis e comerciais leves convertidos a GNV	49
5.3. Fatores de emissão para motocicletas.....	49
5.4. Fatores de emissão para veículos do ciclo Diesel	49
5.5. Fatores de emissão de CO ₂ para veículos do ciclo Otto e ciclo Diesel.....	51
6. RESULTADOS	52
6.1. Premissas adotadas para projeção da emissão	52
6.1.1. Frota de veículos	52
6.1.2. Intensidade de uso.....	53
6.1.3. Fatores de emissão	53
6.2. Emissões de monóxido de carbono (CO)	54
6.3. Emissões de óxido de nitrogênio (NO _x).....	55
6.4. Emissões de material particulado (MP)	57
6.5. Emissões de aldeídos (RCHO).....	58
6.6. Emissões de hidrocarbonetos não metanos (NMHC).....	60
6.7. Emissões de metano (CH ₄)	62
6.8. Emissões de dióxido de carbono (CO ₂).....	63

7. RECOMENDAÇÕES PARA POLÍTICAS DE TRANSPORTES	64
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS, RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXO I – VEÍCULOS CADASTRADOS NO DETRAN-RJ.	73
ANEXO II – ESTIMATIVA DE LICENCIAMENTO DE VEÍCULOS NOVOS NO RIO DE JANEIRO POR MEIO DOS DADOS DA ANFAVEA.....	80
ANEXO III – ESTIMATIVA DE LICENCIAMENTO DE MOTOCICLETAS NOVAS NO RIO DE JANEIRO POR MEIO DOS DADOS DA ABRACICLO ...	86
ANEXO IV – VERIFICAÇÃO DOS AJUSTES E REPRESENTATIVIDADE DAS FROTAS.....	89
ANEXO V – FROTA DE VEÍCULOS CONVERTIDOS A GNV.....	96
ANEXO VI – CURVAS DE SUCATEAMENTO UTILIZADAS NA PESQUISA.....	99
ANEXO VII – FRAÇÕES MÉDIAS DA FROTA DE VEÍCULOS FLEX FUEL QUE UTILIZAM GASOLINA C E ETANOL HIDRATADO.....	107
ANEXO VIII – PREVISÃO DA EVOLUÇÃO DAS VENDAS DE VEÍCULOS – 2011 A 2030.	117
ANEXO IX – PREVISÃO DE ESTIMATIVA DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS PARA O PERÍODO DE 2011 A 2030.....	136
ANEXO X – DIVISÃO DE CAMINHÕES E ÔNIBUS POR TIPO.....	143
ANEXO XI – TABELA DE INTENSIDADE DE USO DE REFERÊNCIA	145
ANEXO XII – CONSUMO DE COMBUSTÍVEL OBSERVADO PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO	146
ANEXO XIII – RENDIMENTO DOS VEÍCULOS CONSIDERADOS NESTE ESTUDO.....	148
ANEXO XIV – LIMITES DO PROCONVE E DO PROMOT	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorias de veículos consideradas neste estudo para estimativa da frota. ..	26
Tabela 2: Percentuais utilizados para divisão dos caminhões por tipo.....	28
Tabela 3: Fatores de emissão para automóveis e comerciais leves, em g/km.....	44
Tabela 4: Incremento médio de emissões por acúmulo de rodagem, em g/80.000km...	45
Tabela 5: Fatores de emissões evaporativas para automóveis e comerciais.....	46
Tabela 6: Normais Climatológicas do Brasil - 1961-1990 – Temperaturas Mínimas...	47
Tabela 7: Normais Climatológicas do Brasil - 1961-1990 – Temperaturas médias.....	48
Tabela 8: Fatores de emissão para veículos a gás natural veicular, em g/km.	49
Tabela 9: Fatores de emissão para motocicletas, em g/km.....	49
Tabela 10: Fatores de emissão para motores Diesel por fase do PROCONVE, em g/kWh.	50
Tabela 11: Consumo específico de combustível de motores Diesel por fase do PROCONVE, em $g_{\text{diesel}}/\text{kWh}$	50
Tabela 12: Fatores de emissão para motores Diesel por fase do PROCONVE, em $g_{\text{poluente}}/kg_{\text{diesel}}$	50
Tabela 13: Fatores de emissão para veículos movidos a diesel, em $g_{\text{poluente}}/\text{km}$	51
Tabela 14: Fatores de emissão de CO ₂ para veículos do ciclo Otto e Diesel.	52
Tabela 15: Premissas consideradas para a projeção de frota.....	53
Tabela 16: Informações do banco de dados do DETRAN-RJ.....	73
Tabela 17: Tipos de veículos utilizados e descartados na pesquisa.	74
Tabela 18: Quantidade de veículos com ano de fabricação anteriores a 1957.....	75
Tabela 19: Quantidade de veículos com ano de fabricação 2011.....	75
Tabela 20: Quantidade de veículos com ano de fabricação entre 1957 e 2010.....	76
Tabela 21: Quantidade de veículos utilizados na pesquisa por tipo e combustível.....	76
Tabela 22: Percentual utilizado em relação ao banco de dados original do DETRAN-RJ com ano de fabricação até 2010.	77
Tabela 23: Automóveis, comerciais leves e motocicletas por ano de fabricação e tipo de combustível considerados - base do DETRAN-RJ.....	78
Tabela 24: Caminhões e ônibus por ano de fabricação e tipo de combustível considerados - base do DETRAN-RJ.	79

Tabela 25: Licenciamento de automóveis e comerciais leves novos por combustível – 1957/2010 no Brasil.	81
Tabela 26: Licenciamento de caminhões e ônibus novos por combustível – 1957/2010 no Brasil.....	82
Tabela 27: Percentual de vendas de veículo no Rio de Janeiro em relação ao Brasil. ...	83
Tabela 28: Licenciamento estimado de automóveis e comerciais leves novos por combustível – 1957/2010 no Rio de Janeiro.	84
Tabela 29: Licenciamento estimado caminhões e ônibus novos por combustível – 1957/2010 no Rio de Janeiro.	85
Tabela 30: Produção e vendas de motocicletas no Brasil de acordo com os dados disponibilizados na ABRACICLO e vendas estimadas no estado do Rio de Janeiro. ...	86
Tabela 31: Percentual de vendas de motocicletas no estado do Rio de Janeiro em relação ao Brasil.....	87
Tabela 32: Resumo das comparações realizadas.	90
Tabela 33: Veículos considerados na frota GNV.	96
Tabela 34: Quantidade de veículos movidos a GNV cadastrados no DETRAN até agosto de 2011, com ano de fabricação entre 1957 e 2010.	96
Tabela 35: Quantidade de veículos movidos a GNV cadastrados no DETRAN até agosto de 2011 por ano de fabricação.	97
Tabela 36: Total de conversões de veículos a GNV por ano.....	98
Tabela 37: Constantes da curva de sucateamento da equação 1.....	99
Tabela 38: Dados de PIB e frota estimada de caminhões.....	100
Tabela 39: Dados de PIB e frota estimada de caminhões.....	101
Tabela 40: Constantes da curva de sucateamento da equação 2.....	102
Tabela 41: Valores da frota por ano de fabricação disponibilizada pela FETRANSPOR.	103
Tabela 42: Dados de PIB e frota estimada de caminhões.....	104
Tabela 43: Constantes da curva de sucateamento da equação 2 para ônibus e microônibus.	105
Tabela 44: Constantes da curva de sucateamento da equação 2.....	105
Tabela 45: Constantes da curva de sucateamento da Equação 1 para motocicletas.....	105
Tabela 46: Perguntas realizadas aos entrevistados na pesquisa.	107
Tabela 47: Erros estimados para as situações do trabalho.	108

Tabela 48: Avaliação dos conjuntos das idades pelos especialistas.....	111
Tabela 49: Avaliação final para cada conjunto das idades.....	112
Tabela 50: Pesos para os conjuntos das idades.	112
Tabela 51: Situações avaliadas.....	113
Tabela 52: Estimativas de percentuais para cada situação.	114
Tabela 53 – Dados de PIB-VABPB e população utilizados na pesquisa.....	118
Tabela 54 – Análise da regressão do PIB-VABPB em função do ano.....	118
Tabela 55 – Análise da regressão da população em função do ano.	119
Tabela 56 – Estimativas para o PIB – VABPB e População total do Rio de Janeiro. .	120
Tabela 57 – Avaliação preliminar dos modelos.	121
Tabela 58 – Análise da regressão da estimativa de vendas de automóveis em função do PIB e população.....	121
Tabela 59 – Estimativa para vendas de automóveis.....	122
Tabela 60 – Percentual de vendas por combustível no Rio de Janeiro.....	124
Tabela 61 – Avaliação preliminar dos modelos para comerciais leves.....	124
Tabela 62 – Análise da regressão da estimativa de vendas de comerciais leves em função do PIB e população.....	125
Tabela 63 – Estimativa para vendas de comerciais leves.....	125
Tabela 64 – Percentuais de vendas de comerciais leves no Rio de Janeiro.....	127
Tabela 65 – Avaliação preliminar dos modelos para motocicletas.	127
Tabela 66 – Análise da regressão da estimativa de vendas de motocicletas em função do PIB e população, considerando os anos de 1995 a 2010.	128
Tabela 67 – Análise da regressão da estimativa de vendas de motocicletas em função do PIB e população, considerando os anos de 1995 a 2010, excluindo os anos de 2007 e 2008.	128
Tabela 68 – Estimativa para vendas de motocicletas.	129
Tabela 69 – Percentuais de vendas de motocicletas no Rio de Janeiro.....	130
Tabela 70 – Avaliação preliminar dos modelos para caminhões.	131
Tabela 71 – Análise da regressão da estimativa de vendas de caminhões no Rio de Janeiro.....	131
Tabela 72 – Estimativa para vendas de caminhões no Rio de Janeiro.	132

Tabela 73 – Avaliação preliminar dos modelos para ônibus.....	133
Tabela 74 – Análise da regressão da estimativa de vendas de ônibus no Rio de Janeiro.	134
Tabela 75 – Estimativa para vendas de ônibus no Rio de Janeiro.....	134
Tabela 76 – Densidades e poderes caloríficos inferiores.	136
Tabela 77 – Consumo anual de etanol hidratado, gasolina C e GNV no estado do Rio de Janeiro.....	137
Tabela 78 – Energia consumida anualmente em kcal de etanol hidratado, gasolina C e GNV no estado do Rio de Janeiro.	138
Tabela 79 – Análise da regressão do poder calorífico em função do PIB - VABPB... ..	139
Tabela 80 – Análise da regressão do consumo de GNV em função da frota total de GNV.	140
Tabela 81 – Estimativa de GNV em m3 para 2011 a 2030.	141
Tabela 82: Percentuais utilizados para divisão dos caminhões por tipo.	144
Tabela 83: Consumo observado de Gasolina C, etanol hidratado, diesel e GNV.	147
Tabela 84: Rendimento dos automóveis e comerciais leves do ciclo Otto.	148
Tabela 85: Rendimento das motocicletas.	149
Tabela 86: Rendimento dos veículos do ciclo Diesel.....	149
Tabela 87: Limites do PROCONVE para veículos do ciclo Diesel.	150
Tabela 88: Limites do PROCONVE, em g/km, para veículos do ciclo Otto.	150
Tabela 89: Limites de emissão do PROMOT para motocicletas (g/km).....	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Matriz de transporte motorizado - Brasil 2009.	19
Figura 2: Comparação da frota do Rio de Janeiro com a frota do Brasil e Divisão percentual da frota fluminense – ano de 2010.	20
Figura 3: Procedimento para cálculo das emissões.	24
Figura 4: Procedimento utilizado para o cálculo da frota circulante estimada.	27
Figura 5: Curva de sucateamento para veículos do ciclo Otto.	29
Figura 6: Curvas de sucateamento para veículos do ciclo Diesel.	29
Figura 7: Evolução da frota estimada de veículos por categoria.	30
Figura 8: Evolução da frota estimada de veículos pesados por categoria.	31
Figura 9: Evolução da frota estimada de automóveis por ano de fabricação.	31
Figura 10: Evolução da frota estimada de automóveis por tipo de combustível.	32
Figura 11: Evolução da frota de comerciais leves por tipo de combustível.	32
Figura 12: Evolução da frota estimada de motocicletas por tipo de combustível.	33
Figura 13: Evolução da frota estimada de automóveis por fase do PROCONVE.	33
Figura 14: Evolução da frota estimada de comerciais leves por fase do PROCONVE.	34
Figura 15: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE.	34
Figura 16: Evolução da frota estimada de motocicletas por fase do PROCONVE.	35
Figura 17: Procedimento para cálculo da intensidade de uso corrigida.	35
Figura 18: Intensidade de uso para veículos do ciclo Otto.	36
Figura 19: Intensidade de uso para veículos do ciclo Diesel.	37
Figura 20: Rendimentos adotados para os veículos do ciclo Otto.	38
Figura 21: Rendimentos adotados para veículos do ciclo Diesel.	38
Figura 22: Evolução do consumo do estado do Rio de Janeiro de gasolina C no transporte rodoviário.	39
Figura 23: Evolução do consumo do estado do Rio de Janeiro de etanol hidratado no transporte rodoviário.	40
Figura 24: Evolução do consumo do estado do Rio de Janeiro de GNV no transporte rodoviário.	40

Figura 25: Evolução do consumo do estado do Rio de Janeiro de diesel no transporte rodoviário.	40
Figura 26: Evolução do consumo de gasolina C no transporte rodoviário por categoria de veículo.....	41
Figura 27: Evolução do consumo de etanol hidratado no transporte rodoviário por categoria de veículo.....	41
Figura 28: Evolução do consumo de diesel no transporte rodoviário por categoria de veículo	41
Figura 29: Evolução do consumo de GNV no transporte rodoviário por categoria de veículo	42
Figura 30: Procedimento para definição dos fatores de emissão.....	42
Figura 31: Emissões de CO por categoria de veículos.	54
Figura 32: Emissões de CO por tipo de combustível.	55
Figura 33: Emissões de NO _x por categoria de veículo.	56
Figura 34: Emissões de NO _x por tipo de combustível.....	56
Figura 35: Emissões de MP por categoria de veículo.	57
Figura 36: Emissões de MP por tipo de combustível.	58
Figura 37: Emissões de RCHO por categoria de veículo.	59
Figura 38: Emissões de RCHO por tipo de combustível.....	59
Figura 39: Emissões de NMHC por categoria de veículo.	60
Figura 40: Emissões de NMHC por tipo de combustível.....	61
Figura 41: Emissões de NMHC por automóveis e comerciais leves do ciclo Otto por tipo de emissão.	61
Figura 42: Emissões de CH ₄ por categoria de veículo.	62
Figura 43: Emissões de CH ₄ por tipo de combustível.	63
Figura 44: Emissões de CO ₂ por categoria de veículo.	63
Figura 45: Emissões de CO ₂ por tipo de combustível.	64
Figura 46: Variação do percentual de vendas no estado do Rio de Janeiro do ano 2000 a 2010.	88
Figura 47: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para automóvel gasolina.	90

Figura 48: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para automóvel etanol.	91
Figura 49: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para automóvel flex.	91
Figura 50: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para comercial leve gasolina.	92
Figura 51: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para comercial leve etanol.	92
Figura 52: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para comercial leve flex.	93
Figura 53: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para comercial leve diesel.	93
Figura 54: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para caminhão diesel.	94
Figura 55: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para ônibus diesel.	94
Figura 56: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ABRACICLO para motocicletas a gasolina.	95
Figura 57: Correlação entre o PIB e a frota estimada de caminhões.	101
Figura 58: Correlação entre o PIB e a frota estimada de caminhões.	102
Figura 59: Correlação entre o PIB e a frota estimada de ônibus.	105
Figura 60: Distribuição da frequência do tempo de uso de veículos flex pelos entrevistados.	108
Figura 61 – Funções de pertinências para as variáveis lingüísticas utilizadas para classificar as idades.	109
Figura 62 - Funções de pertinências para as variáveis lingüísticas utilizadas para classificar os conjuntos das idades.	111
Figura 63: 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.	115
Figura 64: Comparação entre os resultados do estudo de Goldemberg (2008) e os deste trabalho.	116
Figura 65 – PIB – VABPB em função do ano.	118
Figura 66 – População total do Rio de Janeiro em função do ano.	120

Figura 67 – Estimativa de vendas de automóveis.	123
Figura 68 – Estimativa de vendas de comerciais leves.	126
Figura 69 – Estimativa de vendas de motocicletas.....	130
Figura 70 – Estimativa de vendas de caminhões.....	133
Figura 71 – Estimativa de vendas de ônibus.	135
Figura 72: Poder calorífico total em função do ano para o ciclo Otto.....	139
Figura 73: Divisão das vendas de caminhões por tipo.	143

LISTA DE SIGLAS

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil
ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTP – Agência Nacional de Transportes Públicos
ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres
BEN - Balanço Energético Nacional
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CH₄ - metano
CO - monóxido de carbono
CO₂ - dióxido de carbono
DETRAN - Departamento Estadual de Trânsito
COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
FBDS – Fundação Brasileira para o Consumo Sustentável
FETRANSPOR – Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro.
FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
GNV - gás natural veicular
IEAVAERJ - Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro
INEAVAR - Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MP - material particulado
N₂O - óxido nitroso
NMCOV – Compostos Orgânicos Voláteis Não Metanos
NMHC - hidrocarbonetos não-metano
NMHC_{escap} - hidrocarbonetos não-metano referentes à emissão de escapamento
NMHC_{evap} - hidrocarbonetos não-metano referentes à emissões evaporativas
NO_x - óxidos de nitrogênio
PBT - peso bruto total
Petrobras - Petrobras Petróleo Brasileiro S/A
PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOT - Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Similares

RCHO - aldeídos

SEA – Secretaria de Estado do Ambiente

SETRANS – Secretaria de Estado de Transportes

SINDIPEÇAS - Sindicato Nacional de Indústria de Componentes para Veículos Automotores

THC - hidrocarbonetos totais

THC_{escap} - hidrocarbonetos totais referentes à emissão de escapamento

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO EXECUTIVO

O transporte de passageiros e cargas no Brasil é feito, em sua maioria, pelo modo rodoviário. Em função da dependência de combustíveis fósseis por parte do transporte há uma grande participação deste nas emissões de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos locais, regionais e globais.

Diante disto se faz necessária a quantificação dos gases e poluentes atmosféricos emitidos pelo setor de transporte, especificamente do modo rodoviário, para que seja possível o monitoramento da evolução de sua participação no total de emissões e também para a tomada de ações que visem o controle e/ou mitigação dos efeitos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente.

O Rio de Janeiro possui cerca de 7% da frota de veículos rodoviários nacionais. Este número é representativo se comparado a outros estados que compõem a federação brasileira. Os automóveis e motocicletas somam 88% da frota fluminense ficando os demais 12% divididos em veículos de carga e ônibus. Conhecer o perfil das emissões atmosféricas deste estado é fundamental dada a importância que o Estado do Rio de Janeiro tem para o cenário nacional.

Para compor o Projeto de Estruturação do Embasamento Técnico para Preparação de Estratégia de Economia Verde para a Conferência Rio + 20, este relatório considera a elaboração do Inventário de Emissões Veiculares do Estado do Rio de Janeiro (IEAVAERJ).

O conteúdo do relatório do IEAVAERJ considera o levantamento das emissões de CO, NOX, RCHO, NMHC, NMHCevap, CH₄, MP, CO₂ e a metodologia aplicada é baseada no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (INEAVAR), com o intuito de possibilitar a comparação dos resultados do Estado do Rio de Janeiro com os do Brasil.

Além do levantamento das emissões atmosféricas do transporte rodoviário do ano de 1980 a 2010, o inventário apresenta projeções para os anos entre 2011 e 2030, o que possibilita uma avaliação da evolução das emissões e fornece subsídios para o planejamento de ações de controle.

Para o cálculo das emissões foi realizada a identificação da frota circulante no Estado do Rio de Janeiro, a intensidade de uso dos veículos (quilometragem média percorrida pelos veículos ao longo do ano) e os fatores de emissão. Todos os dados foram obtidos com base em fontes secundárias em função das limitações de se realizar pesquisa de campo. O resultado do procedimento utilizado no inventário apresenta o total de emissões por tipo de poluente, categoria de veículo, por combustível e por ano.

Os resultados mostram que o CO é, em sua maior parte, emitido pelos automóveis, cerca de 55% em 2010, sendo que este número tem uma tendência de leve diminuição para 49% em 2030. A gasolina é o combustível que mais contribui para a emissão de CO, sendo responsável por 74% das emissões em 2010.

No caso do NOx os caminhões pesados e ônibus emitiram 69% em 2010 sendo que a projeção para 2030 é de 76%. O diesel é o combustível com maior influência na emissão deste poluente chegando a 81% em 2010.

Em 2010 os ônibus urbanos e caminhões pesados foram responsáveis também pela emissão de 76% de MP observando-se uma leve tendência de redução para 2030 (71%). Mais uma vez o diesel é responsável por cerca de 91% das emissões de MP.

Para os aldeídos (RCHO) os veículos de ciclo Otto, em especial os movidos a etanol, respondem por 90% das emissões. O etanol representa 39% da emissão de RCHO em 2010 e a tendência é que sua participação cresça atingindo 68% em 2030.

Os hidrocarbonetos (NMHC) são emitidos, na maior parte, pelos automóveis (55% em 2010) sendo somente a gasolina responsável por 73% das emissões neste mesmo ano.

Outro caso em que os automóveis têm grande participação nas emissões de poluentes é o CH₄. Neste caso 74% de CH₄ em 2010 foram provenientes dos automóveis e esta participação tende a se manter até 2030. Aqui destaca-se o GNV como principal combustível na emissão do poluente em questão, cerca de 63%, o que é maior que a média nacional.

O CO₂ é o único tipo de emissão analisada neste relatório que no total tende a aumentar em valores absolutos. Os automóveis, ônibus urbanos e caminhões pesados são os maiores emissores sendo que os movidos a diesel representam 47% do total em 2010. Um ponto de destaque é que 14% do CO₂ emitido no estado do Rio de Janeiro em 2010 foi proveniente de biocombustíveis (etanol anidro, etanol hidratado e biodiesel) e estas emissões foram ou serão absorvidas pelas plantações de matérias primas. Este percentual de emissões por biocombustíveis tende a aumentar para 20% em 2030.

Com base nos resultados obtidos é possível subsidiar políticas públicas voltadas para promover o desenvolvimento de baixo carbono no setor de transporte, destacando-se o uso de biocombustíveis, uso mais eficiente de modos que transportam grande quantidade de passageiros/km, como é o caso de metrô e trem, melhoria da infraestrutura de transportes, medidas reguladoras do uso do automóvel particular como

controle de acesso por meio de taxaço ou restrição de vagas, o estímulo ao uso de veículos híbridos (combustível/eletricidade) e elétricos *plug in*.

No caso do transporte de carga, uma das principais ações seria a transferência do uso de modos de menor capacidade (rodoviário) para modos de maior capacidade (aquaviário, ferroviário e dutoviário)

Observa-se na análise dos resultados que a emissão dos poluentes inventariados, com exceção do CO₂, vem diminuindo no decorrer dos últimos anos. Essa constatação é observada também nas estimativas realizadas para o ano de 2030 e grande parte deste resultado é proveniente das ações de controle implementadas no Brasil, como o PROCONVE e o PROMOT.

No caso do CO₂ observa-se previsão de aumento para os próximos anos até 2030. Isso se deve ao fato de que as projeções consideram que o consumo de combustíveis fósseis continue crescendo acompanhando o desenvolvimento econômico do país. Portanto, é necessário que se desenvolvam ações para a mitigação deste, que é o principal gás de efeito estufa.

A realização deste inventário pode vir a auxiliar na melhoria das condições do setor de transporte, no que diz respeito as emissões atmosféricas. Também fornece um panorama geral de modo que seja possível a criação e implementação de políticas estaduais e nacionais para a diminuição da poluição, que estejam vinculadas ao uso dos veículos, tais como, melhoria de tecnologia, aumento da qualidade de combustíveis, adequação da matriz de transportes entre outras.

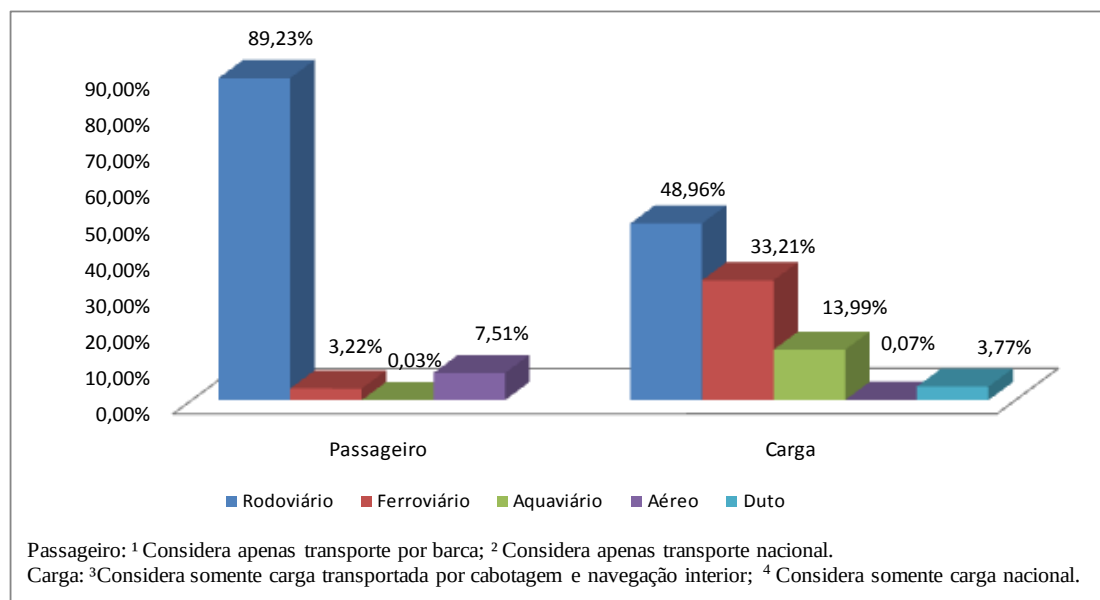
APRESENTAÇÃO

Este relatório faz parte do Projeto COPPETEC 14590, previsto no Termo de Referência do Contrato nº 010/2011, relativo ao Projeto Estruturação do Embasamento Técnico para Preparação de Estratégia de Economia Verde para a Conferência Rio + 20.

Fundamentado pelo processo nº E-07/000.610/2010, considera como parte dos objetivos específicos a elaboração do Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro (IEAVAERJ), e apresenta a metodologia utilizada para sua execução, os resultados obtidos, ações e políticas para mitigação e conclusões a respeito dos resultados.

1. INTRODUÇÃO

Ao observar a distribuição modal do transporte de passageiros e carga no Brasil (Figura 1), verifica-se que o transporte rodoviário predomina em ambos.



Nota: Percentuais calculados com base em dados fornecidos em pass.km e t.km.

Fonte: Elaboração própria com base em FIPE (2011), ANTT (2009), ANTAQ (2009), ANTP (2009) e ANAC (2009).

Figura 1: Matriz de transporte motorizado - Brasil 2009.

Tal fato, aliado a dependência do consumo de combustíveis fósseis, segundo EPE (2010) por este modo de transporte (cerca de 81% do total consumido no setor de transportes), acarreta em grande volume de emissões de poluentes atmosféricos locais e globais.

O setor de transportes é responsável por cerca de 33% das emissões nacionais de gases de efeito estufa (MME, 2006). Analisando somente o setor de transportes e os modos que o compõe o rodoviário foi responsável por cerca de 90% das emissões de CO₂, principal gás de efeito estufa, no ano de 2007.

Em função da importância do modo rodoviário no contexto de emissões atmosféricas há a necessidade de maior aprofundamento e conhecimento dos fatores que influenciam em sua participação no cenário brasileiro. Diante disto, os estados que compõe a federação brasileira precisam realizar seus inventários de emissões para identificar sua participação no cenário nacional e serem capazes de identificar ações de mitigação.

O Rio de Janeiro possui uma frota rodoviária que em 2010 representou cerca de 9% dos automóveis da frota nacional, 6% dos comerciais leves, 5% das motocicletas, 4% dos caminhões e como categoria mais representativa os ônibus que representam 12% do total brasileiro. No geral a frota fluminense soma 7% da frota do país.

A Figura 2 mostra a relação da frota do Estado do Rio de Janeiro em relação a frota de veículos do Brasil, para o ano de 2010. Além disso, na Figura 2 é possível verificar a divisão percentual da frota de veículos do Estado do Rio de Janeiro. Destacam-se os automóveis e motocicletas que juntos somam 88% da frota.

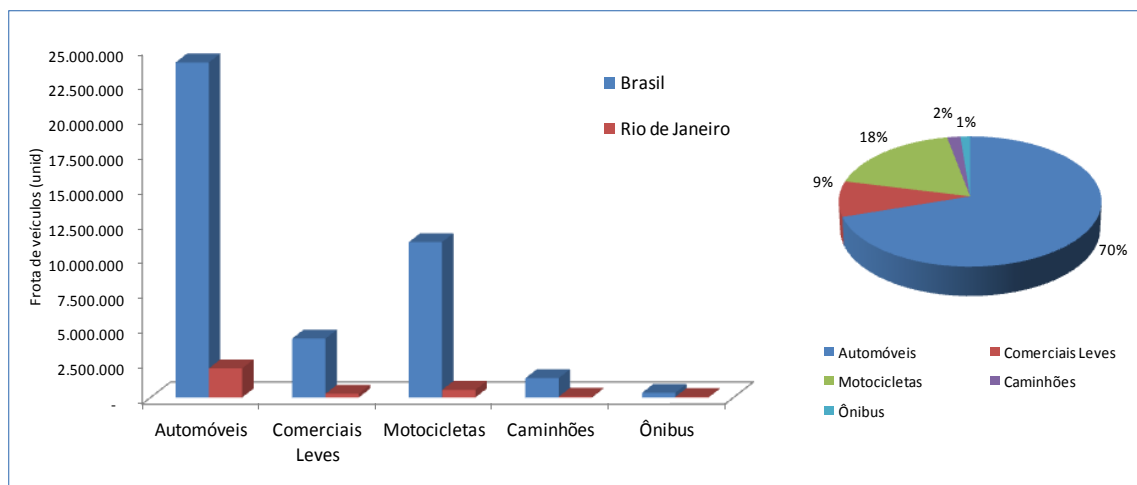


Figura 2: Comparação da frota do Rio de Janeiro com a frota do Brasil e Divisão percentual da frota fluminense – ano de 2010.

Com o intuito de melhor conhecer a realidade do Estado do Rio de Janeiro, este relatório apresenta o Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro elaborado com o objetivo de identificar e hierarquizar as diferentes fontes que contribuem para as emissões de poluentes atmosféricos, identificar os principais poluentes atmosféricos emitidos no Estado do Rio de Janeiro, estimar as emissões totais destes poluentes. Deste modo, estes resultados deste inventário é possível comparar as emissões do Estado do Rio de Janeiro e sua participação com relação às emissões brasileiras, provendo assim, informações para a criação de medidas de controle que permitam a melhoria da qualidade do ar.

Face ao exposto, este relatório tem por objetivo apresentar a metodologia adotada para a elaboração do Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro, os resultados do inventário após a aplicação da metodologia, ações e políticas de mitigação e principais resultados e conclusões.

Para a elaboração deste inventário foram estimadas as emissões de poluentes atmosféricos provenientes de veículos automotores rodoviários que se encontrem vinculados ao Estado do Rio de Janeiro. Com o intuito de observar a evolução de tais emissões, realizou-se o inventário de emissões de poluentes atmosféricos para o período de 1980 a 2010, com projeções realizadas para o período de 2011 a 2030.

Atendendo ao Termo de Referência e com o intuito de que o inventário elaborado possa ser comparável ao Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (INEAVAR), foram contabilizadas as emissões dos seguintes poluentes atmosféricos: CO, NO_x, RCHO, NMHC, NMHC_{evap}, CH₄, MP, CO₂.

Sendo assim, a partir desta introdução este relatório encontra-se dividido em mais 9 partes: (2) metodologia adotada para a elaboração do Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro, (3) frota circulante do Estado do Rio de Janeiro, (4) intensidade de uso do veículos, (5) fatores de emissão utilizados, (6) resultados obtidos com a aplicação da metodologia (7) recomendações para políticas de transporte, (8) considerações finais, recomendações e limitações, (9) referências bibliográficas utilizadas e (10) Anexos contendo o detalhamento dos cálculos, levantamentos e estimativas realizadas.

2. METODOLOGIA UTILIZADA PARA A ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS POR VEÍCULOS AUTOMOTORES DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Para a elaboração do Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro (IEAVAERJ), assim como o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (INEAVAR), utilizou-se a metodologia *bottom-up*.

A metodologia *bottom-up* tem por característica quantificar e identificar a emissão de poluentes de forma desagregada, permitindo assim a gestão individualizada de cada fonte. Assim, as emissões atmosféricas provenientes dos veículos automotores foram calculadas conforme Equação 1.

$$E_{M,C}^{A,P} = \sum_{M=1}^m \sum_{C=1}^n Fr_{A,M,C} * Iu_{Ajust\ A,M,C} * Fe_{P,A,M,C} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

E = Emissão atmosférica proveniente de veículos automotores, por ano calendário, poluente, ano modelo do veículo considerado e combustível utilizado;

A = Ano calendário

P = Poluente

M = Ano modelo do veículo

C = Combustível

Fr = Frota circulante³ estimada, expressa em número de veículos, variando de acordo com o ano calendário, o ano modelo do veículo considerado e o combustível utilizado.

Iu_{Ajust} = Intensidade de uso ajustada, expressa em quilometragem anual percorrida (km/ano), variando de acordo com o ano calendário, o ano modelo do veículo considerado e o combustível utilizado.

Fe = Fator de emissão, expresso em g/km, variando de acordo com o poluente a ser analisado, o ano calendário, o ano modelo do veículo considerado e o combustível utilizado.

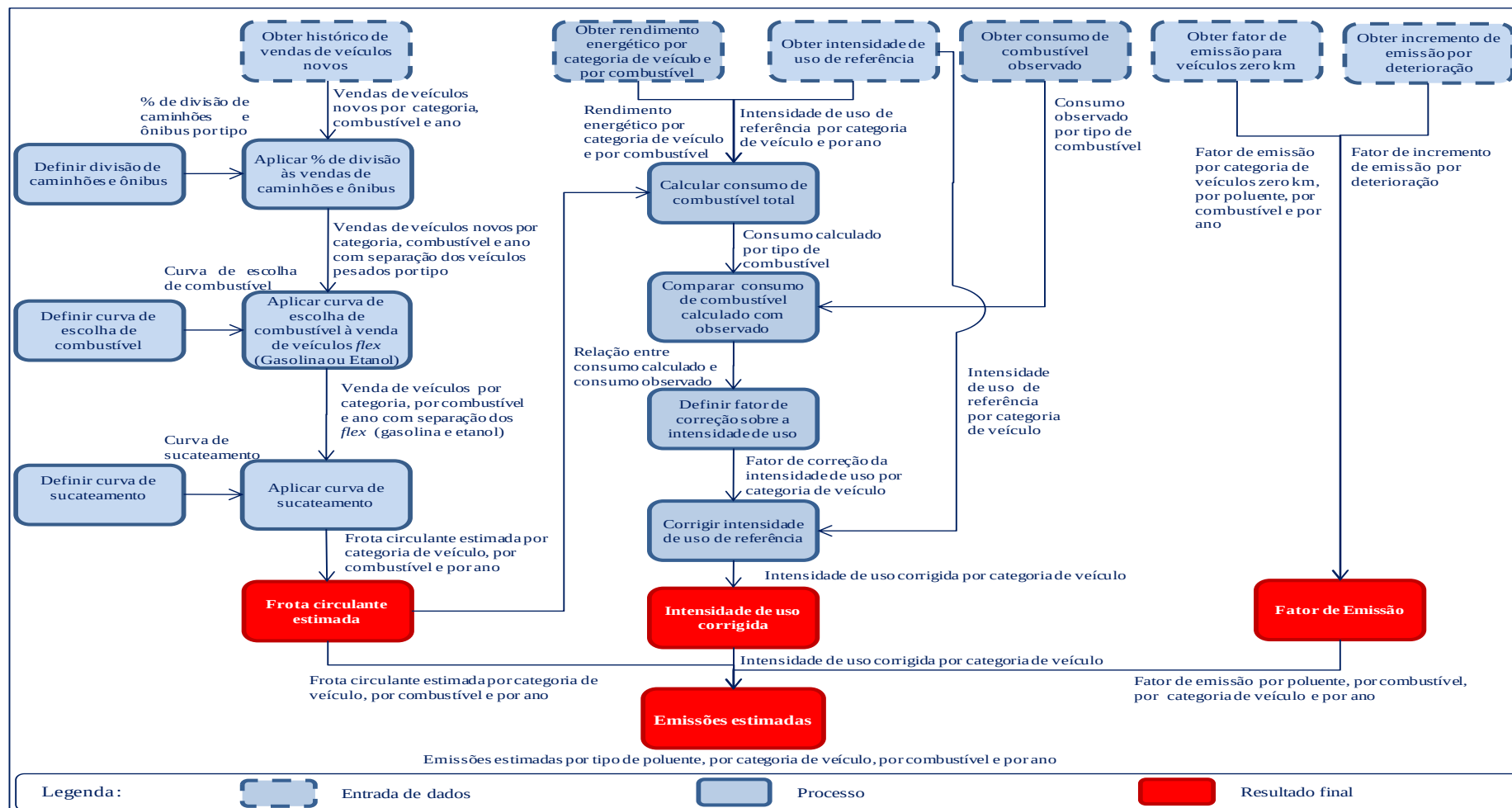
2.1. Procedimento para Cálculo das Emissões Atmosféricas

Conforme pode ser verificado na Equação 1, para o cálculo das emissões faz-se necessário a identificação de três principais conjuntos de dados: (1) frota circulante (Fr), (2) intensidade de uso (Iu), e (3) fator de emissão (Fe).

A elaboração de um inventário de emissões de poluentes atmosféricos é uma atividade intensiva em dados e em uma situação ideal, os dados de frota, intensidade de uso e fatores de emissão deveriam ser observados/medidos em campo. Porém, a experiência mencionada pela equipe que elaborou o INEAVAR (MMA, 2011) mostra que esta situação ideal é impraticável, em função das limitações de recurso e tempo, sendo usual e aceitável que se estime estes dados por meio de algum procedimento.

³ Entende-se por frota circulante a melhor estimativa de frota vinculada ao Estado do Rio de Janeiro que será usada como base para a estimativa das emissões de poluentes atmosféricos.

A Figura 3 apresenta o procedimento utilizado para estimativa da frota, intensidade de uso e fatores de emissão, o detalhamento de cada um desses itens será apresentado nos itens 3, 4 e 5 respectivamente. O resultado deste procedimento será o total de emissões por tipo de poluente, categoria de veículo, por combustível e por ano.



Fonte: Elaboração própria a partir de MMA (2010).

Figura 3: Procedimento para cálculo das emissões.

3. FROTA CIRCULANTE ESTIMADA DE VEÍCULOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

A frota circulante estimada anual é caracterizada pela quantidade de veículos que estão em circulação no Estado do Rio de Janeiro em determinado ano. A frota é composta por veículos de categorias, modelos e idades diferentes e que utilizam diferentes combustíveis.

Para o cálculo das emissões é importante obter a frota desagregada por categorias e combustível utilizado, uma vez que os fatores que determinam as emissões, como a intensidade de uso e os fatores de emissão são diferentes para cada uma delas.

Para a definição das categorias de veículos adotadas neste inventário considerou-se as seguintes simplificações:

- Não foram considerados caminhões e ônibus do ciclo Otto, os quais representam cerca de 2,9% e 4,1%, respectivamente, dos veículos existentes no cadastro do DETRAN, conforme ANEXO I.
- Não foram considerados automóveis do ciclo Diesel, visto que estes representam apenas 0,04% dos automóveis existentes no cadastro do DETRAN, conforme ANEXO I, além disso, não foram disponibilizados fatores de emissão para tal categoria de veículo.
- Em virtude de não serem disponibilizados fatores de emissão para micro-ônibus urbanos e rodoviários, estes foram contabilizados nas categorias ônibus urbanos e ônibus rodoviários, respectivamente.
- Não foram considerados automóveis e comerciais leves movidos a etanol hidratado para o período anterior a 1970, visto que estes somente começaram a serem comercializados a partir desta data.
- Não foram considerados automóveis e comerciais leves movidos a gás natural veicular para o período anterior a 1992, período a partir do qual foi possível obter informações sobre as conversões.

A Tabela 1 apresenta as categorias de veículos desagregadas por categoria de veículo e combustível, considerada neste estudo.

Tabela 1: Categorias de veículos consideradas neste estudo para estimativa da frota.

Categorias	Motor ⁽¹⁾	Combustível	Definição
Automóveis	Otto	Gasolina C	Veículo automotor destinado ao transporte de pessoas com capacidade de até oito pessoas, excluindo o condutor.
		Etanol hidratado	
		Flex Fuel	
		GNV	
Veículos comerciais leves	Otto	Gasolina C	Veículo automotor destinado ao transporte de pessoas ou cargas, com peso bruto total (PBT) de até 3,5t.
		Etanol hidratado	
		Flex Fuel	
		GNV	
	Diesel	Diesel	
Motocicletas	Otto	Gasolina C	Veículo automotor de duas rodas, com ou sem <i>side-car</i> , dirigido em posição montada.
		Flex Fuel	
Caminhões leves (3,5t < PBT < 10t)	Diesel	Diesel	Veículo automotor destinado ao transporte de carga, com carroceria e PBT superior a 3,5t.
Caminhões médios (10t < PBT < 15t)			
Caminhões pesados (PBT ≥ 15t)			
Ônibus urbanos	Diesel	Diesel	Veículo automotor de transporte coletivo.
Ônibus rodoviários			

Nota: (1) Os combustíveis gasolina, etanol e GNV são adequados a motores de combustão de ignição por centelhamento (motores do ciclo Otto), já o óleo diesel é um combustível adequado para motores de combustão interna de ignição por compressão (motores do ciclo Diesel).

3.1. Procedimentos adotados para estimar a frota circulante de veículos do Estado do Rio de Janeiro

A da frota circulante do Estado do Rio de Janeiro foi estimada seguindo o procedimento apresentado na Figura 4.

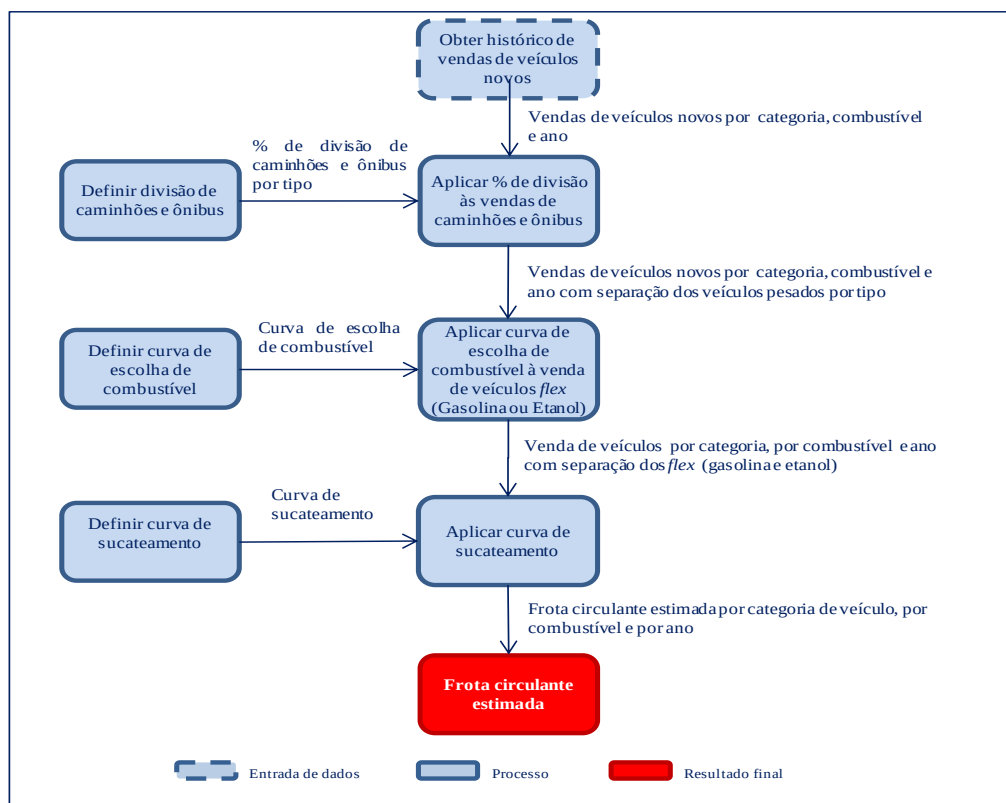


Figura 4: Procedimento utilizado para o cálculo da frota circulante estimada.

Para a definição do perfil da frota circulante utilizou-se os dados de cadastro de veículos fornecidos pelo DETRAN-RJ (2011), os quais foram considerados como equivalentes às vendas de veículos fornecidos pela ANFAVEA (2011) (ANEXO II) e ABRACICLO (2011) (ANEXO III), após comparação, conforme ANEXO IV.

Tais dados foram obtidos por categoria de veículo (automóvel, comerciais leves, motocicletas, caminhões e ônibus), combustível (gasolina, etanol hidratado, *flex fuel*, GNV e diesel) e ano-modelo (período de 1957 a 2010).

Para determinar o percentual de veículos *flex fuel* utilizando gasolina C e o percentual de veículos *flex fuel* utilizando etanol hidratado foi elaborada uma curva de escolha de combustível que tem como principal parâmetro a relação de preço entre a gasolina e o etanol, conforme ANEXO VII.

Em virtude dos dados de veículos pesados fornecidos pelo DETRAN-RJ serem agregados em caminhões e ônibus e os dados de intensidade de uso, rendimento e fator de emissão serem diferenciados para cada uma das categorias (caminhão leve, médio e pesado, ônibus urbanos e rodoviário) foi necessário, para o cálculo das emissões, desagregá-los por categoria. Sendo assim, a Tabela 2 apresenta a divisão dos caminhões em leves, médios e pesados e dos ônibus em urbanos e rodoviários. Tal divisão foi

elaborada com base em Recheder e Fonseca (2003 e ANFAVEA (2010), conforme ANEXO VIII.

Tabela 2: Percentuais utilizados para divisão dos caminhões por tipo.

Ano	Pesado	Médio	Leve	Ano	Pesado	Médio	Leve
Até 1970	10%	78%	12%	1991	37%	22%	42%
1971	12%	73%	15%	1992	36%	23%	41%
1972	13%	68%	19%	1993	36%	23%	41%
1973	14%	66%	20%	1994	35%	24%	41%
1974	15%	61%	24%	1995	35%	24%	41%
1975	17%	57%	26%	1996	36%	23%	41%
1976	18%	54%	28%	1997	37%	22%	41%
1977	19%	50%	31%	1998	39%	19%	42%
1978	20%	47%	32%	1999	42%	17%	41%
1979	24%	43%	34%	2000	44%	16%	40%
1980	25%	40%	35%	2001	46%	15%	39%
1981	27%	37%	36%	2002	48%	14%	38%
1982	29%	34%	37%	2003	51%	13%	36%
1983	34%	29%	37%	2004	56%	11%	33%
1984	38%	24%	38%	2005	55%	11%	34%
1985	40%	23%	37%	2006	52%	13%	36%
1986	39%	23%	38%	2007	57%	11%	32%
1987	39%	23%	38%	2008	62%	10%	28%
1988	38%	23%	39%	2009	60%	10%	30%
1989	38%	22%	40%	De 2010 em diante	60%	10%	30%
1990	37%	21%	41%				

Fonte: Elaboração própria com base em Rechder e Fonseca (2003) e ANFAVEA (2010).

Para a estimativa da frota circulante foram aplicadas taxas de sucateamento de veículos aos dados de primeiro licenciamento fornecidos pelo DETRAN-RJ. Para os automóveis, comerciais leves do ciclo Otto foram adotadas as mesmas curvas de sucateamentos utilizadas e disponibilizadas pelo INEAVAR (MMA, 2011).

Para as motocicletas foi elaborada uma curva de sucateamento com base nas taxas anuais de sucateamento fornecidas pelo INEAVAR (MMA, 2011). A Figura 5 apresenta as curvas de sucateamento utilizadas para os veículos do ciclo Otto. Maiores detalhes podem ser verificados no ANEXO VI.

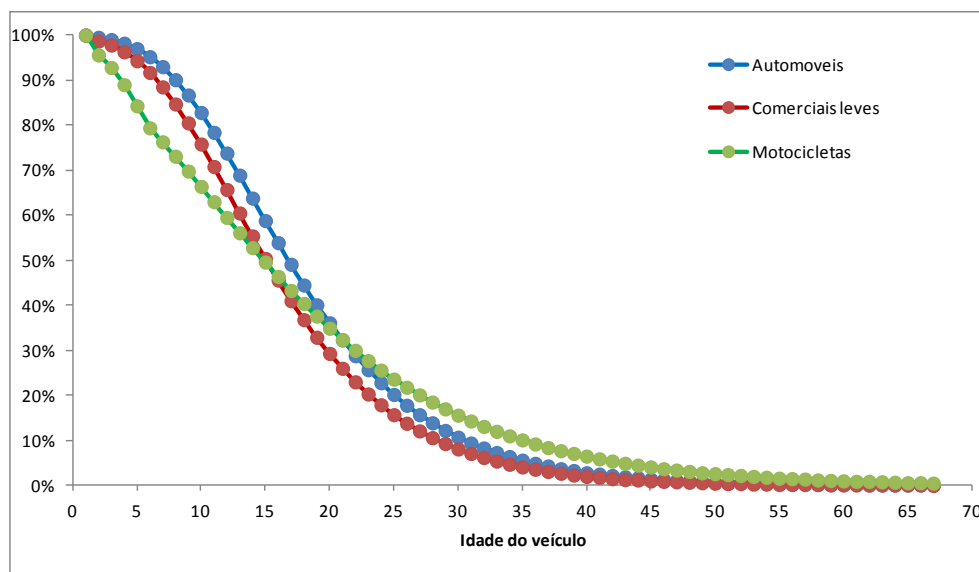


Figura 5: Curva de sucateamento para veículos do ciclo Otto.

Em relação aos veículos de ciclo Diesel, foi necessário adequar as curvas de sucateamento utilizadas pelo INEAVAR (MMA, 2010) à realidade do Estado do Rio de Janeiro. A Figura 6 apresenta as curvas de sucateamento adotadas neste estudo, o detalhamento deste processo encontra-se descrito no ANEXO VI.

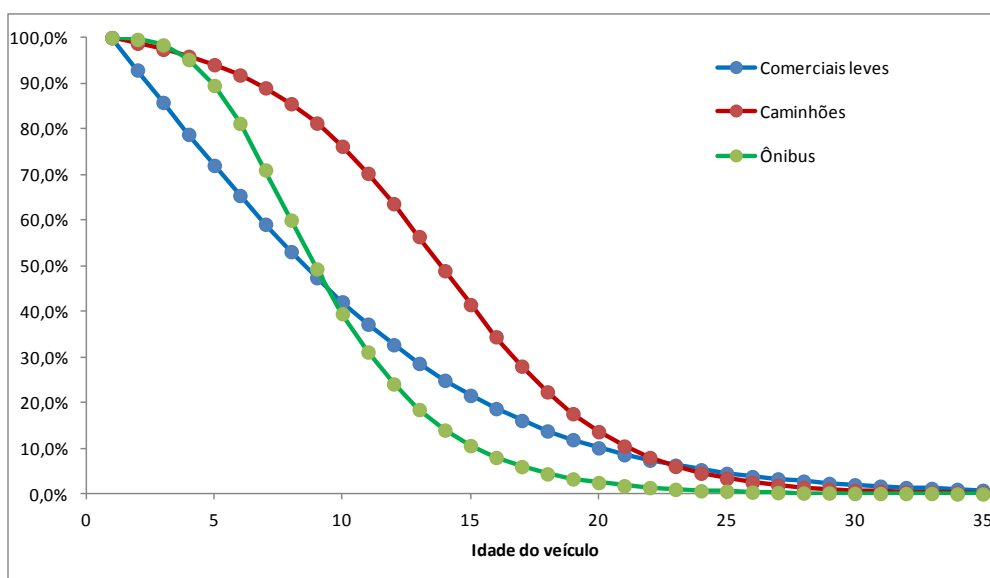


Figura 6: Curvas de sucateamento para veículos do ciclo Diesel.

Desse modo, a partir dos licenciamentos anuais, fornecidos pelo DETRAN-RJ, e da curva de sucateamento em função da idade, específica para cada categoria de veículos foi possível estimar a frota circulante para cada ano.

A frota de automóveis e comerciais leves convertidos a GNV foi estimada considerando os dados de veículos movidos a GNV fornecidos pelo DETRAN-RJ (2011) e os dados de conversão de veículos a GNV por ano, fornecidos pela CEG (2011) e GASNET (2011), conforme ANEXO V. Os veículos considerados como convertidos para GNV foram retirados da frota a qual pertenciam originalmente e passaram a ser considerados como frota GNV, com o intuito de evitar contagem dupla de veículos.

3.2. Evolução histórica da frota circulante estimada de veículos do Estado do Rio de Janeiro – 1980 a 2010.

As estimativas da frota de veículos do Estado do Rio de Janeiro mostram um crescimento contínuo desde 1980, atingindo cerca de 3 milhões de veículos em 2010. Sendo que, nas duas últimas décadas, observou-se um crescimento de motocicletas quatro vezes maior do que o dos automóveis. Em 2010, o transporte individual (automóveis e motocicletas) representava mais de 88% da frota de veículos (Figura 7). Além disso, ônibus e caminhões representam apenas 3% de toda a frota de veículos. A evolução da frota estimada para o Estado do Rio de Janeiro encontra-se no ANEXO X.

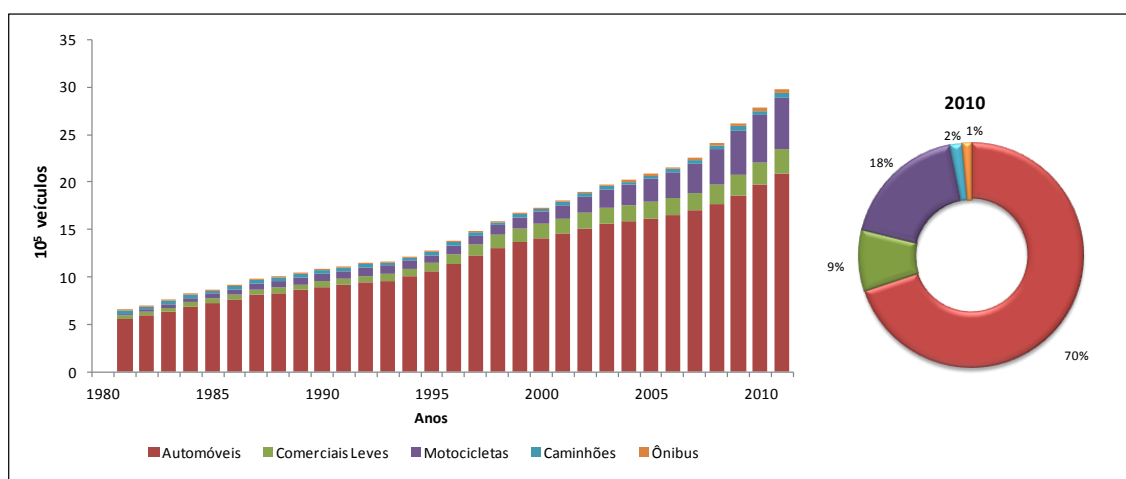


Figura 7: Evolução da frota estimada de veículos por categoria.

Em 2010, a estimativa de frota de veículos pesados indica que predominam os caminhões (58%). Quando avaliadas as categorias de forma individual destacam-se os ônibus urbanos (38%) e os caminhões pesados (30%) (Figura 8).

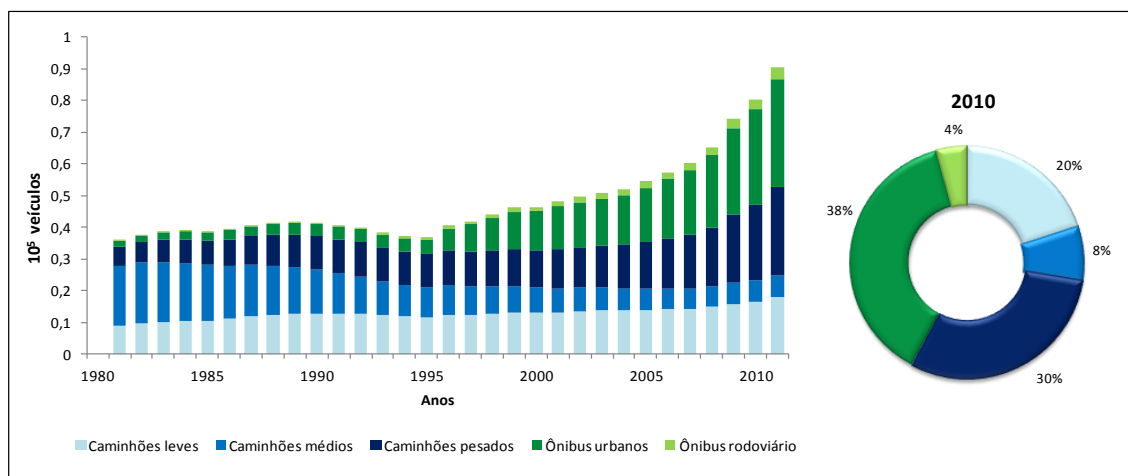


Figura 8: Evolução da frota estimada de veículos pesados por categoria.

Ao analisar somente os veículos pesados (caminhões e ônibus), verifica-se que no início da década de 80, os caminhões médios destacavam em relação aos caminhões leves e pesados. Ao longo dos trinta anos analisados é possível perceber que a tipologia de veículos adotada pelo setor de transporte de carga se modificou, buscando veículos que melhor se adequassem as operações de transferência (pesado) e distribuição (leve).

Ao adotar este procedimento foi possível realizar um acompanhamento do perfil da frota por idade, conforme pode ser observado na Figura 9.

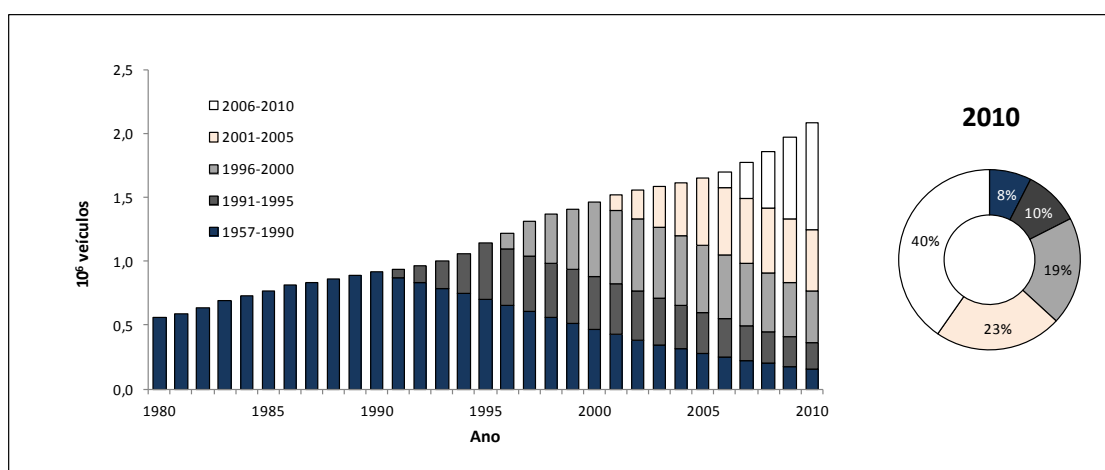


Figura 9: Evolução da frota estimada de automóveis por ano de fabricação.

Este estudo considera automóveis dedicados a gasolina C, dedicados a etanol hidratado, *flex fuel* (a partir de 2003) e convertidos a GNV (a partir de 1992) o qual possui grande representatividade no Estado do Rio de Janeiro (24%).

A partir da introdução dos veículos *flex fuel* no mercado, em 2003, tem se observado um crescimento destes e uma redução dos veículos dedicados a gasolina C. Em 2010, a frota de veículos dedicados a gasolina representava 38% e a frota de veículos *flex fuel* 35% (Figura 10).

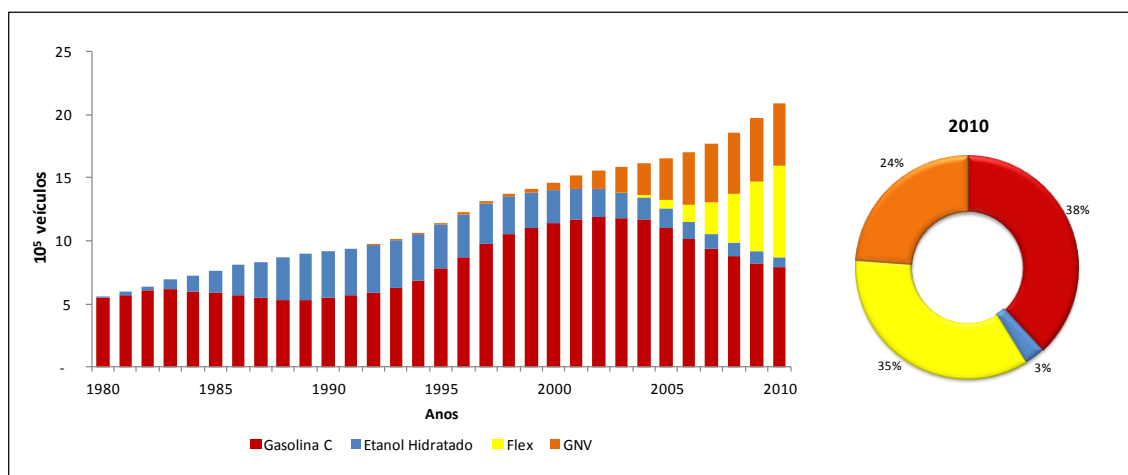


Figura 10: Evolução da frota estimada de automóveis por tipo de combustível.

No que tange a frota de veículos comerciais leves pode-se verificar que predominam os veículos movidos a GNV (34%), utilizados para o transporte complementar de passageiros e carga, seguindo-se os veículos dedicados a gasolina (31%) e os *flex fuel* (22%), conforme Figura 11.

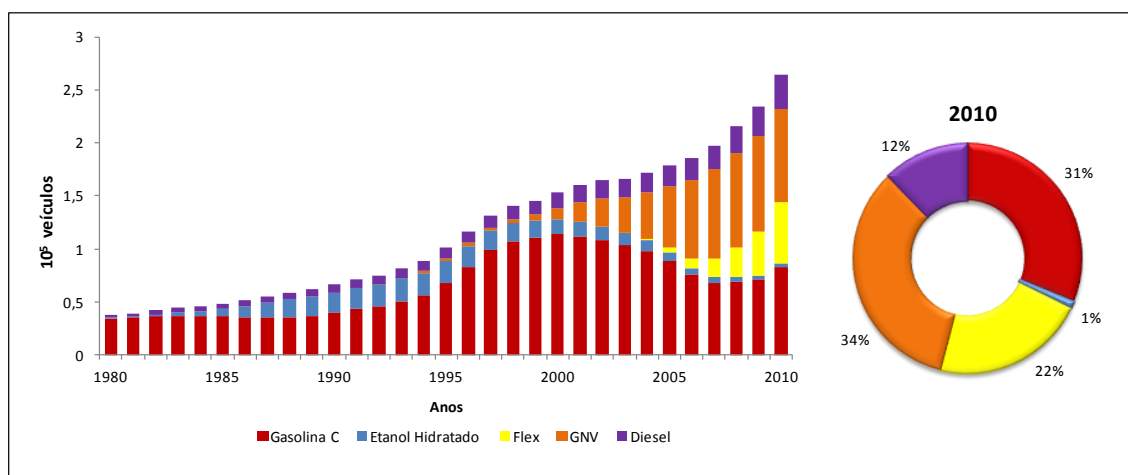


Figura 11: Evolução da frota de comerciais leves por tipo de combustível.

A frota de motocicletas é formada em sua grande maioria por motocicletas dedicadas a gasolina C (em 2010 cerca de 96%). Em 2009, teve início a venda de motocicletas *flex fuel*, no entanto esta representa ainda uma pequena parcela da frota de motocicletas (4%), conforme é possível observar na Figura 12.

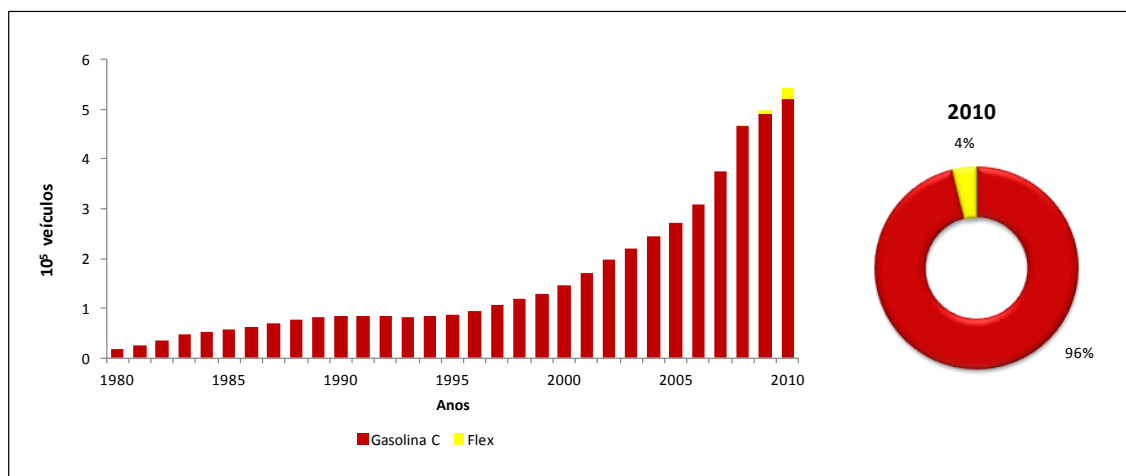


Figura 12: Evolução da frota estimada de motocicletas por tipo de combustível.

A frota de veículos do Estado do Rio de Janeiro pode também ser avaliada em relação as fases do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas e Similares (PROMOT), os quais se encontram detalhados no ANEXO XIV. Nesse sentido, ao se avaliar a frota de automóveis pode-se verificar que 44% desta refere-se à fase L3, que teve início em 1997, 15% refere-se à fase L4 e 19% à fase L5 (Figura 13).

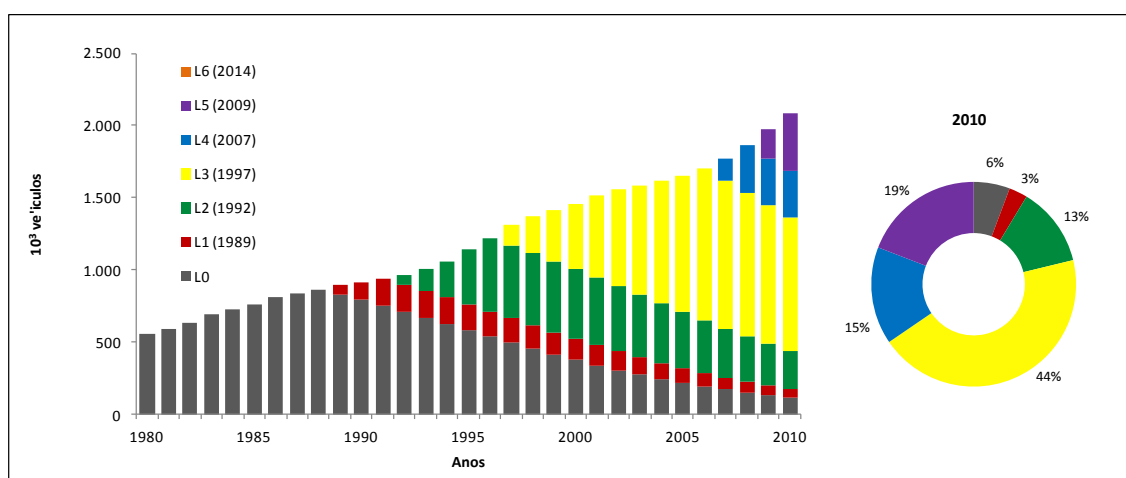


Figura 13: Evolução da frota estimada de automóveis por fase do PROCONVE.

A frota de comerciais leves do ciclo Otto, em 2010 apresenta um comportamento similar a frota de automóveis, com 40% dos veículos referentes à fase L3 do PROCONVE, 18% a fase L4 e 26% a fase L5 (Figura 14).

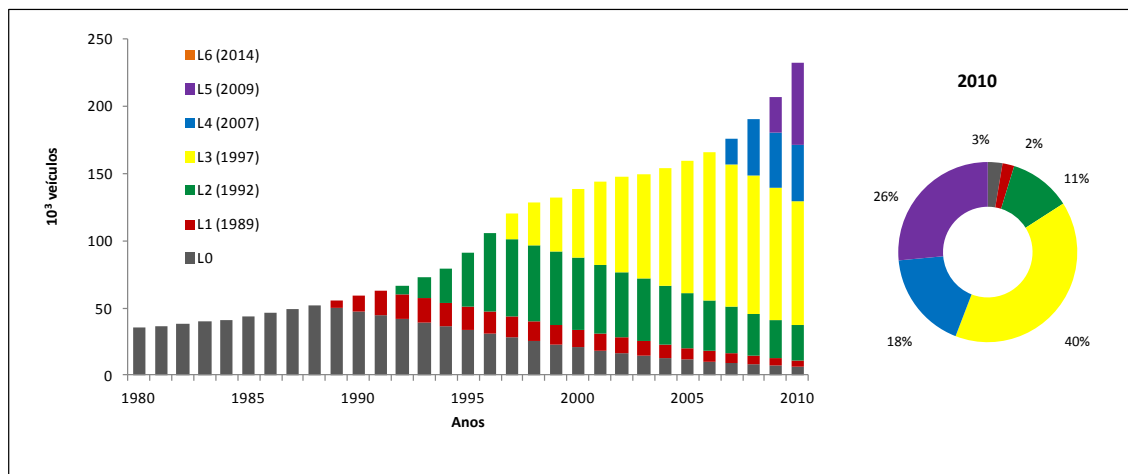


Figura 14: Evolução da frota estimada de comerciais leves por fase do PROCONVE.

No que tange aos veículos do ciclo Diesel, verifica-se que 65% da frota refere-se a fase P5 do PROCONVE, a qual entrou em vigor em 2003 (Figura 15).

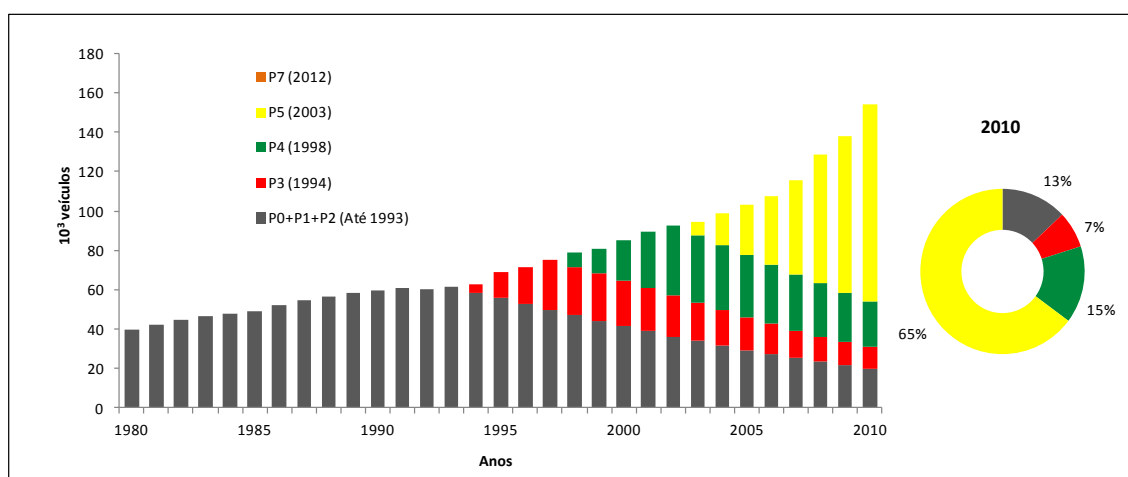


Figura 15: Evolução da frota estimada de veículos do ciclo Diesel por fase do PROCONVE.

Em relação às motocicletas, regulamentadas pelo PROMOT, conforme pode-se observar na Figura 16, 67% de sua frota refere-se a veículos da fase M2 e M3.

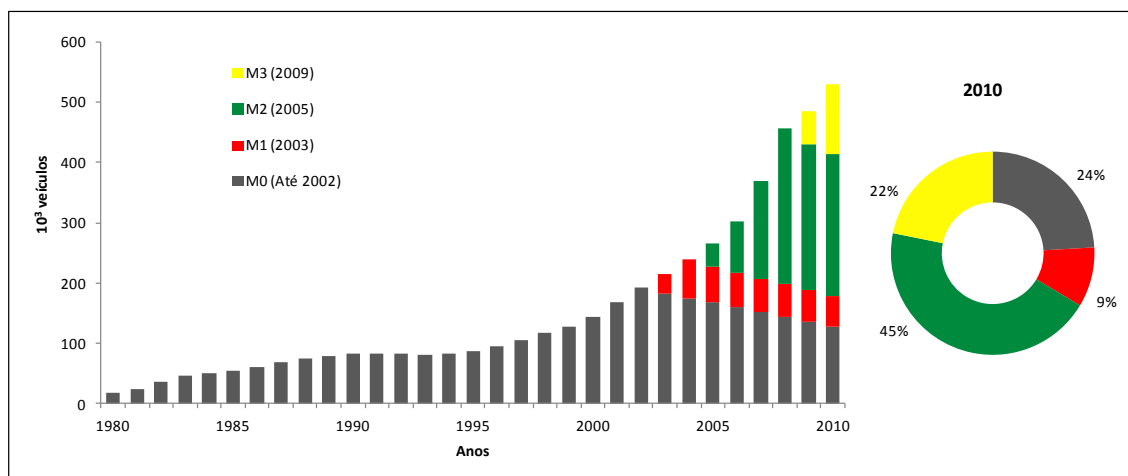


Figura 16: Evolução da frota estimada de motocicletas por fase do PROCONVE.

4. INTENSIDADE DE USO

A intensidade de uso é a distância média percorrida para cada um dos veículos (por categoria) considerados na frota circulante estimada por unidade de tempo (ano). Para a definição da intensidade de uso a ser utilizada para o cálculo das emissões considerou-se o procedimento apresentado na Figura 17.

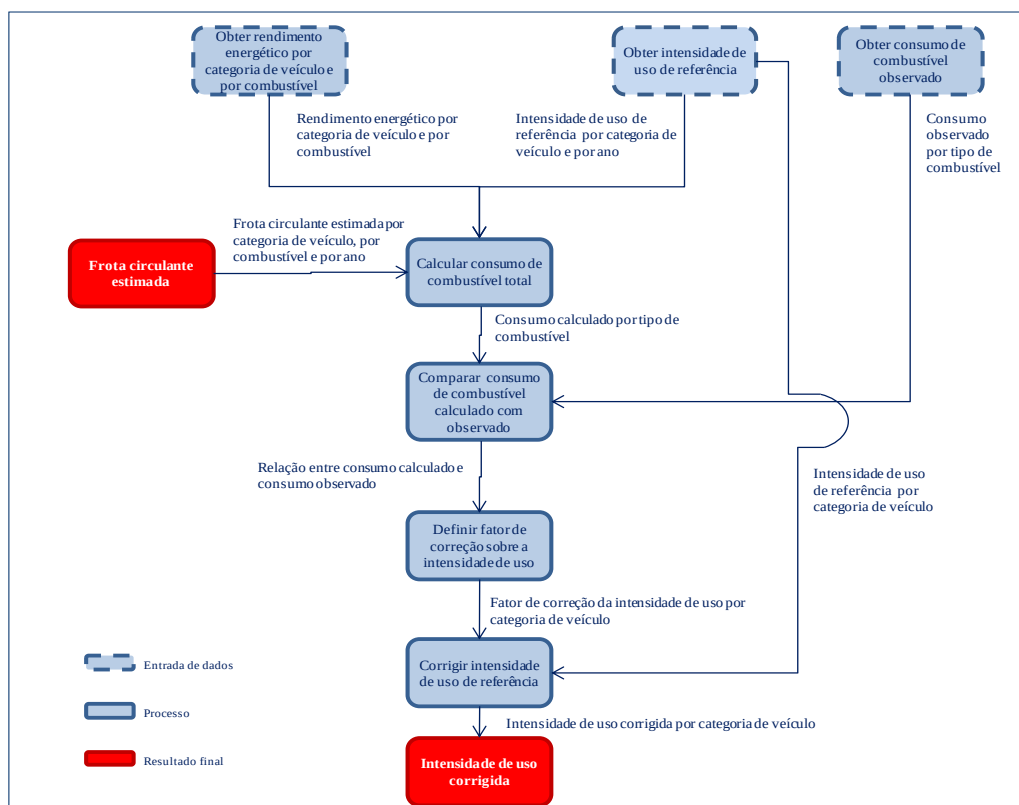


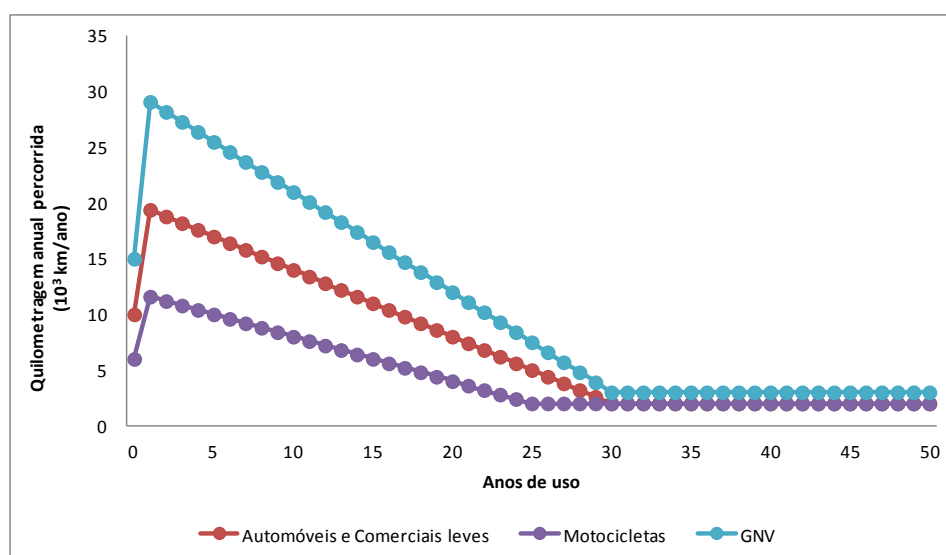
Figura 17: Procedimento para cálculo da intensidade de uso corrigida.

Para os automóveis, comerciais leves (ciclo Otto e ciclo Diesel) e motocicletas considerou-se a mesma intensidade de uso de referência utilizada pelo INEAVAR (MMA, 2011), com exceção dos veículos convertidos a GNV. Para automóveis e comerciais leves convertidos a GNV, em virtude da maior quilometragem percorrida, considerou-se uma intensidade de uso de referência 50% maior do que a utilizada para os demais automóveis e comerciais leves.

No que tange aos ônibus urbanos, foram utilizadas as mesmas intensidades de referência fornecidas pelo INEAVAR. Para os ônibus rodoviários considerou-se como quilometragem inicial 90.000 km/ano, visto que no Estado do Rio de Janeiro estes se referem a ônibus de classe especial (tipo tarifa) utilizado na região metropolitana para o fornecimento de serviço diferenciado ou para o transporte intermunicipal restrito ao próprio estado (FETRANSPOR, 2011).

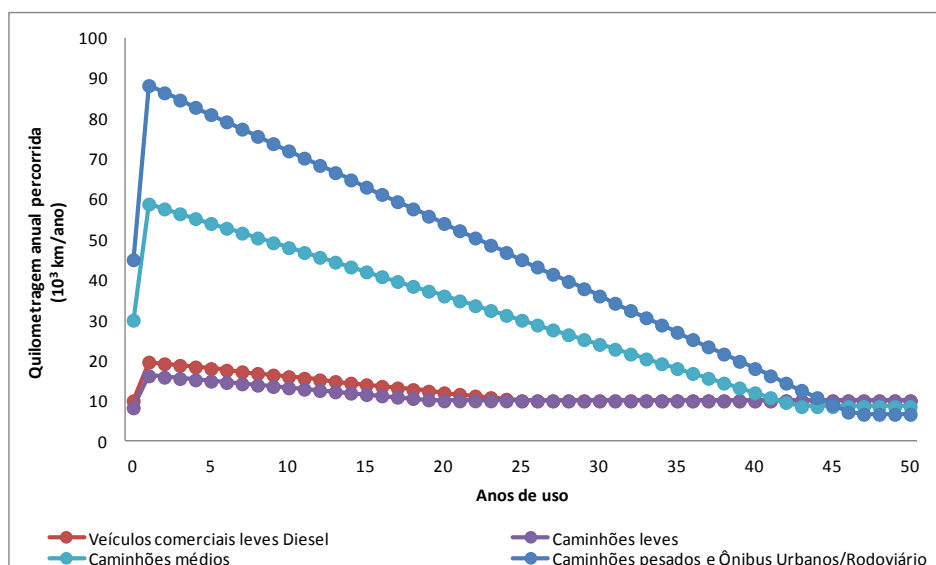
Para os caminhões leves, verificou-se com base em AMBEV (2011) ser possível utilizar os mesmos valores adotados pelo INEAVAR (MMA, 2011), visto que em ambos os casos tal veículo é predominantemente utilizado para distribuição física em área urbana. No que tange aos caminhões médios e pesados, adotou-se como valores iniciais de intensidade de uso de referência 60.000 e 90.000 km/ano, com base em Cachiolo (2011). Foi necessário adotar quilometragens diferentes das utilizadas pelo INEAVAR, uma vez que o nesse estudo o transporte realizado por tais caminhões restringe-se a área urbana e/ou ao transporte intermunicipal.

As Figuras 18 e 19 apresentam a intensidade de uso de referência adotada nesse estudo. Os valores detalhados encontram-se no ANEXO XI.



Nota: No ano 0 considera-se a metade da quilometragem inicial visto que a venda dos veículos é distribuída ao longo dos meses do ano.

Figura 18: Intensidade de uso para veículos do ciclo Otto



Nota: No ano 0 considera-se a metade da quilometragem inicial visto que a venda dos veículos é distribuída ao longo dos meses do ano.

Figura 19: Intensidade de uso para veículos do ciclo Diesel.

4.1. Intensidade de Uso Ajustada

Por ser este item o que usualmente apresenta valores com maior incerteza e seguindo o procedimento adotado pelo INEAVAR (MMA, 2011), foram ajustados os valores de intensidade de uso com base no consumo de combustível observado para o transporte rodoviário no Estado do Rio de Janeiro (ANEXO XII).

A partir da intensidade de uso de referência de cada uma das categorias de veículos e do rendimento destes, foi estimado o consumo de cada tipo de combustível para o setor de transporte rodoviário, conforme Equação 2.

$$C_{estimado\ a,c} = \sum_j Fr_{a,m,c} * Iu_{ref\ a,m,c} * R_{a,m,c} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$C_{estimado}$: Consumo estimado do combustível (c) (gasolina C, etanol hidratado, diesel ou GNV) por ano (a) em litros.

Fr : Frota de veículos por modelo (m), ano (a) e combustível (c) em unidades.

Iu_{ref} : Intensidade de uso de referencia do veículo por modelo (m), ano (a) e combustível (c) em quilômetros.

R : Rendimento do veículo por modelo (m), ano (a) e combustível (c) em litros por quilômetros.

No que tange ao rendimento (km/l) dos veículos do ciclo Otto foram considerados os mesmos valores utilizados pelo INEAVAR (MMA, 2011). Para os automóveis e comerciais leves convertidos a GNV, considerou-se o rendimento de 12km/m³, conforme MMA (2011).

Já em relação aos veículos do ciclo Diesel, foram considerados os mesmos rendimentos adotados pelo INEAVAR (MMA, 2011) para os comerciais leves, ônibus urbanos e rodoviários. Para os caminhões verificou-se que os rendimentos fornecidos pelo INEAVAR não espelhavam a realidade do Estado do Rio de Janeiro. Desse modo, com base em Cachiolo (2011) e AMBEV (2011), considerou-se como valores de rendimento para as categorias caminhões leves, caminhões médios e caminhões pesados os valores, 3,9 km/l, 3,04 km/l e 2,61 km/l respectivamente.

A Figura 20 e 21 apresentam os gráficos referentes os rendimentos adotados neste estudo. Maiores detalhes podem ser verificados no ANEXO XIII.

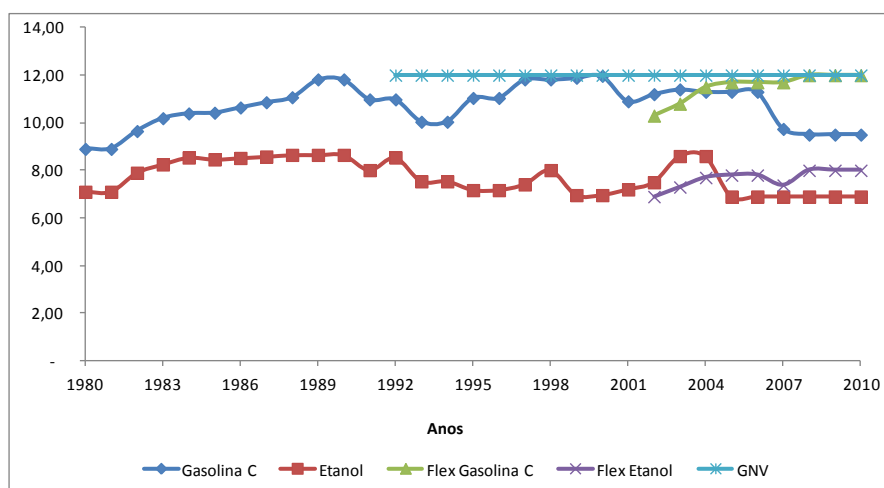


Figura 20: Rendimentos adotados para os veículos do ciclo Otto.

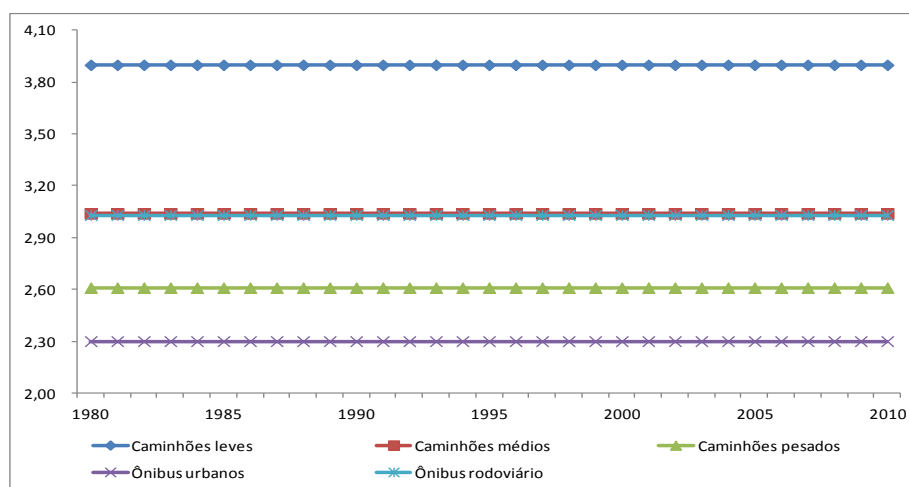


Figura 21: Rendimentos adotados para veículos do ciclo Diesel.

O consumo estimado foi comparado com os dados da ANP (2011) e do BEERJ (2010) de consumo observado no Estado do Rio de Janeiro para cada tipo de combustível. O ajuste da intensidade de uso foi realizado conforme Equação 3. O cálculo do ajuste foi feito para o período de 1980 a 2010.

$$IU_{Ajust} = IU_{ref} * \frac{C_{observado}}{C_{estimado}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

IU_{Ajust} : Intensidade de uso de referencia ajustada do veículo por modelo (m), ano (a) e combustível (c) em quilômetros.

$C_{observado}$: Consumo do combustível (c) por ano (a).

Após calcular a intensidade de uso ajustada, procedeu-se o ajuste do consumo, conforme Equação 4.

$$C_{ajustado\ a,c} = \sum_j Fr_{a,m,c} * IU_{Ajust\ a,m,c} * R_{a,m,c} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

$C_{ajustado}$: Consumo do combustível (c) por ano (a) ajustado com base na intensidade de uso ajustada.

As Figuras 22, 23, 24 e 25 apresentam a evolução do consumo observado, estimado e ajustado para os combustíveis gasolina C, etanol hidratado, GNV e diesel, respectivamente, no período de 1980 a 2010.

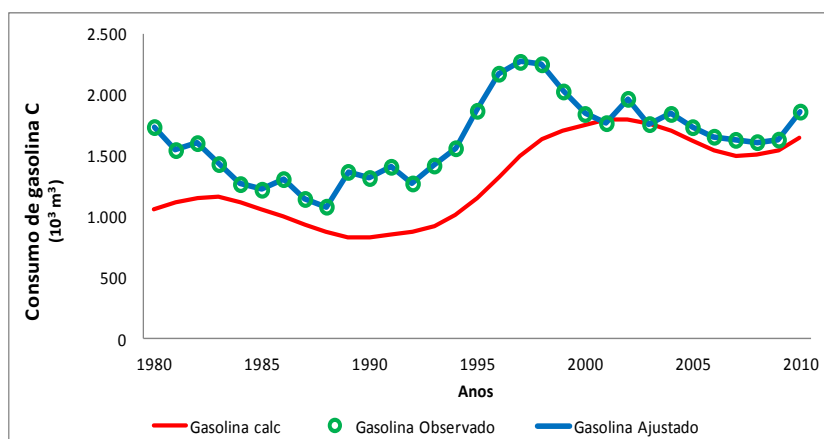


Figura 22: Evolução do consumo do estado do Rio de Janeiro de gasolina C no transporte rodoviário.

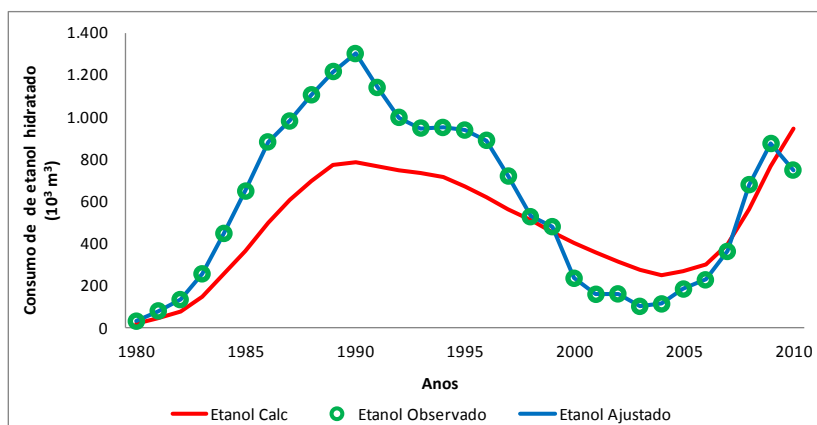


Figura 23: Evolução do consumo do estado do Rio de Janeiro de etanol hidratado no transporte rodoviário.

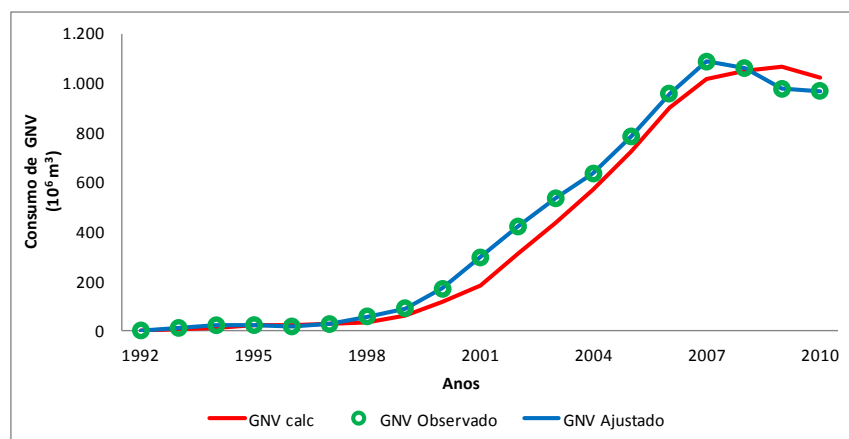


Figura 24: Evolução do consumo do estado do Rio de Janeiro de GNV no transporte rodoviário.

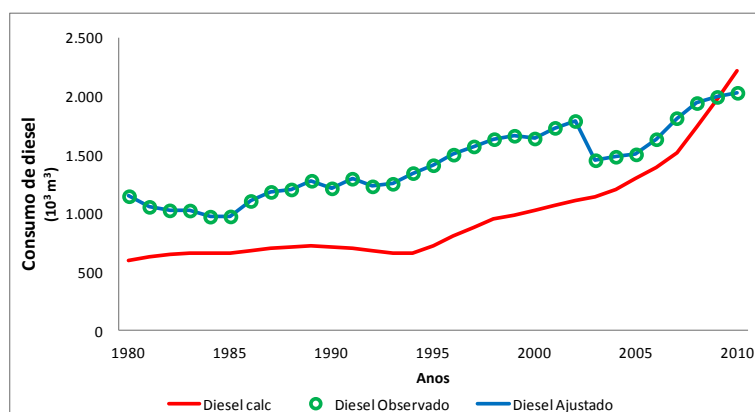
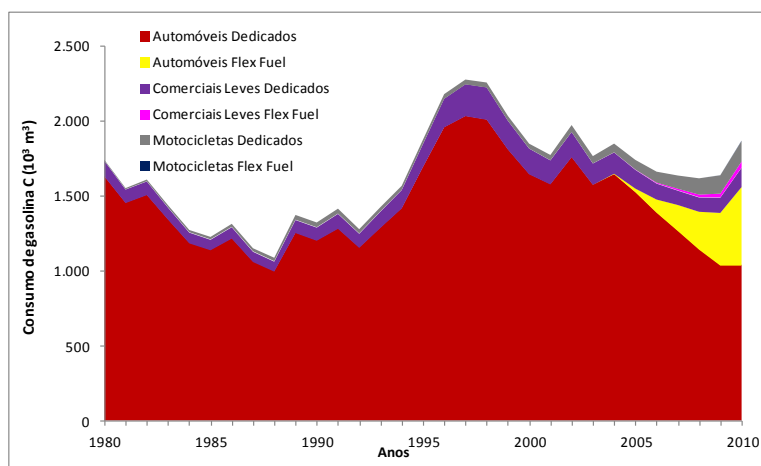


Figura 25: Evolução do consumo do estado do Rio de Janeiro de diesel no transporte rodoviário.

Nas Figuras 26, 27, 28 e 29 pode-se observar a evolução do consumo de combustível (gasolina C, etanol hidratado, GNV e diesel) por categoria de veículo.



Nota: Considera-se veículo dedicado aquele que utiliza apenas um único combustível.

Figura 26: Evolução do consumo de gasolina C no transporte rodoviário por categoria de veículo

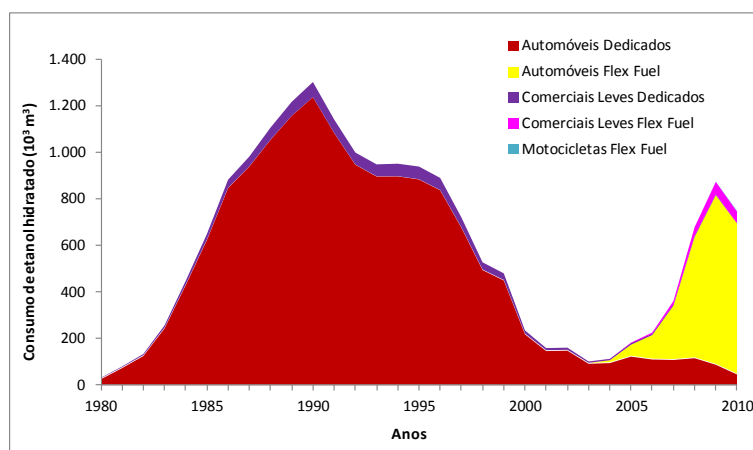


Figura 27: Evolução do consumo de etanol hidratado no transporte rodoviário por categoria de veículo

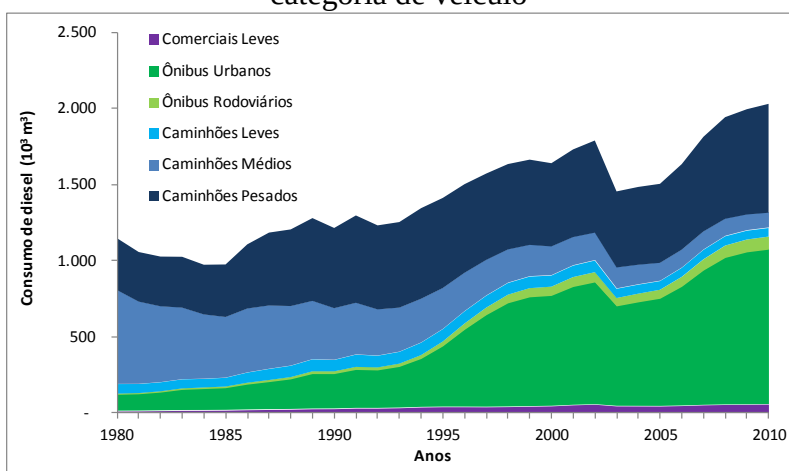


Figura 28: Evolução do consumo de diesel no transporte rodoviário por categoria de veículo

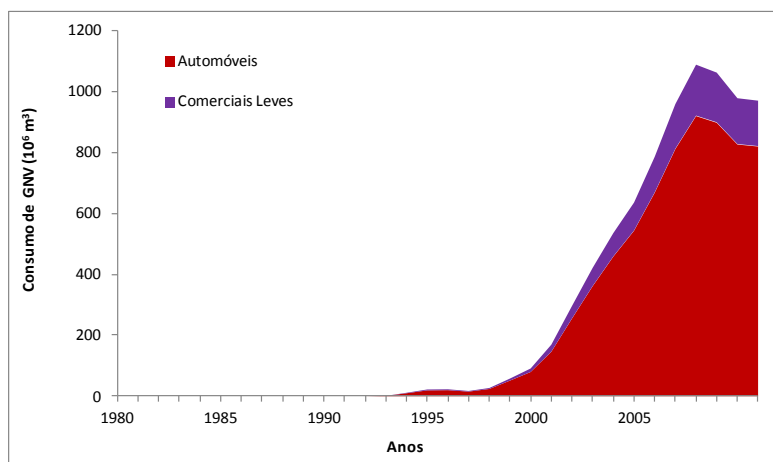


Figura 29: Evolução do consumo de GNV no transporte rodoviário por categoria de veículo

A intensidade de uso para cada categoria de veículos, ajustada a partir do fator de correção calculado com base no consumo observado, foi utilizada para o cálculo das emissões.

5. FATOR DE EMISSÃO

Os fatores de emissão de poluentes atmosféricos variam em função do poluente analisado, da categoria do veículo, do tipo de combustível e do ano-modelo do veículo. Para definição dos fatores de emissão utilizados considerou-se o procedimento apresentado na Figura 30.

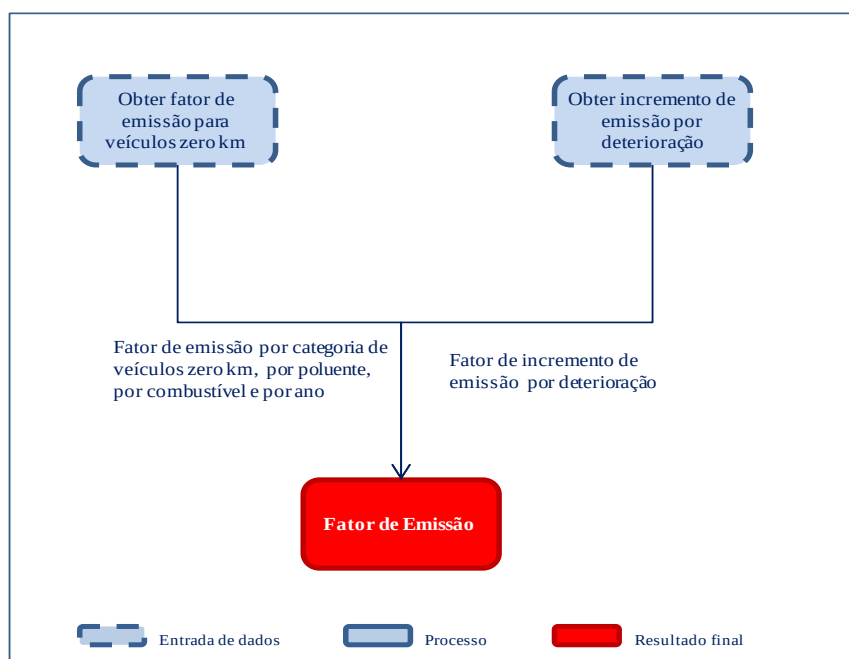


Figura 30: Procedimento para definição dos fatores de emissão.

Com o intuito de obter resultados comparáveis aos apresentados pelo INEAVAR⁴ (MMA, 2011) optou-se por utilizar, sempre que possível, os mesmos fatores de emissão adotados por este.

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

Para os automóveis e comerciais leves movidos a gasolina C e/ou etanol hidratado, foram calculadas as emissões para os poluentes CO, NO_x, RCHO, CH₄, MP, NHMC_{escapamento} e NMHC_{evaporativo}.

Os poluentes CO, NO_x, THC (CH₄ e NMHC) e RCHO são regulamentados pelo PROCONVE. Em virtude disso, a CETESB realiza ensaios utilizados para a homologação dos veículos, de modo que são disponibilizados fatores de emissão médios (g/km) por ano de fabricação do veículo. Tais fatores foram utilizados pelo INEAVAR (MMA, 2011), optando-se por utilizá-los neste estudo também, conforme Tabela 3.

⁴ Os fatores de emissão utilizados no INEAVAR (MMA,2011) foram obtidos principalmente da CETESB (2011), responsável por elaborar testes periódicos de emissões de veículos de linha por amostragem e disponibilizar fatores médios de emissão para os poluentes atmosféricos regulamentados.

Tabela 3: Fatores de emissão para automóveis e comerciais leves, em g/km.

Ano	Categoria	CO (g/km)	NOx (g/km)	RCHO (g/km)	NMHC (g/km)	CH4 (g/km)	MP (g/km)
Até 1983	Veíc. Leve - Gasolina C	33	1,4	0,05	2,55	0,45	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	18	1	0,16	1,36	0,24	-
1984-1985	Veíc. Leve - Gasolina C	28	1,6	0,05	2,04	0,36	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	16,9	1,2	0,18	1,36	0,24	-
1986-1987	Veíc. Leve - Gasolina C	22	1,9	0,04	1,7	0,3	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	16	1,8	0,11	1,36	0,24	-
1988	Veíc. Leve - Gasolina C	18,5	1,8	0,04	1,445	0,255	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	13,3	1,4	0,11	1,445	0,255	-
1989	Veíc. Leve - Gasolina C	15,2	1,6	0,04	1,36	0,24	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	12,8	1,1	0,11	1,36	0,24	-
1990	Veíc. Leve - Gasolina C	13,3	1,4	0,04	1,19	0,21	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	10,8	1,2	0,11	1,105	0,195	-
1991	Veíc. Leve - Gasolina C	11,5	1,3	0,04	1,105	0,195	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	8,4	1	0,11	0,935	0,165	-
1992	Veíc. Leve - Gasolina C	6,2	0,6	0,013	0,51	0,09	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	3,6	0,5	0,35	0,51	0,09	-
1993	Veíc. Leve - Gasolina C	6,3	0,8	0,022	0,51	0,09	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	4,2	0,6	0,04	0,595	0,105	-
1994	Veíc. Leve - Gasolina C	6	0,7	0,036	0,451	0,149	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	4,6	0,7	0,042	0,514	0,186	-
1995	Veíc. Leve - Gasolina C	4,7	0,6	0,025	0,451	0,149	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	4,6	0,7	0,042	0,514	0,186	-
1996	Veíc. Leve - Gasolina C	3,8	0,5	0,019	0,3	0,1	0,0024
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	3,9	0,7	0,04	0,44	0,16	-
1997	Veíc. Leve - Gasolina C	1,2	0,3	0,007	0,15	0,05	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,9	0,3	0,012	0,22	0,08	-
1998	Veíc. Leve - Gasolina C	0,79	0,23	0,004	0,105	0,035	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,67	0,24	0,014	0,139	0,051	-
1999	Veíc. Leve - Gasolina C	0,74	0,23	0,004	0,105	0,035	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,6	0,22	0,013	0,125	0,045	-
2000	Veíc. Leve - Gasolina C	0,73	0,21	0,004	0,098	0,032	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,63	0,21	0,014	0,132	0,048	-
2001	Veíc. Leve - Gasolina C	0,48	0,14	0,004	0,083	0,027	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,66	0,08	0,017	0,11	0,04	-
2002	Veíc. Leve - Gasolina C	0,43	0,12	0,004	0,083	0,027	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,74	0,08	0,017	0,11	0,04	-
2003	Veíc. Leve - Gasolina C	0,4	0,12	0,004	0,083	0,027	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,77	0,09	0,019	0,117	0,043	-
	Veíc. Leve - Flex - Gasolina C	0,5	0,04	0,004	0,038	0,012	0,0011
	Veíc. Leve - Flex - Etanol	0,51	0,14	0,02	0,11	0,04	-
2004	Veíc. Leve - Gasolina C	0,35	0,09	0,004	0,083	0,027	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,82	0,08	0,016	0,125	0,045	-
	Veíc. Leve - Flex - Gasolina C	0,39	0,05	0,003	0,06	0,02	0,0011
	Veíc. Leve - Flex - Etanol	0,46	0,14	0,014	0,103	0,037	-
2005	Veíc. Leve - Gasolina C	0,34	0,09	0,004	0,075	0,025	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,82	0,08	0,016	0,125	0,045	-
	Veíc. Leve - Flex - Gasolina C	0,45	0,05	0,003	0,083	0,027	0,0011
	Veíc. Leve - Flex - Etanol	0,39	0,1	0,014	0,103	0,037	-
2006	Veíc. Leve - Gasolina C	0,33	0,08	0,002	0,06	0,02	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,67	0,05	0,014	0,088	0,032	-
	Veíc. Leve - Flex - Gasolina C	0,48	0,05	0,003	0,075	0,025	0,0011
	Veíc. Leve - Flex - Etanol	0,47	0,07	0,014	0,081	0,029	-
2007	Veíc. Leve - Gasolina C	0,33	0,08	0,002	0,06	0,02	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,67	0,05	0,014	0,088	0,032	-
	Veíc. Leve - Flex - Gasolina C	0,48	0,05	0,003	0,075	0,025	0,0011
	Veíc. Leve - Flex - Etanol	0,47	0,07	0,014	0,081	0,029	-
2008	Veíc. Leve - Gasolina C	0,37	0,039	0,0014	0,042	0,014	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	0,67	0,05	0,014	0,088	0,032	-
	Veíc. Leve - Flex - Gasolina C	0,51	0,041	0,002	0,069	0,023	0,0011
	Veíc. Leve - Flex - Etanol	0,71	0,048	0,0152	0,052	0,019	-
2009	Veíc. Leve - Gasolina C	0,3	0,02	0,0017	0,034	0,011	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	-	-	-	-	-	-
	Veíc. Leve - Flex - Gasolina C	0,33	0,03	0,0024	0,032	0,011	0,0011
	Veíc. Leve - Flex - Etanol	0,56	0,032	0,0104	0,03	0,011	-
2010 em diante	Veíc. Leve - Gasolina C	0,23	0,02	0,0017	0,034	0,011	0,0011
	Veíc. Leve - Etanol hidratado	-	-	-	-	-	-
	Veíc. Leve - Flex - Gasolina C	0,33	0,03	0,0024	0,032	0,011	0,0011
	Veíc. Leve - Flex - Etanol	0,56	0,032	0,0104	0,03	0,011	-

Fonte: MMA (2011).

As emissões de MP geradas por veículos do ciclo Otto não são regulamentadas pelo PROCONVE, e por isso não são medidas nos ensaios de homologação. No entanto, com o intuito de manter o nível de comparação com o INEAVAR (MMA, 2011), considerou-se como fator de emissão de MP os dados utilizados por este (Tabela 3).

As condições de uso, o estado de manutenção e as condições ambientais, afetam os fatores de emissão. Em virtude disso, no caso dos veículos fabricados antes de 1995, os quais em sua maioria não eram equipados com catalisadores, considerou-se para os poluentes CO, NMHC_{escapamento} e RCHO, um incremento de 0,000125% em relação ao fator de emissão do veículo novo para cada quilometro percorrido até atingir os 160.000 km, mantendo-se constante a partir desta quilometragem (MMA, 2011).

Para os veículos fabricados no período de 1996 a 2008, considerou-se um valor de incremento médio a cada 80.000 km rodados, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Incremento médio de emissões por acúmulo de rodagem, em g/80.000km

Combustível	Poluentes			
	CO	Nox	NMHC	RCHO
Gasolina C	0,263	0,03	0,023	0,00065
Etanol hidratado	0,224	0,02	0,024	0,00276

Fonte: MMA (2011)

Como emissões evaporativas oriundas do sistema de alimentação de automóveis e comerciais leves do ciclo Otto, considerou-se as emissões diurnas (e_d), as perdas em movimento (e_s) e as emissões evaporativas do veículo que ocorrem quando este encontra-se em repouso (e_r).

O INEAVAR disponibiliza fatores de emissão diurnas (e_d) em gramas por dia (g/dia) e os fatores de perdas em movimento (e_s) e emissões evaporativas em repouso (e_r) em gramas por viagens (g/viagens). Além disso, este considera três diferentes intervalos de temperatura (0 a 15 °C, 10 a 25 °C e 20 a 35 °C).

Para definir a(s) faixa(s) de temperatura que mais se adequa(m) à realidade do Estado do Rio de Janeiro realizou-se uma pesquisa junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET que forneceu um histórico de temperatura do período de 1961 até 1990 (Tabelas 6 e 7).

Ao analisar os valores mínimos e máximos de temperatura observou-se que 20% da média anual das temperaturas mínimas e 85% da média anual das temperaturas médias eram maiores ou iguais a 20 °C, conforme pode ser observado nas Tabelas 6 e 7.

Em virtude da sua representatividade nas temperaturas do Estado do Rio de Janeiro e pelo fato de possuir os maiores fatores de emissões evaporativos, optou-se por

considerar para o cálculo das emissões evaporativas realizado neste inventário, os fatores de emissão referentes a faixa de temperatura de 20 – 35 °C, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Fatores de emissões evaporativas para automóveis e comerciais.

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

Nota: nd - não disponível

Fonte: MMA (2011).

Tabela 6: Normais Climatológicas do Brasil - 1961-1990 – Temperaturas Mínimas.

Nome da Estação	Temperatura mínima por mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Alto da Boa Vista	20,7	21,0	20,2	18,4	16,9	15,6	14,9	15,6	16,0	17,2	18,4	19,7
Angra dos Reis	22,6	23,1	22,5	20,8	18,9	17,1	16,5	17,2	18,2	19,3	20,4	21,7
Araras	16,8	16,9	15,9	13,8	10,3	9,1	8,2	9,3	11,7	14,2	15,0	16,2
Bangu	23,1	23,4	22,7	20,9	18,6	17,2	16,4	17,4	18,4	19,8	21,1	22,2
Barreirinha	18,0	18,2	17,5	15,3	12,8	11,9	11,1	12,4	13,9	15,3	16,1	17,3
Cabo Frio (Alcalis)	22,3	22,7	22,7	21,5	20,0	18,8	18,6	18,7	19,0	19,7	20,7	21,8
Campos	22,5	22,7	22,5	20,7	18,9	17,5	16,9	17,5	18,5	20,0	21,0	21,9
Carmo	20,4	20,6	19,9	17,9	15,4	13,5	12,8	13,9	15,6	17,7	18,9	20,0
Cordeiro	19,1	19,2	18,6	16,7	14,5	12,5	11,9	12,8	14,5	16,5	17,9	18,8
Ecologia Agrícola	22,2	22,6	21,7	19,8	17,7	16,3	15,7	16,6	17,7	18,9	20,1	21,3
Engenho de Dentro	22,6	23,0	22,4	20,3	18,1	17,0	16,3	17,2	18,4	19,4	20,1	21,6
Ilha Guaíba	22,4	22,9	22,5	21,1	19,6	18,4	18,0	18,3	18,3	19,1	20,4	21,4
Itaperuna	21,7	21,9	21,4	19,8	17,5	15,7	15,0	15,8	17,4	19,1	20,2	21,0
Jacarepaguá	22,2	22,3	21,9	19,8	17,5	16,5	15,6	16,5	17,7	18,7	19,7	21,2
Jardim Botânico	21,8	22,2	21,6	19,7	17,7	16,8	16,0	16,5	17,8	18,9	19,7	20,9
Nova Friburgo	17,1	17,1	16,8	14,8	11,9	10,1	9,5	10,3	12,3	14,3	15,5	16,3
Penha	23,2	23,4	22,9	21,0	18,9	17,6	16,9	17,8	19,0	19,9	20,8	22,2
Pinheiral	19,8	20,0	19,3	17,0	14,1	12,4	11,4	12,6	14,8	16,9	17,5	18,7
Piraí	19,4	19,3	19,1	17,4	14,5	12,4	11,5	12,6	14,6	16,4	17,7	18,8
Resende	19,9	20,0	19,7	18,0	15,0	12,8	12,0	13,3	15,4	17,2	18,3	19,3
Rio de Janeiro	23,3	23,5	23,3	21,9	20,4	18,7	18,4	18,9	19,2	20,2	21,4	22,4
Santa Cruz	22,4	22,9	22,1	20,4	18,5	17,8	16,9	17,7	18,3	19,1	19,9	21,6
Santa Teresa	21,3	21,5	20,9	19,3	17,4	16,4	15,7	16,1	17,1	17,8	18,6	20,1
Santo Antônio de Pádua	22,1	22,2	21,5	19,8	16,9	15,0	14,3	15,2	17,6	19,3	20,5	21,3
São Bento (Duque de Caxias)	21,7	22,0	21,2	19,3	16,8	15,4	14,8	15,7	17,3	18,8	19,7	21,0
São Fidelis	21,6	21,8	21,1	19,7	17,4	15,6	15,1	16,2	17,4	19,1	20,4	21,2
Teresópolis - P. Nacional	16,2	16,3	15,6	13,6	11,4	10,5	9,7	10,9	12,2	13,4	14,2	15,4
Tinguá	19,6	19,8	19,2	17,5	15,8	14,6	14,1	14,9	15,8	16,7	17,8	19,0
Vassouras	19,7	19,9	19,3	17,5	14,7	13,1	12,5	13,7	15,4	17,1	18,1	19,2
Xerém	19,4	19,6	18,9	17,2	15,2	14,3	13,5	14,2	15,6	16,9	17,6	-
Médias	20,8	21,1	20,5	18,7	16,4	15,0	14,3	15,2	16,5	17,9	18,9	20,1

Fonte: INMET (2011).

Tabela 7: Normais Climatológicas do Brasil - 1961-1990 – Temperaturas médias.

Nome da Estação	Média de temperatura por mês												Média de Temperatura anual
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Alto da Boa Vista	24,5	24,6	-	21,2	19,5	19,0	18,5	19,0	19,3	20,2	21,3	22,8	20,9
Angra dos Reis	25,9	26,4	25,7	23,8	22,1	20,7	20,2	20,8	21,4	22,3	23,5	24,9	23,1
Araras	21,7	21,9	21,1	18,9	15,9	14,8	14,0	15,5	17,7	19,0	19,8	21,0	18,4
Bangu	27,0	27,1	26,4	24,2	22,0	21,1	20,5	21,8	22,5	23,4	24,3	25,9	23,9
Barreirinha	21,8	22,0	21,3	19,2	17,0	16,2	15,5	17,1	18,3	19,0	20,0	21,0	19,0
Cabo Frio (Alcalis)	25,0	25,2	25,3	24,1	22,6	21,6	21,1	21,0	21,2	22,0	23,3	24,4	23,1
Campos	26,2	26,6	26,3	24,3	22,6	21,4	20,7	21,6	22,2	23,2	24,4	25,3	23,7
Carmo	25,2	25,5	24,9	22,6	20,3	19,0	18,4	19,8	21,3	22,1	23,2	24,2	22,2
Cordeiro	23,5	23,9	23,2	20,8	18,7	17,3	16,7	18,1	19,1	20,7	22,0	22,8	20,6
Ecologia Agrícola	26,1	26,4	25,6	23,4	21,5	20,6	20,2	21,1	21,9	22,6	23,8	25,0	23,2
Engenho de Dentro	27,0	27,2	26,4	24,3	22,2	21,3	20,8	22,0	22,9	23,5	24,1	25,9	24,0
Ilha Guaíba	25,8	26,2	25,7	23,9	22,5	21,5	21,2	21,5	21,5	22,2	23,8	24,9	23,4
Itaperuna	26,0	26,4	25,8	23,9	21,8	20,6	20,0	21,3	22,2	23,2	24,1	24,9	23,3
Jacarepaguá	26,6	26,7	26,2	24,0	21,8	21,0	20,3	21,5	22,3	23,1	24,1	25,6	23,6
Nova Friburgo	21,2	21,2	20,8	18,5	16,0	14,6	14,1	15,3	16,6	18,2	19,3	20,3	18,0
Penha	27,2	27,5	26,6	24,7	22,6	21,4	21,0	22,1	23,0	23,6	24,5	26,0	24,2
Pinheiral	24,2	24,1	23,8	21,4	18,6	17,4	16,9	18,5	20,4	21,2	22,2	23,1	21,0
Pirai	23,9	24,0	23,6	21,5	18,9	17,5	16,9	18,2	19,7	20,9	22,1	23,2	20,9
Resende	23,8	24,2	23,6	21,5	19,2	17,7	17,4	18,9	20,4	21,4	22,4	23,1	21,1
Rio de Janeiro	26,3	26,6	26,0	24,4	22,8	21,8	21,3	21,8	22,2	22,9	24,0	25,3	23,8
Santa Maria Madalena	22,8	23,0	22,5	20,7	18,7	17,7	16,9	18,0	18,8	19,9	20,8	22,0	20,1
Santa Teresa	25,5	25,5	24,9	23,0	21,2	20,3	19,6	20,4	21,4	21,7	22,8	24,2	22,5
Santo Antônio de Pádua	26,8	26,9	26,3	24,1	21,5	19,9	19,6	21,1	23,0	23,8	25,2	25,8	23,7
São Bento (Duque de Caxias)	26,2	26,4	25,7	23,4	21,2	20,0	19,5	20,7	21,8	22,9	23,9	25,3	23,1
Teresópolis - P. Nacional	20,7	20,8	20,2	17,9	15,8	14,9	14,3	15,6	16,7	17,5	18,3	19,7	17,7
Tinguá	25,0	25,4	24,5	22,4	20,5	19,4	19,0	20,2	21,0	21,9	23,1	24,3	22,2
Vassouras	23,6	24,0	23,2	21,3	19,0	17,6	17,2	18,6	19,7	20,9	21,9	22,9	20,8
Média	24,8	25,0	24,4	22,3	20,2	19,1	18,6	19,7	20,7	21,6	22,7	23,8	21,9

Fonte: INMET (2011).

O método de cálculo das emissões evaporativas utilizado neste estudo seguiu o utilizado pelo INEAVAR (MMA, 2011), onde se calcula o número de viagens anuais dividindo-se a quilometragem anual percorrida por uma estimativa de quilometragem média por viagem, a qual neste estudo foi considerada 14,166 definida com base no tempo e velocidades médios de viagem conforme dados obtidos em CENTRAL (2003).

5.2. Fatores de emissão para automóveis e comerciais leves convertidos a GNV

Para os automóveis e comerciais leves convertidos a GNV, foram calculadas as emissões para os poluentes CO, NO_x, RCHO, CH₄ e NMHC_{escapamento}. Os fatores de emissão utilizados encontram-se descritos na Tabela 8. Devido a falta de informações disponíveis, não foram considerados fatores de incremento de emissões para os veículos convertidos a GNV.

Tabela 8: Fatores de emissão para veículos a gás natural veicular, em g/km.

CO (g/km)	NO _x (g/km)	RCHO (g/km)	NMHC (g/km)	CH ₄ (g/km)
0,56	0,29	0,0038	0,026	0,22

Fonte: MMA (2011).

5.3. Fatores de emissão para motocicletas

Para as motocicletas foram considerados os mesmos fatores de emissão adotados pelo INEAVAR (MMA, 2011), conforme Tabela 9. Em virtude da ausência de informações disponíveis, não foram considerados fatores de incremento de emissões por acúmulo de rodagem para as motocicletas.

Tabela 9: Fatores de emissão para motocicletas, em g/km.

Ano-modelo	CO	Nox	NMHC	CH ₄	MP
Até 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
2010 em diante	0,73	0,07	0,14	0,03	0,0035

Fonte: MMA (2011).

5.4. Fatores de emissão para veículos do ciclo Diesel

Para os veículos movidos a diesel, foram considerados fatores de emissão para os poluentes CO, NO_x, NMHC e MP, regulamentados pelo PROCONVE. Tais valores são disponibilizados em g_{poluente}/kWh, conforme Tabela 10.

Tabela 10: Fatores de emissão para motores Diesel por fase do PROCONVE, em g/kWh.

g/kWh - poluente				
Fase do PROCONVE	CO	NMHC	Nox	MP
Pré-PROCONVE, P1 e P2	1,86	0,68	10,7	0,66
P3	1,62	0,54	6,55	0,318
P4	0,85	0,29	6,16	0,12
P5	0,83	0,16	4,67	0,078
P7	0,83	0,16	1,8	0,018

Fonte: MMA (2011).

Desse modo, seguindo o método de conversão adotado pelo INEAVAR (MMA, 2011) tais fatores foram convertidos em $g_{poluente}/km$, conforme Equações 5 e 6.

$$\frac{g_{poluente}}{g_{diesel}} = \frac{g_{poluente}}{kWh} \div \frac{g_{diesel}}{KWh} \quad \text{Equação 5}$$

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

Como consumo específico de combustível considerou-se os valores disponibilizados pelo INEAVAR, conforme Tabela 11.

Tabela 11: 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

Fonte: MMA (2011).

Tabela 12: Fatores de emissão para motores Diesel por fase do PROCONVE, em $g_{poluente}/kg_{diesel}$

Fase do PROCONVE	CO	NMHC	Nox	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

Fonte: MMA (2011).

Para a conversão dos fatores de emissão de poluentes de $g_{\text{poluente}}/\text{kg}_{\text{diesel}}$ em $g_{\text{poluente}}/\text{km}$, utilizados para o cálculo das emissões (Tabela 12), utilizou-se o valor de massa específica do diesel disponível em ANP (2009) de 0,85200 kg/l e os rendimentos (km/l) característicos de cada categoria de veículo que encontram-se descritos no ANEXO XIII. Os fatores de emissão calculados e utilizados para os veículos do ciclo Diesel encontram na Tabela 13.

Tabela 13: Fatores de emissão para veículos movidos a diesel, em $g_{\text{poluente}}/\text{km}$.

Categoria de veículo	Fase do PROCONVE	CO	NMHC	Nox	MP
Comerciais leves	Pré-PROCONVE, P1 e P2	0,77	0,28	4,46	0,27
	P3	0,70	0,23	2,82	0,14
	P4	0,38	0,13	2,75	0,05
	P5	0,35	0,07	1,99	0,03
	P7	0,37	0,07	0,80	0,01
Caminhões leves	Pré-PROCONVE, P1 e P2	1,81	0,66	10,39	0,64
	P3	1,62	0,54	6,56	0,32
	P4	0,88	0,30	6,41	0,12
	P5	0,82	0,16	4,64	0,08
	P7	0,86	0,17	1,87	0,02
Caminhões médios	Pré-PROCONVE, P1 e P2	2,32	0,85	13,33	0,82
	P3	2,08	0,69	8,42	0,41
	P4	1,13	0,39	8,22	0,16
	P5	1,06	0,20	5,95	0,10
	P7	1,11	0,21	2,40	0,02
Caminhões pesados	Pré-PROCONVE, P1 e P2	2,70	0,99	15,52	0,96
	P3	2,43	0,81	9,81	0,48
	P4	1,32	0,45	9,58	0,19
	P5	1,23	0,24	6,93	0,12
	P7	1,29	0,25	2,80	0,03
Ônibus urbanos	Pré-PROCONVE, P1 e P2	3,06	1,12	17,62	1,09
	P3	2,75	0,92	11,13	0,54
	P4	1,50	0,51	10,87	0,21
	P5	1,40	0,27	7,86	0,13
	P7	1,46	0,28	3,18	0,03
Ônibus rodoviários	Pré-PROCONVE, P1 e P2	2,32	0,85	13,37	0,82
	P3	2,09	0,70	8,45	0,41
	P4	1,14	0,39	8,25	0,16
	P5	1,06	0,20	5,97	0,10
	P7	1,11	0,21	2,41	0,02

5.5. Fatores de emissão de CO₂ para veículos do ciclo Otto e ciclo Diesel

De forma similar ao realizado pelo INEAVAR, para a definição dos fatores de emissão de CO₂, utilizou-se a metodologia adotada pelo MCT (2006), conforme Equação 7.

$$FECO_2 \left[\frac{kg}{l} \right] = \left(CE_c \left[\frac{MJ}{l} \right] \times F_{con} \left[\frac{gC}{MJ} \right] \times F_{ox} \times F_{CO_2} \left[\frac{gCO_2}{gC} \right] \right) \div 1000 \quad \text{Equação 7.}$$

Onde:

FECO₂: Fator de emissão de CO₂ em kg por litro de combustível;

CE_c: Conteúdo energético do combustível (c) em MJ;

F_{con} : Fator de conversão para cálculo de conteúdo de carbono (transforma energia em MJ em grama de carbono);

F_{ox} : Fator de oxidação;

F_{CO_2} : Fator de conversão de carbono (C) para CO_2 ;

Desse modo, obtiveram-se os fatores de emissão de CO_2 apresentados na Tabela 14 para os combustíveis gasolina A, etanol anidro, etanol hidratado, diesel e GNV. Para o biodiesel utilizou-se dados fornecidos por EPE (2007).

Tabela 14: Fatores de emissão de CO_2 para veículos do ciclo Otto e Diesel.

Combustível	Poder calorífico inferior (kcal/kg)	Massa específica (kg/l)	Conteúdo energético (Ce.) (kcal/l)	Conteúdo energético (MJ/l)	Fator de emissão de carbono (Fcon) (tC/TJ)	Fator de oxidação (Fox)	Fator de conversão em CO2 (FCO2)	Fator de emissão de CO2 de CO2 (FECO2)
Gasolina A	10.550	0,742	7.828,10	32,75	18,90	0,990	3,67	2,25
Etanol Anidro	6.750	0,791	5.339,25	22,34	14,81	0,990		1,20
Etanol Hidratado	6.300	0,809	5.096,70	21,33	14,81	0,990		1,15
Gás Natural Seco*	11.900	0,740	8.806,00	36,85	15,30	0,995		2,06
Óleo Diesel	10.350	0,852	8.818,20	36,90	20,20	0,990		2,71
Biodiesel	-							2,43

* Para o gás natural considerar m^3 no lugar de litro (l).

Fonte: Elaboração própria com base em ANP (2009), MCT (2006), D'Agosto (2004) e EPE (2007).

6. RESULTADOS

Após obter dados de frota circulante estimada, intensidade de uso ajustada e fator de emissão, para as oito categorias de veículos consideradas neste estudo (Tabela 1), foi possível calcular as emissões de poluentes para o período de 1980 a 2010 e estimá-las, por meio de projeção, para o período de 2011 a 2030. Os resultados obtidos serão apresentados por tipo de poluente, categoria de veículo, ano e tipo de combustível.

6.1. Premissas adotadas para projeção da emissão

O cenário apresentado neste estudo foi elaborado tendo como base a situação atual e considerando que todas as condições atuais mantenham-se inalteradas, de modo que não se pretende acertar, mas sim, propiciar subsídios para estudos futuros e políticas públicas com o intuito de melhorar a qualidade do ar.

6.1.1. Frota de veículos

Para as previsões dos anos a partir de 2011 e até 2030 buscou-se utilizar sempre que possível, os mesmos parâmetros adotados pelo INEAVAR. Sendo assim, a Tabela 15 apresenta as premissas consideradas para a projeção da evolução da frota de 2011 a 2030.

Tabela 15: Premissas consideradas para a projeção de frota.

Categorias de veículos	Parâmetros para projeção	Vendas		Participação de veículos						
		Período de 2010 a 2015	Período de 2016 a 2030	Dedicados a gasolina C	Flex fuel	Caminhões leves	Caminhões médios	Caminhões pesados	Ônibus Urbanos	Ônibus Rodoviários
Ciclo Otto	Automóveis	4,8%	3,8%	7%	93%	-	-	-	-	-
	Comerciais leves			44%	56%					
	Motocicleta			80%	20%					
Ciclo Diesel	Comerciais leves	1,7%		-		-	-	-	-	-
	Caminhões					30%	10%	60%	-	-
	Ônibus					-	-	-	90%	10%

Fonte: Elaboração própria com base em MMA (2011).

Para veículos do ciclo Otto considerou-se os mesmos percentuais de crescimentos adotados pelo INEAVAR. No que tange aos veículos do ciclo Diesel, manteve-se o percentual de crescimento adotado pelo INEAVAR para os ônibus. Para os caminhões e comerciais leves, após verificação dos dados de frota estimada pelo PIB, conforme ANEXO VIII, optou-se por adotar para estas categorias o mesmo percentual de crescimento dos ônibus.

No que tange a participação de automóveis, comerciais leves e motocicletas por combustível (dedicados a gasolina e *flex fuel*) considerou-se as mesmas proporções observadas para o Estado do Rio de Janeiro para o ano de 2010. O mesmo critério foi utilizado para a divisão de caminhões em leves, médios e pesados e ônibus em urbanos e rodoviários.

6.1.2. Intensidade de uso

Para a intensidade de uso de referência adotada para o período de 2011 a 2030, foram considerados os mesmos valores adotados para o período de 1957 a 2010. Foram mantidos, também, os valores de rendimento dos veículos (km/l) adotados para o ano de 2010.

Os consumos de gasolina C, etanol hidratado, diesel e GNV foram estimados para o período de 2011 a 2030. No caso do consumo de gasolina C e etanol hidratado utilizou-se um modelo *logit* binomial para estimar a projeção de combustível com base na demanda por energia (Kcal). O consumo de diesel foi estimado em função do PIB e o consumo de GNV foi calculado em função da frota de automóveis e comerciais leves convertidos para GNV, conforme ANEXO IX.

Seguindo o procedimento adotado pelo INEAVAR, a intensidade de uso de referência foi ajustada com base no consumo estimado, sendo em seguida utilizada para o cálculo das emissões.

6.1.3. Fatores de emissão

No que tange aos fatores de emissão, considerou-se a entrada das fases do PROCONVE já regulamentadas. Deste modo, para os veículos do ciclo Diesel, considerou-se a

entrada da fase P7 a partir de 2012 e para os veículos do ciclo Otto (automóveis e comerciais leves) considerou-se a entrada da fase L6 em 2014.

Os fatores de emissão para os veículos do ciclo Diesel, fase P7, foram calculados e encontram-se detalhados na Tabela 13. No caso dos automóveis e comerciais leves do ciclo Otto foram considerados os mesmos fatores de emissão adotados para o ano de 2010, visto que estes são menores do que os limites estabelecidos pela fase L6 do PROCONVE. Para as motocicletas considerou-se os mesmos fatores de emissão adotados em 2010.

6.2. Emissões de monóxido de carbono (CO)

A Figura 31 apresenta as emissões de CO estimadas para o período de 1980 a 2030. Pode-se verificar que as emissões apresentam queda a partir de 1992, quando entrou em vigor a fase L2 do PROCONVE, a qual reduziu em 50% o limite de emissão de CO regulamentado.

Em relação a contribuição de cada categoria, verifica-se que o Estado do Rio de Janeiro segue a mesma tendência observada no Brasil, destacando-se os veículos do ciclo Otto (cerca de 92%), sendo os automóveis os que apresentam maior participação no total de emissões (55% em 2010). Observa-se que essa tendência (predominância dos veículos do ciclo Otto), apesar de atenuada com o passar dos anos, se mantém a mesma até 2030, quando se estima estes sejam responsáveis por 71% das emissões totais de CO.

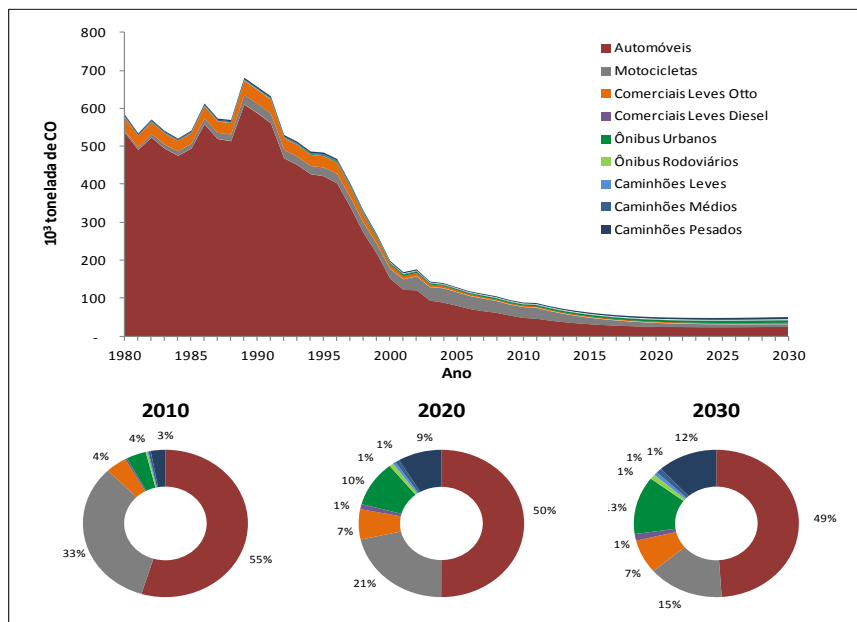


Figura 31: Emissões de CO por categoria de veículos.

Se analisada a participação dos combustíveis, verifica-se uma redução da contribuição da gasolina C de 74% em 2010 para 41% em 2030 e um aumento da contribuição do

etanol hidratado e do diesel passando de 11% e 8% em 2010 para 23% e 29% em 2030 (Figura 32).

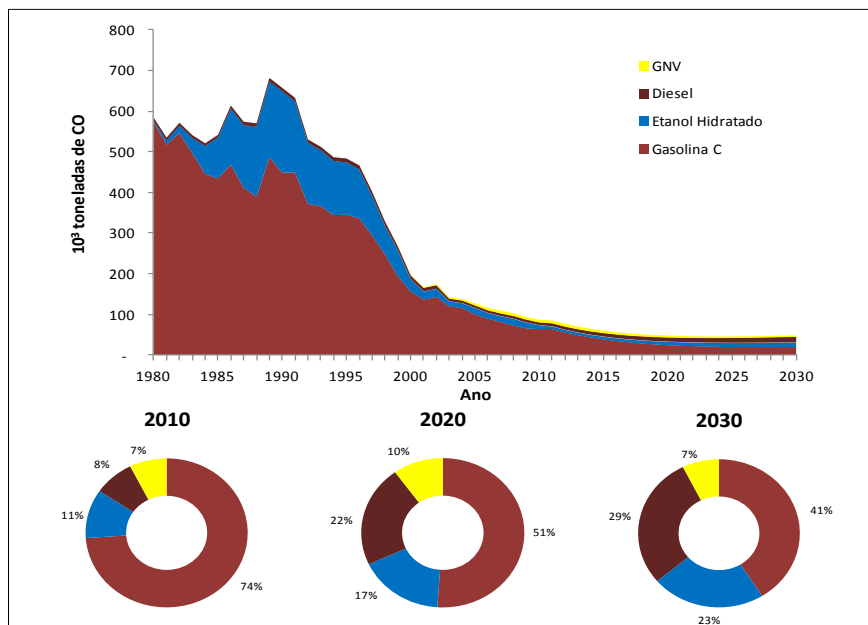


Figura 32: Emissões de CO por tipo de combustível.

6.3. Emissões de óxido de nitrogênio (NO_x)

O resultado das estimativas de emissões de NO_x demonstram que predominam as emissões oriundas dos veículos do ciclo Diesel, sendo os ônibus urbanos e os caminhões pesados os de maior participação (em 2010, 40% e 29%, respectivamente).

É possível observar, na Figura 33, um crescimento acentuado nas emissões no final da década de 80 que se estendeu até o final da década de 90, quando teve início a fase P4 do PROCONVE. Estima-se, que outra redução significativa ocorra em 2012, com a entrada da fase P7 do PROCONVE, quando o volume total de emissões seja reduzido em 34% de 2011 (52 mil toneladas de NO_x) para 2030 (34 mil toneladas).

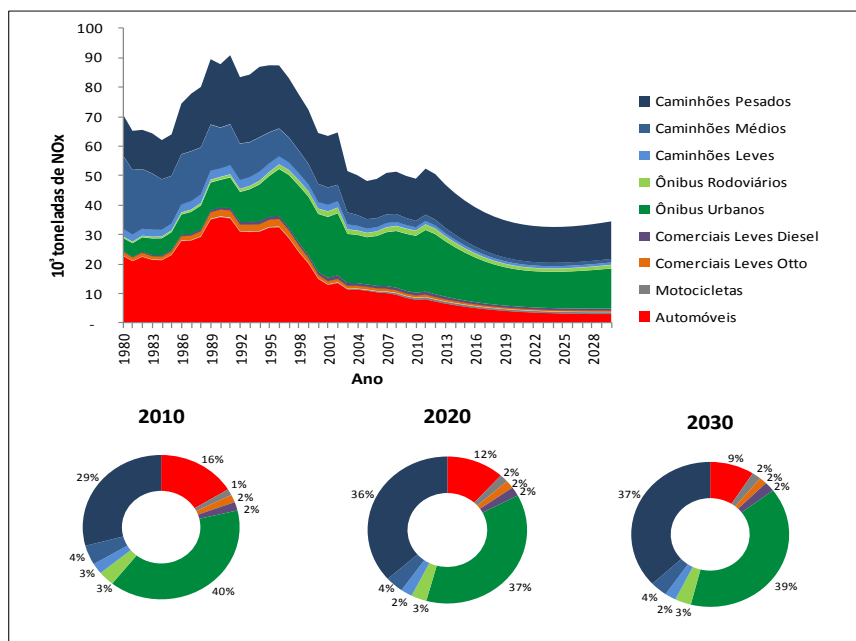


Figura 33: Emissões de NO_x por categoria de veículo.

Quando analisada a participação dos combustíveis (Figura 34) no total das emissões estimadas de NO_x, o diesel se destaca, sendo responsável por 81% das emissões deste poluente em 2010. Para os próximos anos estima-se que a participação do diesel aumente de 81% para 85% e, 2020 e 88% em 2030.

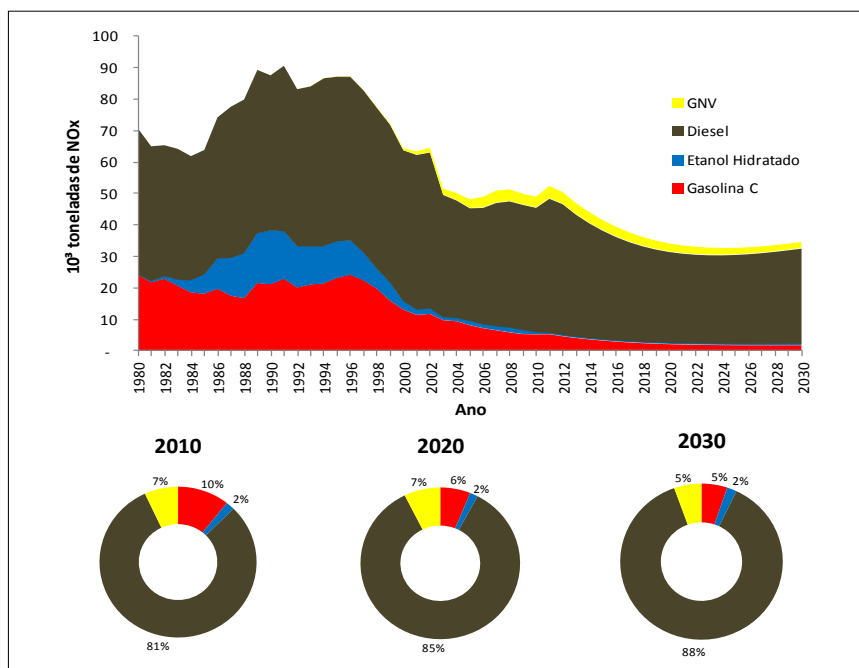


Figura 34: Emissões de NO_x por tipo de combustível.

6.4. Emissões de material particulado (MP)

No que tange as emissões estimadas de MP, destacam-se os veículos pesados. Em 2010, o ônibus urbano contribuiu com 41% e o caminhão pesado a 35% das emissões de MP. Em 2020, estima-se que o caminhão pesado tenha uma maior participação nas emissões de MP do que os ônibus urbanos (38%). Já em 2030, o caminhão pesado e o ônibus urbano quase se igualam em termos de contribuição para as emissões deste poluente (Figura 35).

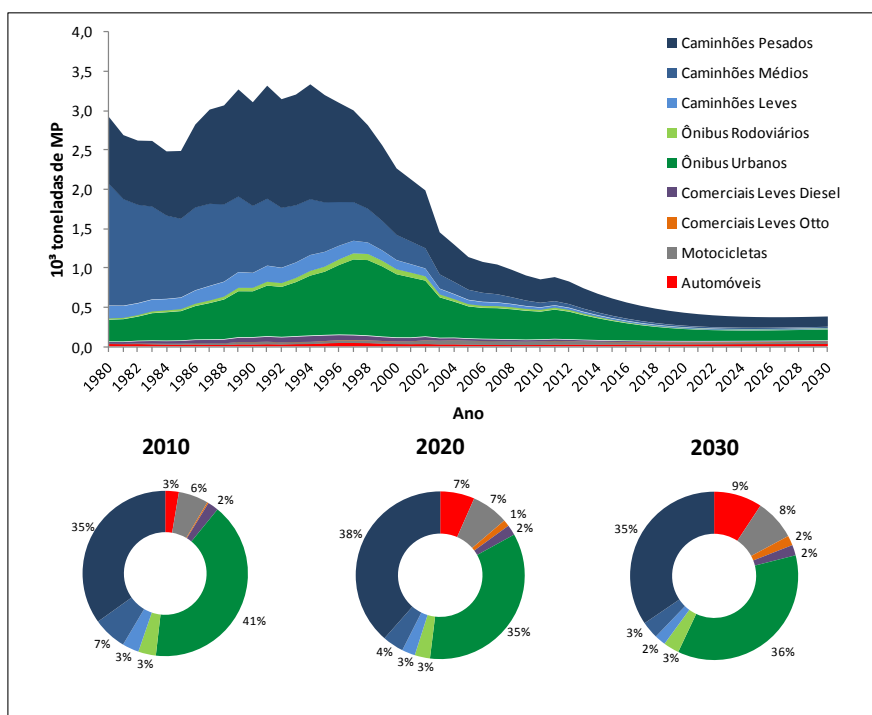


Figura 35: Emissões de MP por categoria de veículo.

Analisando a contribuição dos combustíveis em relação às emissões de MP, verifica-se que, em 2010, 91% do MP emitido pelo setor de transporte rodoviário é proveniente do diesel. Apesar da gasolina C apresentar um crescimento (de 9% em 2010 para 19% em 2030), o diesel continuará sendo o maior responsável pelas emissões de MP (Figura 36).

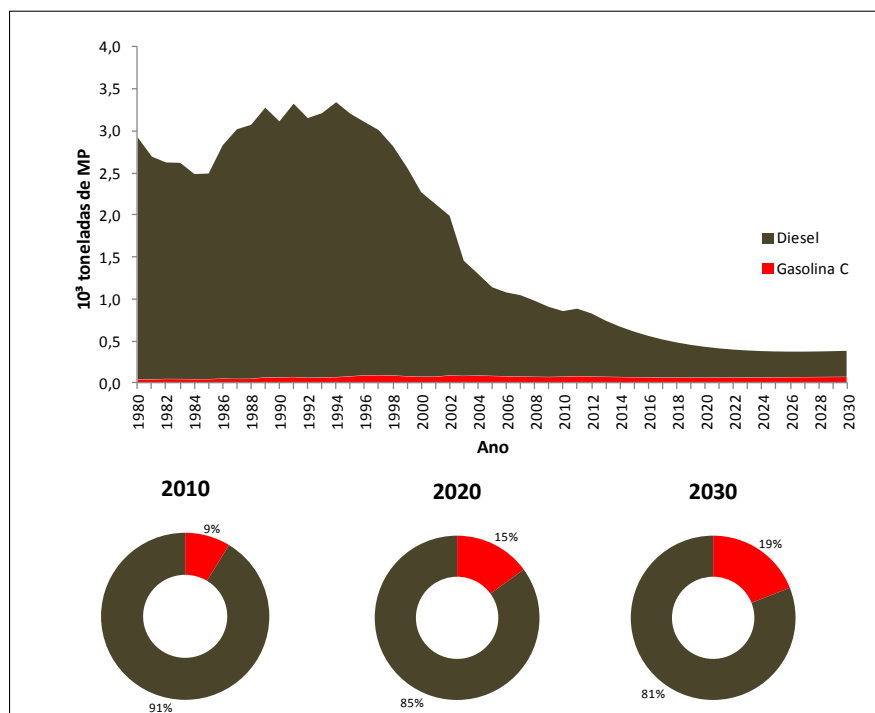


Figura 36: Emissões de MP por tipo de combustível.

6.5. Emissões de aldeídos (RCHO)

Os aldeídos são poluentes característicos dos veículos do ciclo Otto, em particular os movidos a etanol hidratado. Desse modo, pode-se observar que a categoria de maior participação na emissão deste poluente é o automóvel (em média 90%).

Observa-se, na Figura 37, que as emissões de RCHO são crescentes no início da década de 80, chegando ao volume máximo de emissões em 1990 (2.427 toneladas) e caindo em seguida com a introdução das fases L2 do PROCONVE em 1992 (1.944 toneladas de RCHO) e L3 em 1998 (1.270 toneladas).

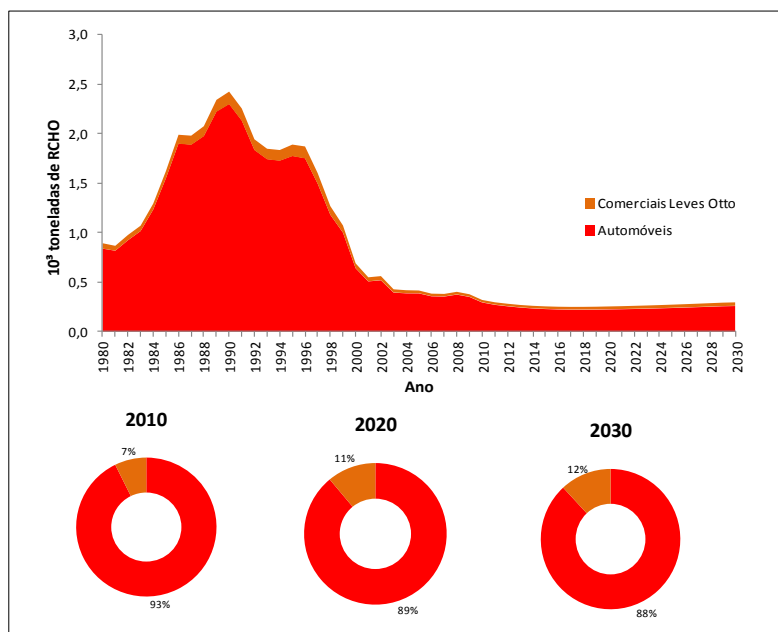


Figura 37: Emissões de RCHO por categoria de veículo.

Ao analisar o impacto dos combustíveis em relação a emissão de RCHO, verifica-se que o etanol hidratado é aquele que apresenta maior participação (53% em 2010 e 68% em 2030). A queda verificada no final da década de 1990 é reflexo da saída dos veículos dedicados a etanol do mercado. Com a introdução dos veículos *flex fuel* a partir de 2003, observa-se um crescimento nas emissões provenientes do etanol hidratado (Figura 38).

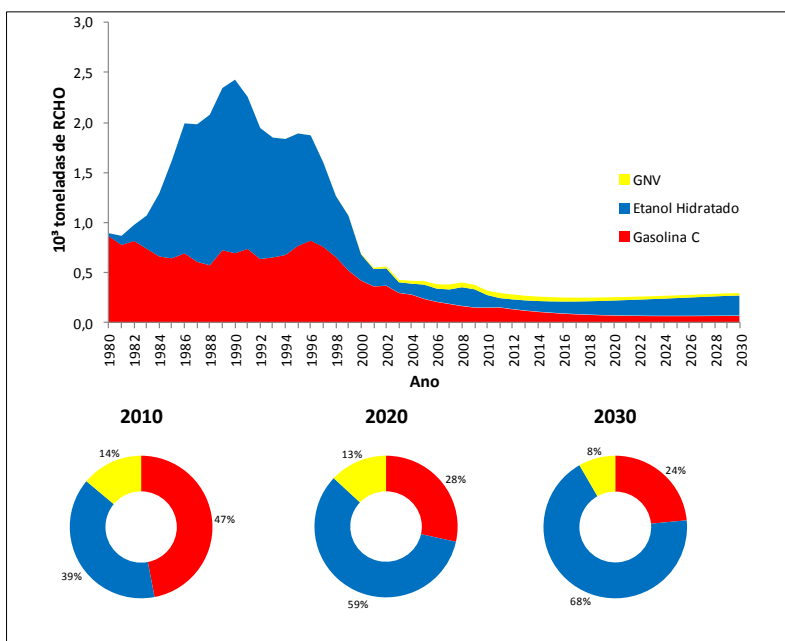


Figura 38: Emissões de RCHO por tipo de combustível.

6.6. Emissões de hidrocarbonetos não metanos (NMHC)

No que tange a contribuição de cada categoria na emissão de NMHC, o Estado do Rio de Janeiro possui comportamento similar ao observado no Brasil, destacando-se o automóvel com maior participação no total de emissões de NMHC (em média 55%). Caminhões e ônibus urbanos, apesar da pequena contribuição têm apresentado crescimento na participação das emissões, tendo evoluído de 5% e 6% em 2010 para 10% e 11% em 2030 (Figura 39).

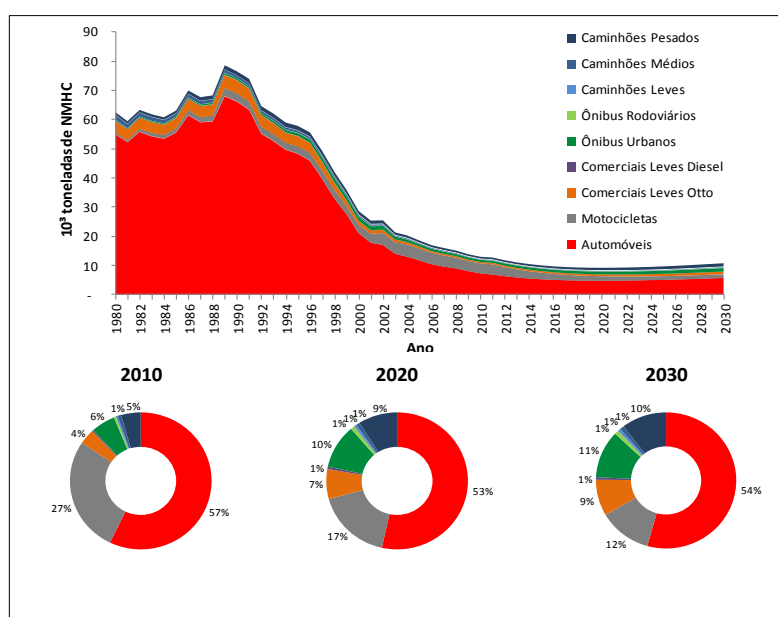


Figura 39: Emissões de NMHC por categoria de veículo.

É possível observar na Figura 40, que como combustíveis que mais se destacam na participação das emissões de NMHC, têm-se a gasolina, que em 2010 representava 73% do total de emissões. No entanto, observa-se uma redução da participação da gasolina C (57% em 2030) e um crescimento do etanol hidratado e do diesel (de 12% cada em 2010 para 17% e 25%, respectivamente).

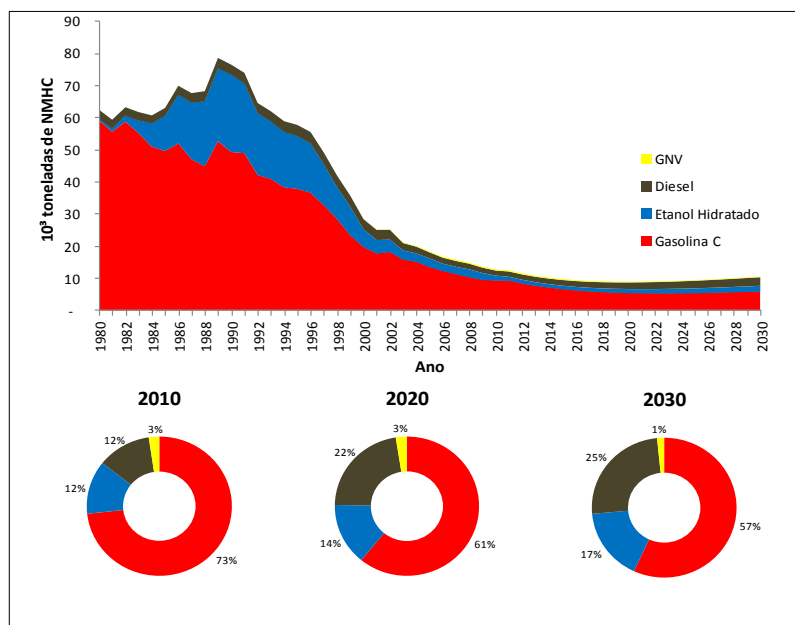


Figura 40: Emissões de NMHC por tipo de combustível.

A Figura 41 apresenta as emissões de NMHC por tipo de emissão, onde é possível verificar a mudança de comportamento da emissão evaporativa e de escapamento ao longo do período analisado.

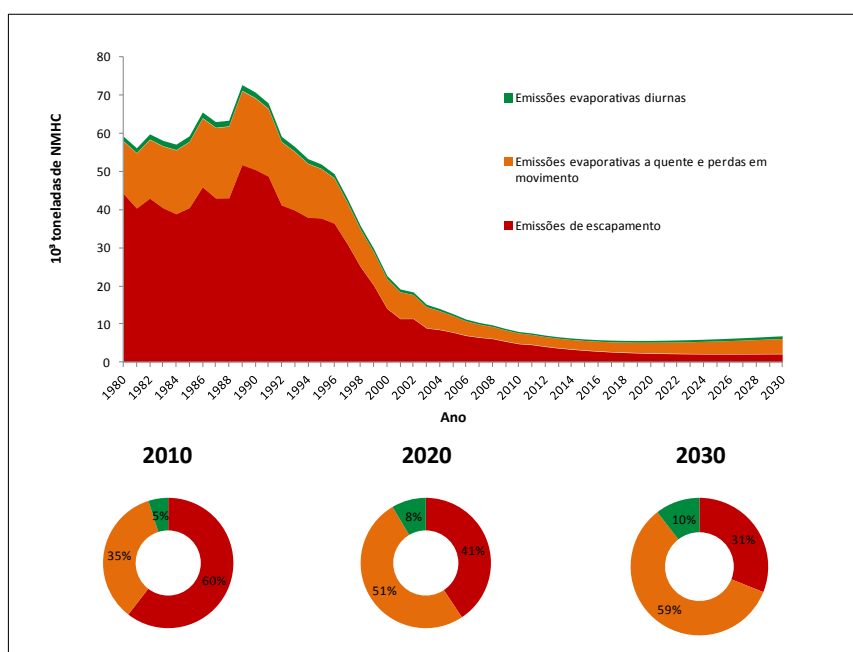


Figura 41: Emissões de NMHC por automóveis e comerciais leves do ciclo Otto por tipo de emissão.

6.7. Emissões de metano (CH₄)

Na Figura 42 é possível observar a contribuição nas emissões por categoria de veículos. O automóvel aparece como a categoria de maior impacto respondendo em média por 74% das emissões.

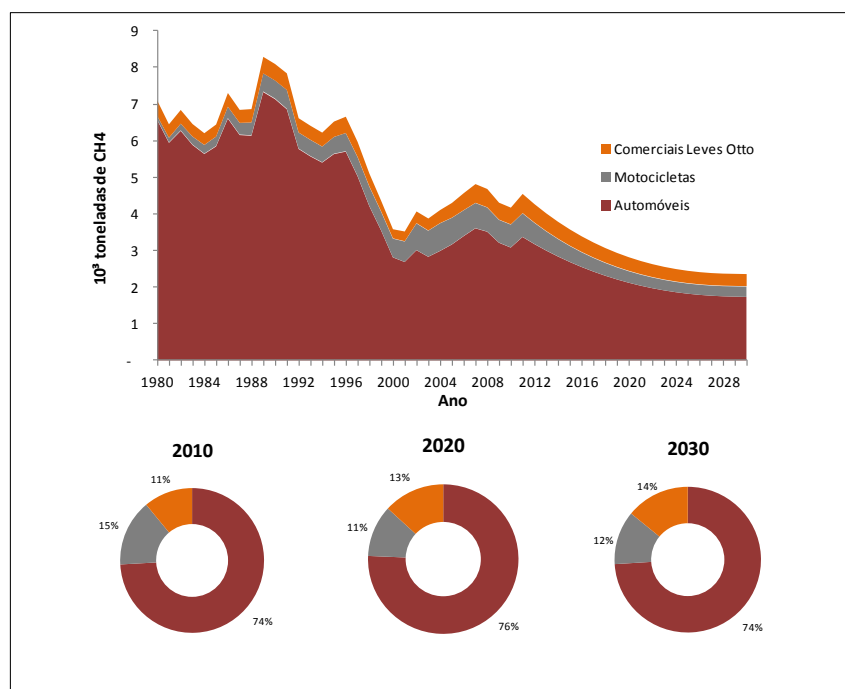


Figura 42: Emissões de CH₄ por categoria de veículo.

Quando avaliado em relação à contribuição dos combustíveis (Figura 43), destaca-se o GNV que representa cerca de 63% das emissões. Esse percentual se comparado ao resultado obtido pelo INEAVAR é maior em cerca de 24%. Isto ocorre devido ao fato da grande representatividade da frota de veículos convertidos a GNV existentes no Rio de Janeiro.

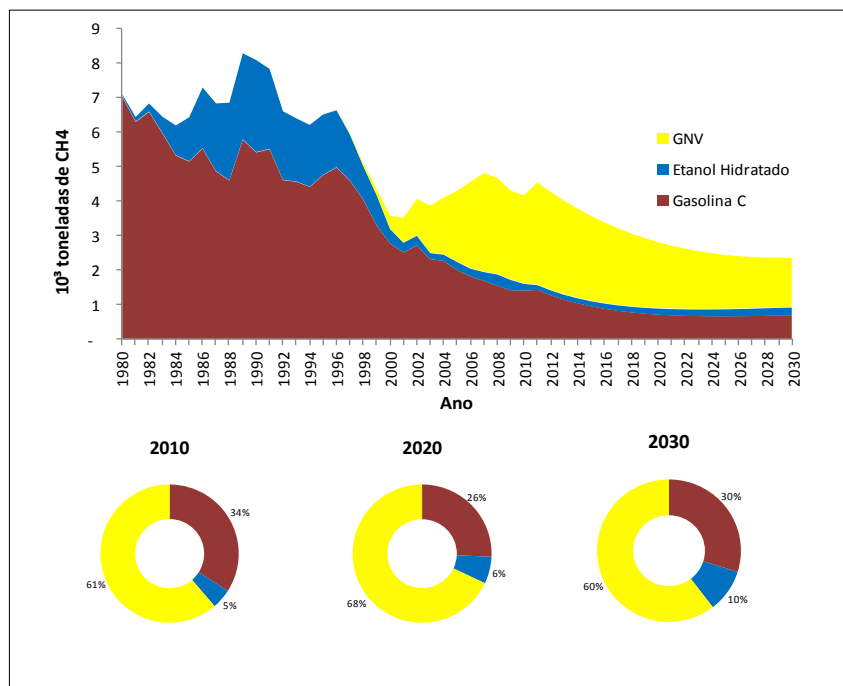


Figura 43: Emissões de CH_4 por tipo de combustível.

6.8. Emissões de dióxido de carbono (CO_2)

No que tange as emissões de CO_2 pode-se verificar que esta tende a ser crescente ao longo do período, sendo as categorias de maior representatividade os automóveis, ônibus urbanos e caminhões pesados (Figura 44).

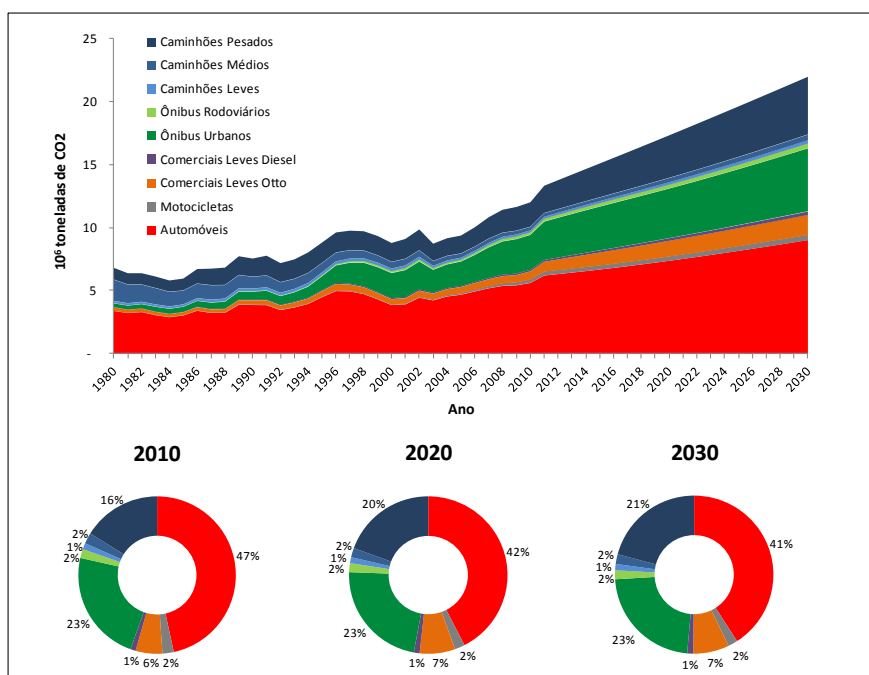


Figura 44: Emissões de CO_2 por categoria de veículo.

Quando avaliado o peso dos combustíveis na emissão de CO₂ (Figura 45), percebe-se que o diesel é o que apresenta maior destaque respondendo por em média 45% das emissões. A gasolina aparece em seguida com cerca de 27% das emissões. Deve-se destacar que, em 2010, 14% das emissões de CO₂ foram provenientes de biocombustíveis, de modo que estas já foram ou serão absorvidas durante a plantação da matéria prima. Estima-se que tal percentual cresça para 18% em 2020 e para 20% em 2030.

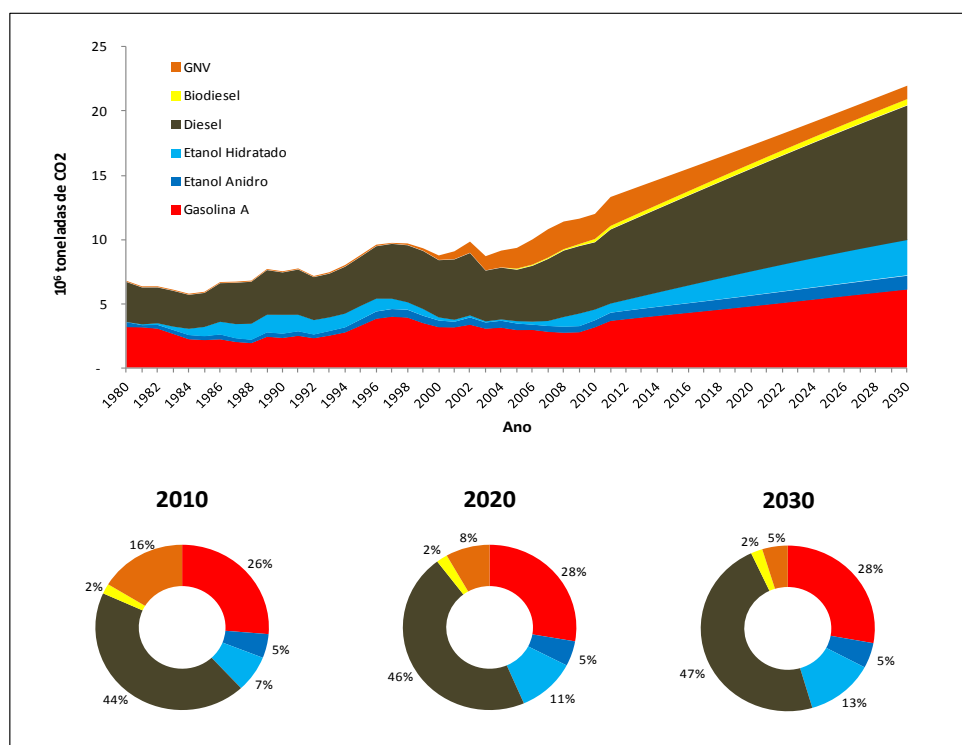


Figura 45: Emissões de CO₂ por tipo de combustível.

7. RECOMENDAÇÕES PARA POLÍTICAS DE TRANSPORTES

O setor de transporte é responsável por grande parte das emissões de gases de efeito estufa e poluentes. Com isso, torna-se um setor potencial para as ações de mitigação previstas nos acordos internacionais e políticas sobre mudanças climáticas, além de medidas de adaptação.

O inventário de emissões constitui um importante instrumento que permite conhecer o estado atual das emissões de poluentes e gases de efeito estufa (no caso do CO₂ e CH₄), elaborar estimativas futuras, e subsidiar políticas públicas voltadas para promover o desenvolvimento de baixo carbono no setor de transporte.

O setor de transporte responde por mais da metade do consumo de combustíveis fósseis no país. No entanto, segundo Banco Mundial (2010) no caso do Brasil este comparado ao de outros países, apresenta intensidade menor de carbono, devido ao amplo uso do

etanol anidro e hidratado como combustível dos veículos do ciclo Otto. Deve considerar ainda, o uso do biodiesel adicionado ao diesel de petróleo. Desse modo, no Estado do Rio de Janeiro este, em 2010, 14% do combustível utilizado pelo setor de transporte foi referente a biocombustíveis.

Ainda segundo o estudo, originaram-se no setor urbano aproximadamente 51% das emissões diretas do setor no ano de 2008, devido ao uso mais intenso de carros particulares, o congestionamento e os sistemas ineficientes de transporte público, especialmente, os que transportam grande quantidade de passageiros/ km, como é o caso de metrô e trem.

O inventário de emissões atmosféricas por veículos automotores permite avaliar o grande desafio que o Estado do Rio de Janeiro deverá enfrentar: o de promover o desenvolvimento, com melhoria da infraestrutura de transportes, reduzindo as emissões de poluentes e gases de efeito estufa.

Neste inventário, verificou-se que o Estado do Rio de Janeiro, em 2010, possuía uma frota de cerca de 3 milhões de veículos, sendo em 2010, 88% referente a transporte individual (automóveis e motocicletas) e apenas 3% ônibus e caminhões.

O setor de transportes é um dos mais complexos para se obter uma redução significativa nas emissões de GEE, dada à multiplicidade de agentes envolvidos e ao ônus político necessário para implantar as mudanças.

Um maior incentivo a transportes públicos, medidas reguladoras do uso do automóvel particular como controle de acesso por meio de taxação ou restrição de vagas, o estímulo ao uso de veículos híbridos (combustível/eletricidade), elétricos *plug-in* e a biocombustíveis, como o aumento da eficiência dos motores, são algumas das recomendações do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC.

De acordo com o Inventário de emissões de gases de efeito estufa do estado do Rio de Janeiro, as emissões totais de energia para o setor de Transportes, por gás de efeito estufa, foi 11.056,1 Gg de CO₂eq, representando cerca de 29% das emissões de energia.

Segundo estudo do Banco Mundial (2010) realizado para o Brasil, no caso do transporte de passageiros, a troca de modos de transportes individuais ou de baixa capacidade, para o Sistema de Trânsito de Ônibus Rápido (Sigla BRT, em inglês) e para o Metrô, associada a medidas de gestão de trânsito, seriam potenciais alternativas para a redução das emissões de poluentes e gases de efeito estufa. No que tange ao transporte de carga, é possível reduzir as emissões de forma significativa através da migração do transporte baseado em rodovias (menor capacidade) para o aquaviário, ferroviário e dutoviário (maior capacidade). Tais estratégias são também aplicáveis ao Estado do Rio de Janeiro,

contudo, caracterizam-se como obstáculos a essa mudança a falta ou inadequada infraestrutura para a transferência intermodal eficiente e a falta de articulação e coordenação entre as esferas de governo.

Ao analisar as possibilidades existentes para o Estado do Rio de Janeiro, deve-se avaliar as opções tecnológicas como o aumento do uso de biocombustível e veículos mais eficientes, além da possibilidade de criar um novo sistema urbano de mobilidade com aumento de transporte de grande capacidade.

A implantação de transporte de alta capacidade em cidades com alta demanda por transporte pode reduzir significativamente os impactos ambientais negativos e outros problemas, entre os quais os seguintes: congestionamentos, conflitos entre circulação de pedestres e veículos, condições precárias de segurança da frota, acidentes, emissão de gases poluentes e de efeito estufa, doenças respiratórias, tempos de viagens, consumo de combustível e deterioração do patrimônio arquitetônico (MOTTA, 2009).

No caso do transporte de passageiro a falta de sistema de transporte de alta capacidade faz com que o uso do carro particular seja cada vez mais intenso, provocando aumento de consumo excessivo tanto por conta da ineficiência do modo, como pelo congestionamento crescente que provoca.

Verificou-se neste estudo que os automóveis convertidos a GNV (a partir de 1992) possuem grande representatividade na frota circulante estimada do Estado do Rio de Janeiro (24%). Cabe considerar que é alta a expectativa da disponibilidade de gás no estado nos próximos anos com a exploração do Pré-sal, com isso, políticas de incentivo ao uso de gás e garantia de competitividade no preço do mercado de combustíveis deverão ser consideradas.

O principal desafio é garantir que os sinais de preço do mercado estejam alinhados ao objetivo de substituir um combustível mais poluente, como é o caso do diesel e gasolina, por combustíveis menos poluentes como o etanol, biodiesel e GNV. Por conta do desequilíbrio dos preços do petróleo, seria necessário um mecanismo financeiro apropriado, de modo a absorver os choques de preços e manter a atratividade do etanol, por exemplo, para os proprietários de veículos.

Mudar o modo de transportes, estímulo o uso de outras fontes de energias mais limpas e renováveis, ao transporte público eficiente, controle de frota, são alguns exemplos de medidas que contribuem para a mitigação no setor de transportes.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS, RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES

Considerando como principal requisito para a elaboração do Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro (IEAVAERJ) a possibilidade de comparar seus resultados com aqueles apresentados pelo Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (INEAVAR) optou-se por adotar para a elaboração do inventário estadual a mesma metodologia utilizada para o inventário nacional – *bottom-up*.

Analisando os dados do estado do Rio de Janeiro e comparando aos dados referentes ao Brasil observa-se que o estado estudado representa cerca de 8% das emissões nacionais. Se forem observados os poluentes separadamente destaca-se o CH₄ com 19% das emissões nacionais. Tal fato se deve a utilização do GNV que é o principal responsável na emissão do poluente em questão.

No Rio de Janeiro os automóveis têm destaque especial nas emissões atmosféricas dado que representam a maior parcela de veículos automotores. Destacam-se no Estado os ônibus urbanos e rodoviários que representam cerca de 10% da frota brasileira e há uma previsão de crescimento nesta participação que deverá chegar a 14% em 2020. Esta é uma constatação que deve ser avaliada, pois pode representar uma política de investimento em transporte público em um modo não tão eficiente quanto o trem ou metrô.

Avaliando-se os resultados das projeções das emissões observa-se a tendência de diminuição dos poluentes com exceção do CO₂ que continuará aumentando até 2030. Este fato pode estar relacionado ao crescimento da economia do país e conseqüentemente ao consumo de combustíveis pelo setor de transportes. Este resultado deve ser avaliado para identificar políticas que adotem modos com maior eficiência energética para reduzir a emissão deste que é o mais importante dos gases de efeito estufa.

No caso do CO₂ destaca-se que a utilização de biocombustíveis vem crescendo, o que pode representar redução na emissão deste gás, pois grande parte dele é absorvido pela cultura de matéria-prima para sua fabricação. Pelas projeções realizadas estima-se que a participação de 14% de emissão de CO₂ por biocombustíveis passará para 20% em 2030. Porém, outras ações e políticas devem ser implementadas para a redução do CO₂ conforme descrito no item 7 deste relatório.

Outro ponto de destaque levantado por este trabalho é com relação a frota de ônibus do estado do Rio de Janeiro que possui uma curva de sucateamento que privilegia a renovação dos veículos, se comparado com a curva nacional e até mesmo de caminhões pesados no mesmo Estado.

Observa-se também um dado que pode influenciar no aumento das emissões que é o crescimento do número de motocicletas no estado. Tal questão pode estar relacionada aos preços e condições de pagamentos que facilitam a compra desses veículos. Aliado a isto existe o fato dos congestionamentos e deficiências no transporte público que incentivam a população a adquirirem tais veículos. No que tange a energia consumida por passageiro, quando comparada ao automóvel a motocicleta possui uma eficiência energética mais baixa, considerando a utilização dos veículos em sua capacidade total

Constatou-se também uma tendência de diminuição da frota de caminhões médios e aumento dos leves e pesados. Isso pode estar relacionado a um melhor perfil de uso da frota de caminhões para transferência de grandes quantidades e maiores distâncias (veículos pesados) e a distribuição de produtos em áreas urbanas com a utilização do caminhão leve. Porém esta situação pode influenciar indiretamente no tráfego das cidades pelo fato de serem introduzidos mais veículos em circulação, o que pode contribuir para o aumento das emissões em um médio e longo prazo.

Outro aspecto que merece destaque é o fato de que 63% da frota de automóveis do estado do Rio de Janeiro possui 10 anos ou menos de uso, o que impacta positivamente nas emissões já que os veículos mais novos possuem sistemas mais eficientes de aproveitamento de energia e contenção de poluentes atmosféricos.

Os veículos *flex* e movidos a GNV vem aumentando também sua participação na frota fluminense melhorando os níveis de emissão de poluentes. Contudo, há uma tendência de redução da frota a GNV segundo os levantamentos e projeções realizadas.

Observam-se também os efeitos do PROCONVE nos resultados das emissões tanto em veículos do ciclo Otto quanto do ciclo Diesel. A cada fase implementada verifica-se reduções significativas nos poluentes e as projeções apontam a mesma tendência.

A principal limitação do levantamento realizado reside na necessidade de obter dados da frota circulante, intensidade de uso e fatores de emissão, por categoria de veículo, tipo de combustível e idade do veículo. Por depender de um procedimento intensivo em dados, sua aplicação prática exige que se procure o melhor conjunto de dados estimados que possam proporcionar os melhores resultados, ao menor custo e dentro do prazo de execução.

Adicionalmente, de modo a adequar os dados disponíveis na base de dados do DETRAN-RJ, a metodologia utiliza dois modelos matemáticos que ajudam a determinar a curva de sucateamento da frota de veículos leves (automóveis e comerciais leves) e pesados (caminhões e ônibus). Esses modelos não representam plenamente a realidade do Estado do Rio de Janeiro sendo a frota circulante utilizada baseada em estimativas.

Em virtude do Estado do Rio de Janeiro possuir uma frota (automóveis movidos a GNV e comerciais leves movidos a GNV) que utiliza gás natural bastante representativa, diferentemente do que foi feito no INEAVAR, adotou-se uma abordagem *bottom-up* para determinação da emissão de poluentes atmosféricos para estas categorias de veículos. No entanto, deve-se ressaltar que tal abordagem é de difícil implementação devido à dificuldade de obter dados consistentes sobre a frota de veículos adaptados para o uso de GNV.

Um outro ponto que merece destaque diz respeito a função de escolha entre os combustíveis, gasolina e etanol, para os usuário de veículos *flex*. Apesar do trabalho utilizar uma metodologia adequada para esta estimativa há um erro inerente ao método que deve ser considerado.

Como recomendação destaca-se a realização periódica deste inventário para comparação da evolução projetada com a observada no decorrer do período avaliado. Para suporte a realização de outros inventários recomenda-se também a atualização periódica das fontes de dados já existentes e criação de outros bancos com informações que permitam identificar melhor a intensidade de uso, dados de frota, fatores de emissão, que são essenciais para a acuracidade das informações e para a qualidade dos resultados.

A elaboração de um programa em parceria com os municípios do estado para a criação de um banco de dados seria importante para a manutenção e monitoramento contínuo das emissões de poluentes pelos veículos automotores. Outra recomendação é a criação de uma sistemática para identificar o efeito que as ações de mitigação propostas a partir dos resultados terão com o decorrer do tempo.

Recomenda-se também que sejam realizados outros inventário que analisem outros poluentes, como por exemplo, SO_x não incluído neste relatório. Também devem ser realizados inventários referentes às emissões relativas aos outros modos de transporte, tanto para carga quanto passageiros.

Com base nesses inventários seria possível projetar cenários que levassem em conta a substituição modal no Estado do Rio de Janeiro e assim gerar mais subsídios para elaboração de políticas benéficas ao meio ambiente.

Entende-se que a realização deste inventário auxilia na identificação de uma lacuna na geração e disponibilidade dos dados e indica para as instituições e órgãos a eles relacionados que tipo de informação deveria estar disponível para aprimorar a elaboração de inventários futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACICLO (2011) Dados referentes a venda de motocicletas. Disponível em http://abraciclo.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=6%3Avendas&catid=6%3Amotocicletas&Itemid=37. Acesso em Ago/2011.
- AMBEV (2011). Dados sobre rendimento e intensidade de uso de caminhões. Comunicação pessoal.
- ANAC (2009). *Anuário do Transporte Aéreo. Dados Estatísticos e Econômicos*. 2ª Edição, Volume Único, Agência Nacional de Aviação Civil, Rio de Janeiro, RJ.
- ANFAVEA (2010) Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, ANFAVEA, São Paulo, SP, p.: 82.
- ANFAVEA (2011) Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, ANFAVEA, São Paulo, SP.
- ANP (2009) Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – 2008, Agência Nacional de Petróleo, RJ, Brasil;
- ANP (2011) Informação sobre venda de combustíveis. Agência Nacional de Petróleo. Disponível em <http://www.anp.gov.br/?pg=58033&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1319909201260>. Acesso em Set/2011.
- ANTAQ (2009). *Anuário Estatístico 2009*. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Disponível na URL <www.antaq.gov.br/portal/anuarios/portuario2009/index.htm> Acessado em maio/2011.
- ANTP (2009). *Sistema de Informações da Mobilidade Urbana Relatório Comparativo 2003-2009*. Associação Nacional dos Transportes Públicos, ANTP, São Paulo, SP.
- ANTT (2009). *Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres – AETT/2009*. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível na URL <www.antt.gov.br/informacoestecnicas/aett/aett_2009/principal.asp>. Acessado em abril/2011.
- ANTT (2010). Relatório Anual 2010. Agência Nacional de Transportes Terrestres.
- BANCO MUNDIAL (2010) Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento / Banco Mundial.
- CACHIOLO, Antonio (2011). Dados sobre rendimento e intensidade de uso de caminhões. Comunicação pessoal.
- CEG (2011) Dados sobre venda de gás e total de veículos convertidos. Comunicação pessoal.
- CENTRAL(2003). Plano Diretor de Transportes Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro - 2002/2003. Companhia Estadual de Engenharia de Transporte e Logística, Rio de Janeiro, RJ.
- CETESB (2011) *Inventário de Emissões dos Gases do Efeito Estufa Associado ao Transporte Rodoviário no Estado de São Paulo*. 1º Relatório de referência do Estado de São Paulo de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa, período de 1990 a 2008. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).
- CHEN, S. H., 1985, Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set. *Fuzzy Sets and Systems*, 17, 113-129.
- D'AGOSTO, M. A. (2004) Análise da Eficiência da Cadeia Energética para as Principais Fontes de Energia Utilizadas em Veículos Rodoviários no Brasil. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

- DETRAN-RJ (2011) Dados sobre veículos cadastrados no Estado do Rio de Janeiro. CD de dados.
- EPE (2007) Potencial de redução de emissões de CO_2 em projetos de produção e uso de biocombustíveis. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília.
- EPE (2010) Balanço Energético Nacional, 2010, Empresa de pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia, DF, Brasil;
- FETRANSPOR (2011) Dados sobre rendimento, intensidade de uso e frota ônibus no Estado do Rio de Janeiro. Comunicação pessoal.
- FIPE (2011) Dados sobre transporte de carga e passageiro. Disponível na URL < <http://www.fipec.org.br/web/index.asp>> Acessado em maio/2011.
- GASNET (2011) Informação sobre número de veículos convertidos por ano. Disponível em http://www.gasnet.com.br/novo_gnv/perfil_gnv_brasil.asp. Acesso em set/2011.
- GOLDEMBERG, José; NIGRO, Francisco E.B.; COELHO, Suani T. (2008) Bioenergia no estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo.
- INEA (2011) Informações disponíveis sobre os limites de emissão do PROCONVE e PROMOT. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/fma/proconve-promot.asp>. Acesso em Out/2011.
- INMET (2011) Dados sobre temperatura mínima, média e máxima no Estado do Rio de Janeiro. Dados fornecidos por email em set/2011.
- Internet: <http://www.mme.gov.br>
- LIANG, G., WANG, M., 1991, A fuzzy multi-criteria decision-making method for facility site selection. Int. j. Prod. Res., vol. 29, nr. 11, p. 2313-2330.
- MCT (2006) 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. Ministério da Ciência e Tecnologia Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE. Brasília, 2006.
- MMA (2010) Primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Relatório Final. Ministério do Meio Ambiente.
- MME, 2006, Balanço Energético Nacional 2006. Ministério de Minas e Energia. Brasil.
- MONTGOMERY, D.C, G.C. RUNGER. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Rio de Janeiro:LTC, 2003.
- MOTTA, R. A. (2009). Benefícios Ambientais em Decorência da Implantação de Sistemas de Transporte Rápido e de Alta Capacidade de ônibus - O Caso do Transmilênio. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
- RECHDER, Heraldo e FONSECA, Wagner (2003) Como evoluíram os caminhões. Transporte Moderno, ano 40, n. 403, abril/maio, OTM Editora, Ltda, São Paulo, SP, p.: 30-31.

Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 1 de novembro de 2011

Luiz Pinguelli Rosa
Coordenador do Projeto

Segen Farid Estefen
Diretor Superintendente da Fundação COPPETEC

ANEXO I – VEÍCULOS CADASTRADOS NO DETRAN-RJ.

Conforme solicitação realizada pela equipe responsável pela elaboração do inventário de emissões atmosféricas por veículos automotores do Estado do Rio de Janeiro, o DETRAN-RJ disponibilizou os dados referentes aos veículos cadastrados em seu banco de dados até o mês de agosto de 2011. A tabela 16 mostra os dezesseis tipos de informações disponibilizados para cada veículo existente no banco de dados fornecido.

Tabela 16: Informações do banco de dados do DETRAN-RJ.

ITEM	INFORMAÇÃO	OBSERVAÇÃO
1	Município de emplacamento	92 municípios estão cadastrados como opção de emplacamento.
2	Ano de fabricação	Informação em ano, por exemplo, 1980.
3	Ano modelo	Idem ao item 2.
4	Tipo	Opções: ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo, automóvel, microônibus, ônibus, reboque, semi-reboque, camioneta, caminhão, caminhão trator, trator de rodas, trator de esteiras, trator misto, quadriciclo, chassi plataforma, caminhonete, side car, utilitário e motor casa.
5	Espécie	Opções: passageiro, carga, misto, competição, tração animal, especial e coleção.
6	Categoria	Opções: particular, aluguel, oficial, experiência, aprendizagem, fabricante, missão diplomática, corpo consular, organismo internacional, corpo diplomático, representante de órgão internacional, assistente de cooperativa internacional.
7	Marca/Modelo	Existem 23051 opções de marca/modelo.
8	Combustível	Opções: álcool, gasolina, diesel, gasogênio, gás metano, elétrico de fonte interna, elétrico de fonte externa, gasolina + Gmv, álcool + Gmv, diesel + Gmv, Gasolina + Gnv, Álcool + Gnv, Diesel + Gnv, Gnv, álcool+gasolina (Flex), álcool + gasolina (flex) + Gnv e não motorizado.
9	Capacidade de passageiros	Informação apresentada em um dado numérico de 3 dígitos.
10	Capacidade de carga	Informação apresentada em um dado numérico de 5 dígitos.
11	Potência (HP)	Informação apresentada em um dado numérico de 3 dígitos.
12	Cilindrada	Informação apresentada em um dado numérico de 4 dígitos.
13	PBT	Informação apresentada em um dado numérico de 6 dígitos.
14	Carroceria	Existem 32 tipos de carrocerias cadastradas.
15	Data do 1º emplacamento	Informação apresentada em um dado numérico de 8 dígitos. (ddmmaaaa, por exemplo: 16051978)
16	Data da transferência (se existir)	Idem ao item 15.

Fonte: Banco de dados do DETRAN-RJ utilizado na pesquisa.

Em relação ao ano de fabricação, o banco de dados do DETRAN-RJ possui veículos cadastrados do ano de 1900 até 2011. No entanto, visando seguir a metodologia adotada pelo 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (INEAVAR), o qual considerou as vendas de veículos com ano de fabricação a partir de 1957, provenientes da base de dados da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), adotou-se para a elaboração deste estudo este mesmo ano, sendo considerado como início da série histórica de veículos cadastrados no DETRAN-RJ.

Os veículos de ano de fabricação 2011 ainda não estão representados em sua totalidade, uma vez que o banco de dados é referente aos veículos cadastrados até agosto de 2011. Sendo assim, optou-se por utilizar como final da série histórica o ano de 2010. Os veículos foram classificados em dezessete tipos diferentes e estão apresentados na tabela 17, onde consta as referências do banco de dados do DETRAN-RJ. Dos dezessete tipos foram excluídos seis devido à pequena representatividade em relação ao total.

Tabela 17: Tipos de veículos utilizados e descartados na pesquisa.

VEÍCULOS	CARACTERÍSTICAS NO BANCO DE DADOS DO DETRAN-RJ		
	TIPO	COMBUSTÍVEL	OBSERVAÇÃO
Automóveis gasolina	Automóvel.	Gasolina, Gasolina + Gmv, Gasolina + Gnv.	Utilizado.
Automóveis etanol	Automóvel.	Etanol, Etanol + Gnv.	Utilizado.
Automóveis flex	Automóvel.	álcool+gasolina (Flex), álcool + gasolina (flex) + Gnv.	Utilizado.
Automóveis diesel	Automóvel.	Diesel e Diesel + Gnv.	Descartado
Comerciais leves gasolina	Camioneta, caminhonete e utilitário.	Gasolina, Gasolina + Gmv, Gasolina + Gnv.	Utilizado.
Comerciais leves etanol	Camioneta, caminhonete e utilitário.	Etanol, Etanol + Gnv.	Utilizado.
Comerciais leves flex	Camioneta, caminhonete e utilitário.	álcool+gasolina (Flex), álcool + gasolina (flex) + Gnv.	Utilizado.
Comerciais leves diesel	Camioneta, caminhonete e utilitário.	Diesel.	Utilizado.
Caminhões gasolina	Caminhão, caminhão trator.	Gasolina, Gasolina + Gnv.	Descartado
Caminhões etanol	Caminhão, caminhão trator.	Etanol, Etanol + Gnv.	Descartado
Caminhões diesel	Caminhão, caminhão trator.	Diesel.	Utilizado.
Ônibus gasolina	Ônibus e microônibus.	Gasolina, Gasolina + Gmv, Gasolina + Gnv.	Descartado
Ônibus etanol	Ônibus e microônibus.	Etanol, Etanol + Gnv.	Descartado
Ônibus flex	Ônibus e microônibus.	álcool+gasolina (Flex), álcool + gasolina (flex) + Gnv.	Descartado
Ônibus diesel	Ônibus e microônibus.	Diesel.	Utilizado.
Motocicletas gasolina	Ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo e quadriciclo.	Gasolina.	Utilizado.
Motocicletas flex	Ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo e quadriciclo.	álcool+gasolina (Flex).	Utilizado.

A tabela 18 mostra o total de veículos anteriores a 1957 não considerados no estudo por tipo e combustível que representa apenas 0,074% da frota total.

Tabela 18: Quantidade de veículos com ano de fabricação anteriores a 1957.

VEÍCULOS	COMBUSTÍVEL				Total
	Gasolina	Etanol	Flex	Diesel	
Automóveis	2.569	23	-	42	2.634
Comercial leve	462	6	-	28	496
Caminhão	273	1	-	160	434
Ônibus	1	-	-	7	8
Motocicleta	180	-	-	-	180
Total	3.485	30	-	237	3.752

A tabela 19 mostra o total de veículos com ano de fabricação 2011 que constam na base de dados do DETRAN-RJ e que foram considerados no estudo como parte da projeção da frota para o ano de 2011⁵.

Tabela 19: Quantidade de veículos com ano de fabricação 2011.

VEÍCULOS	COMBUSTÍVEL				Total
	Gasolina	Etanol	Flex	Diesel	
Automóveis	7.286	1	88.134	-	95.421
Comercial leve	5.390	-	11.112	3.081	19.583
Caminhão	-	-	-	3.338	3.338
Ônibus	-	-	90 ⁽¹⁾	3.375	3.465
Motocicleta	20.386	-	12.217	-	32.603
Total	33.062	1	111.553	9.794	154.410

Nota: (1) Não foi possível identificar o que seria um ônibus “flex”. Para todos os efeitos, estes veículos, quando existiram foram excluídos em função da baixa representatividade da sua quantidade.

A tabela 20 mostra o total de veículos com ano de fabricação entre 1957 e 2010.

⁵ Uma vez que Inventário de Emissões Atmosféricas de Veículos automotores do Estado do Rio de Janeiro considera 2010 como o ano final de coleta de dados, a frota de 2011 foi estimada, sendo que os valores estimados consideram a parcela de veículos já existente pra este ano.

Tabela 20: Quantidade de veículos com ano de fabricação entre 1957 e 2010.

VEÍCULOS	COMBUSTÍVEL				Total
	Gasolina	Etanol	Flex	Diesel	
Automóveis	2.342.726	440.422	863.199	1.290	3.647.637
Comercial leve	269.327	26.367	79.872	66.668	442.234
Caminhão	3.744	167	-	132.917	136.828
Ônibus	2.647	39	1.914	64.964	69.564
Motocicleta	732.024	-	20.690	-	752.714
Total	3.350.468	466.995	965.675	265.839	5.048.977

Conforme apresentado na tabela 16, dos dados resultantes da tabela 20, optou-se por excluir ainda, os caminhões a gasolina, caminhões a etanol, ônibus a gasolina, ônibus a etanol, ônibus *flex* e automóveis diesel. A eliminação destes veículos foi realizada devido a pouca representatividade (0,19% do total de veículos considerados), como verificado na tabela 22, em relação ao total e a não possuírem fatores de emissões específicos. Logo, a tabela 21 apresenta o total de veículos utilizados para o cálculo das emissões.

Tabela 21: Quantidade de veículos utilizados na pesquisa por tipo e combustível.

VEÍCULOS	COMBUSTÍVEL				Total
	Gasolina	Etanol	Flex	Diesel	
Automóveis	2.342.726	440.422	863.199	-	3.646.347
Comercial leve	269.327	26.367	79.872	66.668	442.234
Caminhão	-	-	-	132.917	132.917
Ônibus	-	-	-	64.964	64.964
Motocicleta	732.024	-	20.690	-	752.714
Total	3.344.077	466.789	963.761	264.549	5.039.176

A tabela 22 mostra o percentual dos dados utilizados em relação ao banco de dados do DETRAN-RJ para os veículos com ano de fabricação até 2010. Observa-se que em todos os dados está sendo utilizado um valor maior do que 99% do total cadastrado no banco de dados após os cortes realizados.

Tabela 22: Percentual utilizado em relação ao banco de dados original do DETRAN-RJ com ano de fabricação até 2010.

VEÍCULOS	COMBUSTÍVEL				Total
	Gasolina	Etanol	Flex	Diesel	
Automóveis	99,89%	99,99%	100,00%	0,00%	99,89%
Comercial leve	99,83%	99,98%	100,00%	99,96%	99,89%
Caminhão	0,00%	0,00%		99,88%	96,83%
Ônibus	0,00%	0,00%	0,00%	99,99%	93,38%
Motocicleta	99,98%		100,00%		99,98%
Total	99,71%	99,95%	99,80%	99,43%	99,73%

A tabela 23 e 24 apresentam o número de veículos cadastrados no DETRAN-RJ por ano de fabricação por tipo de combustível respectivamente após a exclusão de dados conforme apresentado anteriormente. Para a montagem destas últimas tabelas de dados ainda foram descartados: os automóveis *flex* (132 veículos) e veículos comerciais leves *flex* (32 veículos) com ano de fabricação anterior a 2003, pela sua pouca significância em relação a frota total (0,004% da frota de automóveis e comerciais leves) e pelo fato de representarem um aparente engano de classificação, visto que os veículos *flexible-fuel* somente começaram a ser comercializados em 2003.

Tabela 23: Automóveis, comerciais leves e motocicletas por ano de fabricação e tipo de combustível considerados - base do DETRAN-RJ.

ANO	AUTOMÓVEIS			COMERCIAIS LEVES				MOTOCICLETAS	
	GASOLINA	ETANOL	FLEX FUEL	GASOLINA	ETANOL	FLEX FUEL	DIESEL	GASOLINA	FLEX FLUEL
1957	283	0	0	74	0	0	7	36	-
1958	250	0	0	76	0	0	6	33	-
1959	614	0	0	140	0	0	9	46	-
1960	1.341	0	0	202	0	0	4	46	-
1961	2.297	0	0	243	0	0	15	65	-
1962	3.425	0	0	319	0	0	22	66	-
1963	3.811	0	0	335	0	0	21	47	-
1964	5.333	0	0	396	0	0	55	37	-
1965	6.084	0	0	379	0	0	52	36	-
1966	8.781	0	0	503	0	0	35	33	-
1967	10.681	0	0	630	0	0	51	41	-
1968	16.062	0	0	842	0	0	69	84	-
1969	15.376	0	0	842	0	0	107	97	-
1970	19.919	3	0	1.037	0	0	85	130	-
1971	21.232	0	0	1.157	0	0	82	231	-
1972	32.113	0	0	1.834	0	0	160	336	-
1973	34.109	2	0	2.395	11	0	190	726	-
1974	46.602	0	0	3.254	0	0	277	1.405	-
1975	47.926	167	0	3.491	15	0	207	674	-
1976	56.817	208	0	5.545	28	0	275	803	-
1977	56.845	317	0	4.316	72	0	323	1.788	-
1978	75.294	460	0	4.400	103	0	383	1.807	-
1979	72.497	646	0	4.068	88	0	640	3.858	-
1980	66.183	6.983	0	3.294	229	0	707	7.196	-
1981	36.124	12.748	0	1.729	271	0	851	8.380	-
1982	48.591	10.405	0	2.511	771	0	1.236	11.791	-
1983	25.845	46.633	0	1.872	1.386	0	776	12.606	-
1984	7.898	47.370	0	1.352	1.856	0	753	7.092	-
1985	7.691	54.773	0	1.420	2.396	0	767	6.710	-
1986	10.897	65.978	0	1.638	3.303	0	942	8.547	-
1987	6.072	42.054	0	1.443	3.372	0	899	9.577	-
1988	9.930	53.351	0	2.034	3.637	0	1.047	9.770	-
1989	28.415	35.473	0	3.038	2.445	0	1.258	8.484	-
1990	52.775	6.422	0	5.950	509	0	1.094	6.702	-
1991	53.177	11.477	0	5.788	945	0	1.164	4.913	-
1992	51.743	11.838	0	5.245	1.314	0	744	2.511	-
1993	74.411	15.224	0	7.513	1.804	0	1.407	3.050	-
1994	92.955	6.912	0	8.867	961	0	1.352	4.792	-
1995	129.834	1.805	0	14.856	444	0	2.044	8.914	-
1996	130.538	261	0	18.430	71	0	920	11.675	-
1997	138.938	58	0	18.788	21	0	1.610	16.422	-
1998	117.405	52	0	12.984	5	0	2.219	17.379	-
1999	95.699	217	0	8.981	20	0	1.923	17.006	-
2000	107.283	1.360	0	11.619	31	0	2.975	23.933	-
2001	115.279	1.814	0	10.806	60	0	3.455	31.123	-
2002	108.408	2.405	0	10.109	67	0	2.142	35.182	-
2003	86.307	1.426	2.490	8.293	54	369	1.731	32.521	-
2004	80.129	919	24.922	9.691	37	2.051	2.560	34.738	-
2005	43.964	591	64.804	8.757	41	4.803	2.715	38.182	-
2006	21.535	57	102.139	5.166	0	9.192	2.934	50.383	-
2007	16.436	7	137.388	5.827	0	12.686	3.941	82.856	-
2008	13.837	5	157.988	9.300	0	14.481	5.304	106.787	1
2009	11.522	1	185.153	9.970	0	16.263	4.961	47.481	7.214
2010	15.213	0	188.183	15.578	0	20.006	7.162	52.896	13.475

Tabela 24: Caminhões e ônibus por ano de fabricação e tipo de combustível considerados - base do DETRAN-RJ.

ANO	CAMINHÃO	ÔNIBUS
	DIESEL	DIESEL
1957	125	5
1958	236	4
1959	339	1
1960	349	9
1961	305	6
1962	476	7
1963	364	1
1964	400	7
1965	455	11
1966	675	10
1967	958	29
1968	1.287	24
1969	1.556	35
1970	1.425	32
1971	1.355	48
1972	1.974	51
1973	2.685	91
1974	3.186	151
1975	3.327	146
1976	3.494	272
1977	4.675	263
1978	4.718	317
1979	3.589	362
1980	3.119	446
1981	2.742	387
1982	2.192	518
1983	1.770	566
1984	1.516	397
1985	2.528	334
1986	3.521	469
1987	2.833	476
1988	2.566	823
1989	2.183	685
1990	1.878	446
1991	2.029	536
1992	1.132	458
1993	1.521	752
1994	1.933	1.067
1995	4.127	2.732
1996	2.221	2.416
1997	2.862	2.649
1998	2.940	2.335
1999	2.231	1.352
2000	2.765	2.299
2001	3.103	2.002
2002	3.028	1.950
2003	2.655	2.380
2004	3.249	3.393
2005	3.556	3.426
2006	3.404	3.656
2007	4.861	4.776
2008	6.564	6.933
2009	5.801	5.297
2010	8.134	7.126

ANEXO II – ESTIMATIVA DE LICENCIAMENTO DE VEÍCULOS NOVOS NO RIO DE JANEIRO POR MEIO DOS DADOS DA ANFAVEA

Os dados obtidos do DETRAN-RJ representam o cadastro de veículos ativos – aqueles que foram introduzidos no cadastro por terem sido vendidos no Rio de Janeiro (1ª licença) ou transferidos de outros estados para o Rio de Janeiro menos os que foram retirados do cadastro por baixa ou por transferência para outros estados.

Assim sendo, é necessário verificar se os dados do cadastro do DETRAN-RJ representam uma boa estimativa da entrada de veículos na frota do estado do Rio de Janeiro. Isso pode ser feito comparando-se os dados do cadastro do DETRAN-RJ com as estimativas de vendas de veículos para o estado do Rio de Janeiro por meio dos dados disponibilizados pela ANFAVEA e pela ABRACICLO, o que será feito no Anexo IV, a partir dos resultados obtidos no Anexo II e III.

No anuário da ANFAVEA do ano de 2011 (ANFAVEA, 2011), encontram-se os dados de licenciamento de veículo novos por combustível no Brasil do ano de 1957 até 2010. **A tabela 25 apresenta os dados para automóveis e comerciais leves e a tabela 26 para caminhões e ônibus.**

O licenciamento de veículos novos no estado do Rio de Janeiro foi estimado de acordo com a Equação AII.1.

$$L_{i,j,t}^{RJ} = L_{i,j,t}^{BR} \cdot V_{i,j}^{RJ} \quad \text{AII.1}$$

Onde: $L_{i,j,t}^{RJ}$: Licenciamento de veículos novos no estado do Rio de Janeiro para no ano i e veículo j;

$L_{i,j,t}^{BR}$: Licenciamento de veículos novos no Brasil para no ano i e veículo j;

$V_{i,j}^{RJ}$: Percentual de vendas de veículos novos no estado do Rio de Janeiro para o ano i e veículo j;

j: automóvel, comerciais leves, caminhão ou ônibus;

t: gasolina, etanol, *flex* ou diesel.

Só se dispunha do valor dos percentuais de vendas de veículos novos no estado do Rio de Janeiro para o período de 1985 a 2010 e por tipo de veículo, não se dispunha deste percentual por tipo de veículo e combustível, logo foi adotado um valor único por tipo de veículo por ano conforme apresentado na equação AII.1. A tabela 27 apresenta os percentuais encontrados para os anos em que estavam disponíveis as informações nos anuários da ANFAVEA. Para os anos anteriores a 1985 foi considerado o mesmo percentual referente a este ano e para os anos de 1991 e 1992 foi feita uma interpolação com os valores dos anos de 1990 e 1993.

A tabela 28 apresenta o valor estimado do licenciamento anual de automóveis e veículos novos no estado do Rio de Janeiro e a tabela 29 para caminhões e ônibus.

Tabela 25: Licenciamento de automóveis e comerciais leves novos por combustível – 1957/2010 no Brasil.

ANO	AUTOMÓVEIS				COMERCIAIS LEVES				AUTOVEÍCULOS LEVES			
	Gasolina	Etanol	Flex fuel	Diesel	Gasolina	Etanol	Flex fuel	Diesel	Gasolina	Etanol	Flex fuel	Diesel
1957	1.172	0	0	0	9.838	0	0	0	11.010	0	0	0
1958	3.682	0	0	0	26.527	0	0	0	30.209	0	0	0
1959	14.371	0	0	0	41.522	0	0	466	55.893	0	0	466
1960	40.980	0	0	0	48.207	0	0	310	89.187	0	0	310
1961	60.132	0	0	0	55.322	0	0	4	115.454	0	0	4
1962	83.541	0	0	0	66.530	0	0	538	150.071	0	0	538
1963	94.619	0	0	0	53.695	0	0	1.489	148.314	0	0	1.489
1964	103.427	0	0	0	51.458	0	0	2.222	154.885	0	0	2.222
1965	114.882	0	0	0	46.786	0	0	979	161.668	0	0	979
1966	127.865	0	0	0	58.673	0	0	859	186.538	0	0	859
1967	139.211	0	0	0	54.656	0	0	648	193.867	0	0	648
1968	164.341	0	0	0	65.893	0	0	921	230.234	0	0	921
1969	241.542	0	0	0	61.977	0	0	914	303.519	0	0	914
1970	308.024	0	0	0	65.801	0	0	589	373.825	0	0	589
1971	395.266	0	0	0	71.874	0	0	504	467.140	0	0	504
1972	457.124	0	0	0	89.143	0	0	589	546.267	0	0	589
1973	557.692	0	0	0	105.745	0	0	573	663.437	0	0	573
1974	639.668	0	0	0	116.280	0	0	545	755.948	0	0	545
1975	661.332	0	0	0	117.588	0	0	726	778.920	0	0	726
1976	695.207	0	0	0	113.522	0	0	1.449	808.729	0	0	1.449
1977	678.824	0	0	0	69.247	0	0	2.614	748.071	0	0	2.614
1978	797.942	0	0	0	79.353	0	0	4.315	877.295	0	0	4.315
1979	826.462	2.271	0	0	79.244	843	0	15.870	905.706	3.114	0	15.870
1980	566.676	226.352	0	0	59.791	14.291	0	19.686	626.467	240.643	0	19.686
1981	318.929	128.679	0	0	25.538	7.563	0	34.899	344.467	136.242	0	34.899
1982	344.468	211.761	0	0	20.966	20.814	0	43.983	365.434	232.575	0	43.983
1983	70.098	538.401	0	0	8.520	40.927	0	28.638	78.618	579.328	0	28.638
1984	28.670	503.565	0	0	4.812	61.971	0	29.183	33.482	565.536	0	29.183
1985	23.892	578.177	0	0	4.763	67.374	0	26.169	28.655	645.551	0	26.169
1986	53.094	619.290	0	0	8.822	77.759	0	27.421	61.916	697.049	0	27.421
1987	23.084	387.176	0	0	8.106	71.507	0	23.759	31.190	458.683	0	23.759
1988	64.734	492.010	0	0	12.578	74.472	0	36.042	77.312	566.482	0	36.042
1989	220.984	345.598	0	0	39.837	53.931	0	43.612	260.821	399.529	0	43.612
1990	462.585	70.250	0	71	80.270	11.746	0	36.415	542.855	81.996	0	36.486
1991	468.462	129.139	0	291	77.796	21.843	0	34.913	546.258	150.982	0	35.204
1992	431.635	164.840	0	489	67.292	30.663	0	29.732	498.927	195.503	0	30.221
1993	675.403	227.289	0	1.136	89.195	36.946	0	51.417	764.598	264.235	0	52.553
1994	1.007.462	119.203	0	1.008	120.023	22.631	0	60.132	1.127.485	141.834	0	61.140
1995	1.374.265	32.808	0	0	183.409	7.898	0	53.898	1.557.674	40.706	0	53.898
1996	1.399.212	6.333	0	0	222.756	1.314	0	43.521	1.621.968	7.647	0	43.521
1997	1.568.803	924	0	0	232.885	196	0	70.857	1.801.688	1.120	0	70.857
1998	1.210.904	981	0	0	177.830	243	0	76.465	1.388.734	1.224	0	76.465
1999	1.001.996	9.851	0	0	120.233	1.096	0	62.433	1.122.229	10.947	0	62.433
2000	1.167.164	9.610	0	0	143.315	682	0	83.062	1.310.479	10.292	0	83.062
2001	1.280.117	14.979	0	0	132.303	3.356	0	80.432	1.412.420	18.335	0	80.432
2002	1.181.780	47.366	0	0	102.183	8.595	0	64.341	1.283.963	55.961	0	64.341
2003	1.046.474	33.034	39.095	0	105.989	3.346	9.083	54.729	1.152.463	36.380	48.178	54.729
2004	967.235	49.801	278.764	0	110.710	1.149	49.615	66.247	1.077.945	50.950	328.379	66.247
2005	609.903	30.904	728.375	0	87.130	1.453	83.729	77.453	697.033	32.357	812.104	77.453
2006	260.824	1.650	1.293.746	0	55.737	213	136.588	82.954	316.561	1.863	1.430.334	82.954
2007	186.554	88	1.788.876	0	59.106	19	214.214	92.175	245.660	107	2.003.090	92.175
2008	127.896	68	2.065.313	0	89.125	16	263.934	124.639	217.021	84	2.329.247	124.639
2009	113.283	58	2.361.423	0	108.449	12	290.875	134.642	221.732	70	2.652.298	134.642
2010	132.114	44	2.512.546	0	148.610	6	363.627	172.001	280.724	50	2.876.173	172.001

Tabela 26: Licenciamento de caminhões e ônibus novos por combustível – 1957/2010 no Brasil.

ANO	CAMINHÕES			ÔNIBUS		
	Gasolina	Etanol	Diesel	Gasolina	Etanol	Diesel
1957	9.957	0	8.106	0	0	1.904
1958	16.071	0	11.313	0	0	3.333
1959	27.111	0	10.100	329	0	2.830
1960	28.311	0	9.742	527	0	3.422
1961	20.575	0	5.714	200	0	2.850
1962	28.791	0	7.403	156	0	3.193
1963	15.559	0	5.977	121	0	2.299
1964	15.692	0	5.482	71	0	2.553
1965	15.692	0	6.759	29	0	2.927
1966	20.213	0	10.334	23	0	3.609
1967	17.602	0	10.007	23	0	4.765
1968	25.400	0	15.058	7	0	6.995
1969	22.558	0	16.875	6	0	5.621
1970	17.067	0	21.100	23	0	4.100
1971	15.872	0	21.771	32	0	4.304
1972	19.901	0	30.441	17	0	4.205
1973	25.888	0	38.930	67	0	6.333
1974	29.385	0	42.048	97	0	7.070
1975	16.350	0	53.551	151	0	8.780
1976	8.209	0	66.762	14	0	10.972
1977	1.874	0	88.373	26	0	12.012
1978	519	0	78.372	2	0	11.859
1979	1.174	6	77.526	5	0	11.524
1980	583	0	81.350	0	0	11.532
1981	61	1.058	54.819	1	7	9.171
1982	121	919	40.217	0	3	8.042
1983	206	2.045	32.322	0	0	6.575
1984	82	2.613	40.189	0	14	5.983
1985	22	1.894	53.748	0	0	7.141
1986	104	1.514	70.236	0	0	8.488
1987	51	539	55.795	0	0	10.068
1988	15	128	54.769	0	0	12.968
1989	60	49	48.069	0	0	9.485
1990	122	5	41.186	0	0	10.091
1991	123	3	41.338	0	0	16.865
1992	58	7	25.594	0	0	13.706
1993	66	0	38.317	0	0	11.396
1994	22	1	52.326	0	0	12.595
1995	8	1	58.725	0	0	17.368
1996	0	0	42.134	0	0	15.518
1997	0	0	54.931	0	0	14.862
1998	0	0	52.768	0	0	15.761
1999	0	0	50.665	0	0	10.679
2000	117	0	69.092	0	0	16.439
2001	0	0	73.517	0	0	16.578
2002	0	0	66.484	0	0	16.790
2003	0	0	68.121	0	0	17.413
2004	0	0	85.729	0	0	16.982
2005	0	0	80.334	0	0	15.363
2006	0	0	76.258	0	0	19.768
2007	0	0	98.498	0	0	23.198
2008	0	0	122.349	0	0	27.010
2009	0	0	109.873	0	0	22.625
2010	0	0	157.694	0	0	28.422

Tabela 27: Percentual de vendas de veículo no Rio de Janeiro em relação ao Brasil.

ANO	AUTOMOVEIS	COMERCIAIS LEVES	CAMINHÕES	ÔNIBUS
1985	11,89%	6,25%	7,16%	14,89%
1986	11,46%	6,77%	6,89%	11,35%
1987	12,18%	7,41%	7,56%	13,19%
1988	12,62%	7,45%	7,83%	20,56%
1989	12,19%	7,36%	6,61%	25,55%
1990	11,92%	7,75%	6,32%	21,84%
1991	-	-	-	-
1992	-	-	-	-
1993	10,65%	7,68%	5,70%	24,59%
1994	10,51%	8,03%	5,62%	27,13%
1995	10,93%	8,12%	7,46%	23,11%
1996	10,85%	9,93%	8,28%	19,40%
1997	10,09%	9,32%	6,18%	25,50%
1998	10,71%	8,44%	5,70%	22,35%
1999	10,85%	7,97%	4,69%	13,77%
2000	10,76%	8,07%	4,64%	16,61%
2001	10,21%	8,51%	5,74%	13,02%
2002	10,08%	8,15%	5,73%	15,60%
2003	8,86%	7,09%	5,35%	13,40%
2004	8,13%	6,79%	4,60%	15,17%
2005	8,01%	6,70%	4,70%	16,27%
2006	7,74%	6,27%	5,23%	15,98%
2007	7,63%	6,29%	4,76%	17,00%
2008	7,35%	6,03%	5,11%	16,30%
2009	7,48%	6,25%	5,07%	16,02%
2010	7,56%	6,41%	4,95%	16,15%

Tabela 28: Licenciamento estimado de automóveis e comerciais leves novos por combustível – 1957/2010 no Rio de Janeiro.

ANO	AUTOMÓVEIS				COMERCIAIS LEVES			
	Gasolina	Etanol	Flex fuel	Diesel	Gasolina	Etanol	Flex fuel	Diesel
1957	139	0	0	0	615	0	0	0
1958	438	0	0	0	1658	0	0	0
1959	1708	0	0	0	2595	0	0	29
1960	4871	0	0	0	3013	0	0	19
1961	7147	0	0	0	3458	0	0	0
1962	9930	0	0	0	4158	0	0	34
1963	11246	0	0	0	3356	0	0	93
1964	12293	0	0	0	3216	0	0	139
1965	13655	0	0	0	2924	0	0	61
1966	15198	0	0	0	3667	0	0	54
1967	16546	0	0	0	3416	0	0	40
1968	19533	0	0	0	4118	0	0	58
1969	28709	0	0	0	3873	0	0	57
1970	36611	0	0	0	4112	0	0	37
1971	46981	0	0	0	4492	0	0	31
1972	54333	0	0	0	5571	0	0	37
1973	66286	0	0	0	6609	0	0	36
1974	76030	0	0	0	7267	0	0	34
1975	78605	0	0	0	7349	0	0	45
1976	82631	0	0	0	7095	0	0	91
1977	80684	0	0	0	4328	0	0	163
1978	94842	0	0	0	4959	0	0	270
1979	98232	270	0	0	4953	53	0	992
1980	67354	26904	0	0	3737	893	0	1230
1981	37907	15295	0	0	1596	473	0	2181
1982	40943	25170	0	0	1310	1301	0	2749
1983	8332	63994	0	0	532	2558	0	1790
1984	3408	59853	0	0	301	3873	0	1824
1985	2840	68721	0	0	298	4211	0	1636
1986	6084	70965	0	0	597	5264	0	1856
1987	2811	47144	0	0	601	5300	0	1761
1988	8171	62100	0	0	937	5546	0	2684
1989	26933	42121	0	0	2931	3967	0	3208
1990	55140	8374	0	8	6217	910	0	2820
1991	53852	14845	0	33	6009	1687	0	2697
1992	45954	17550	0	52	5169	2355	0	2284
1993	71907	24198	0	121	6851	2838	0	3949
1994	105873	12527	0	106	9643	1818	0	4831
1995	150168	3585	0	0	14897	641	0	4378
1996	151761	687	0	0	22111	130	0	4320
1997	158274	93	0	0	21700	18	0	6602
1998	129671	105	0	0	15003	21	0	6451
1999	108681	1068	0	0	9581	87	0	4975
2000	125641	1034	0	0	11561	55	0	6700
2001	130713	1530	0	0	11265	286	0	6848
2002	119124	4775	0	0	8331	701	0	5246
2003	92692	2926	3463	0	7517	237	644	3882
2004	78593	4047	22651	0	7516	78	3368	4497
2005	48838	2475	58325	0	5835	97	5607	5187
2006	20190	128	100146	0	3492	13	8558	5197
2007	14238	7	136530	0	3719	1	13478	5799
2008	9403	5	151850	0	5375	1	15917	7516
2009	8476	4	176676	0	6782	1	18191	8420
2010	9983	3	189858	0	9528	0	23313	11028

Tabela 29: Licenciamento estimado caminhões e ônibus novos por combustível – 1957/2010 no Rio de Janeiro.

ANO	CAMINHÕES			ÔNIBUS		
	Gasolina	Etanol	Diesel	Gasolina	Etanol	Diesel
1957	713	0	581	0	0	283
1958	1846	0	810	0	0	496
1959	3739	0	723	49	0	421
1960	5667	0	698	78	0	509
1961	6988	0	409	30	0	424
1962	8858	0	530	23	0	475
1963	9725	0	428	18	0	342
1964	10571	0	393	11	0	380
1965	11387	0	484	4	0	436
1966	12494	0	740	3	0	537
1967	13374	0	717	3	0	709
1968	14776	0	1079	1	0	1041
1969	15924	0	1209	1	0	837
1970	16633	0	1511	3	0	610
1971	17221	0	1559	5	0	641
1972	18064	0	2180	3	0	626
1973	19295	0	2788	10	0	943
1974	20725	0	3012	14	0	1052
1975	21164	0	3836	22	0	1307
1976	20986	0	4782	2	0	1633
1977	20338	0	6330	4	0	1788
1978	19589	0	5613	0	0	1765
1979	18887	0	5553	1	0	1715
1980	18141	0	5827	0	0	1717
1981	17360	76	3926	0	1	1365
1982	16588	66	2881	0	0	1197
1983	15828	146	2315	0	0	979
1984	15068	187	2879	0	2	891
1985	14313	136	3850	0	0	1063
1986	13575	104	4839	0	0	963
1987	12848	41	4217	0	0	1328
1988	12134	10	4290	0	0	2666
1989	11441	3	3176	0	0	2423
1990	10770	0	2605	0	0	2204
1991	10120	0	2528	0	0	3838
1992	9487	0	1459	0	0	3371
1993	8879	0	2184	0	0	2802
1994	8291	0	2942	0	0	3417
1995	7728	0	4384	0	0	4013
1996	7191	0	3489	0	0	3010
1997	6679	0	3396	0	0	3790
1998	6193	0	3005	0	0	3522
1999	5734	0	2378	0	0	1470
2000	5306	0	3206	0	0	2730
2001	4898	0	4223	0	0	2158
2002	4515	0	3812	0	0	2620
2003	4157	0	3642	0	0	2334
2004	3822	0	3940	0	0	2575
2005	3510	0	3772	0	0	2500
2006	3220	0	3985	0	0	3159
2007	2951	0	4688	0	0	3943
2008	2702	0	6257	0	0	4403
2009	2471	0	5576	0	0	3625
2010	2258	0	7807	0	0	4589

ANEXO III – ESTIMATIVA DE LICENCIAMENTO DE MOTOCICLETAS NOVAS NO RIO DE JANEIRO POR MEIO DOS DADOS DA ABRACICLO

Para se realizar a estimativa de licenciamento de motocicletas novas no Rio de Janeiro, baseado nas vendas, foram utilizados os dados disponibilizados pela ABRACICLO. A tabela 30 apresenta os dados de produção, vendas internas e exportação de motocicletas no Brasil e vendas para o estado do Rio de Janeiro. Nos dados disponibilizados pela ABRACICLO, tem-se os dados de produção e venda de motocicletas novas desde o ano de 1975 a 2010 para o Brasil. Estes dados estão apresentados na tabela 30. Para os anos anteriores a 1985, não foram disponibilizados os dados de venda para o mercado interno e exportação, adotando-se no presente estudo a produção como o valor estimado para venda no mercado interno no Brasil.

Tabela 30: Produção e vendas de motocicletas no Brasil de acordo com os dados disponibilizados na ABRACICLO e vendas estimadas no estado do Rio de Janeiro.

ANO	PRODUÇÃO	VENDAS TOTAIS			VENDAS
		Mercado interno atacado	Exportação	Total	Rio de Janeiro
1975	5.220				234
1976	12.800				575
1977	32.791				1473
1978	41.492				1.863
1979	63.636				2.858
1980	125.000				5.614
1981	155.572				6.987
1982	215.767				9.690
1983	219.000				9.835
1984	180.000				8.084
1985	161.378				7.247
1986	166.994	166.160		166.160	7.462
1987	181.500	175.613		175.613	7.887
1988	166.961	158.671	10.117	168.788	7.126
1989	167.431	153.617	12.327	165.944	6.899
1990	146.735	123.169	15.460	138.629	5.531
1991	116.321	109.168	13.191	122.359	4.903
1992	86.194	53.450	35.596	89.046	2.400
1993	83.458	67.997	15.805	83.802	3.054
1994	141.140	127.395	14.334	141.729	5.721
1995	217.327	200.592	12.930	213.522	9.008
1996	288.073	275.668	14.913	290.581	12.380
1997	426.547	407.430	16.415	423.845	18.297
1998	475.725	460.122	20.374	480.496	20.664
1999	473.802	441.536	32.607	474.143	19.829
2000	634.984	574.149	60.260	634.409	28.133
2001	753.159	692.096	60.190	752.286	35.297
2002	861.469	792.429	68.050	860.479	40.414
2003	954.620	848.377	100.440	948.817	36.480
2004	1.057.333	911.717	157.400	1.069.117	41.027
2005	1.213.517	1.024.203	184.592	1.208.795	40.968
2006	1.413.062	1.268.041	163.379	1.431.420	51.990
2007	1.734.349	1.600.157	139.880	1.740.037	75.207
2008	2.140.907	1.879.695	131.720	2.011.415	84.586
2009	1.539.473	1.579.197	60.516	1.639.713	63.168
2010	1.830.614	1.818.181	69.209	1.887.390	76.364

A produção para alguns anos é inferior ao total de vendas. Esta diferença pode ter ocorrido devido à existência de estoque de um ano para outro.

A tabela 31 apresenta o percentual de vendas de motocicletas no estado do Rio de Janeiro em relação ao Brasil disponibilizados pela ABRACICLO. Os percentuais estão disponibilizados apenas para o período de 2000 a 2010. Desse modo, utilizou-se a média de tal período como valor estimado para o percentual de vendas no Rio de Janeiro para os anos anteriores a 2000. Esses percentuais foram utilizados para calcular os valores de vendas no estado do Rio de Janeiro apresentados na Tabela 30.

Da análise da figura 46, verifica-se que o percentual de vendas no estado do Rio de Janeiro oscila entre 5,1% e 4%. Os dados não apresentam características de tendência de crescimento ou decrescimento, por isso, a média foi adotada como valor estimado para o percentual para os anos anteriores a 2000.

Tabela 31: Percentual de vendas de motocicletas no estado do Rio de Janeiro em relação ao Brasil.

ANO	% DE VENDAS NO RIO DE JANEIRO
Anterior a 2000	4,5%
2000	4,9%
2001	5,1%
2002	5,1%
2003	4,3%
2004	4,5%
2005	4%
2006	4,1%
2007	4,7%
2008	4,5%
2009	4%
2010	4,2%

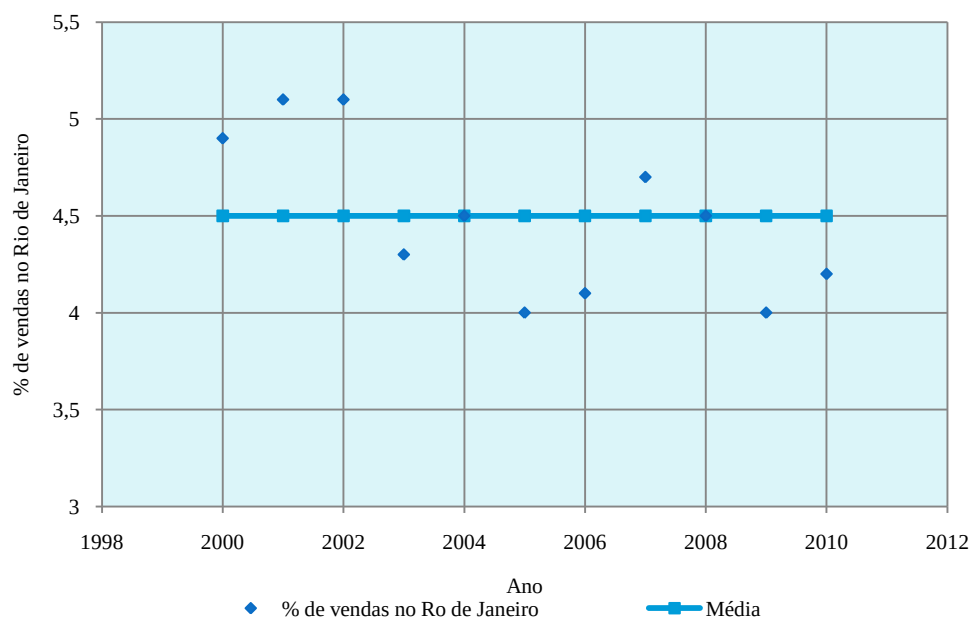


Figura 46: Variação do percentual de vendas no estado do Rio de Janeiro do ano 2000 a 2010.

ANEXO IV – VERIFICAÇÃO DOS AJUSTES E REPRESENTATIVIDADE DAS FROTAS.

Com intuito de avaliar o comportamento dos dados de primeiro licenciamento fornecidos pelo DETRAN-RJ em relação aos dados de vendas de veículos no estado do Rio de Janeiro estimados com base nos dados da ANFAVEA (2011) e ABRACICLO (2011), foi realizada uma comparação entre esses valores. Os resultados destas comparações podem ser observados nas Figuras 46. a 55 cujos parâmetros se encontram na tabela 32.

Pelas Figuras e tabelas apresentadas, verifica-se que os dados do DETRAN apresentaram uma alta correlação ($R^2 > 0,7$, com exceção dos ônibus, onde $R^2 = 0,62$) com os dados estimados pelas vendas da ANFAVEA e ABRACICLO. Com isso, entende-se que os dados DETRAN-RJ representem não apenas as vendas de veículos para o Rio de Janeiro, mas também os veículos da frota do estado do Rio de Janeiro que foram vendidos em outros estados e transferidos para o Rio de Janeiro.

Em entrevista realizada com o Sr. Amauri Cavalcanti (Diretor de Informática do DETRAN-RJ) este nos informou que o banco de dados do DETRAN-RJ considera os veículos ativos, ou seja, aqueles que foram introduzidos por 1ª licença ou transferência de outros estados menos os que foram retirados por baixa ou transferência para outros estados. Porém, baixas e transferências são raras e a frota cadastrada no DETRAN-RJ, se considerada por ano de 1ª licença, poderia representar um melhor aproximação da entrada de veículos na frota do estado do Rio de Janeiro. Logo, decidiu-se utilizar os dados do DETRAN como uma estimativa para o licenciamento anual de veículos novos. Por ser uma estimativa, existe um grau de incerteza no valor utilizado para o licenciamento anual de veículos novos no estado do Rio de Janeiro, devendo-se analisar com cautela o seu reflexo nos resultados finais.

A equação 1 apresenta a fórmula do desvio percentual utilizado para comparar os dados do DETRAN-RJ com os da ANFAVEA o ABRACICLO.

$$\delta_{\%}^j = \frac{\sum_{t=t_0}^{2010} \frac{D_{detran}^{t,j} - D_{PV}^{t,j}}{D_{PV}^{t,j}}}{n} \quad (AIV.1)$$

Onde: $\delta_{\%}$: Desvio percentual médio;

$D_{detran}^{t,j}$: Dados cadastrados no DETRAN-RJ para o veículo j no ano t;

$D_{PV}^{t,j}$: Vendas segundo os dados da ANFAVEA ou ABRACICLO no ano t para o veículo j;

n: quantidade de anos utilizados no cálculo no desvio percentual.

A tabela 32 apresenta um resumo dos resultados das análises estatísticas realizadas para a comparação entre os dados da ANFAVEA e ABRACICLO com o banco de dados do DETRAN-RJ. As diferenças observadas entre as estimativas com os dados da

ANFAVEA e da ABRACICLO ajudam a avaliar o grau de incerteza no dado de 1º licenciamento dos veículos. As diferenças podem ter ocorrido também devido as considerações realizadas para estimar as vendas no estado do Rio de Janeiro para cada veículo.

Tabela 32: Resumo das comparações realizadas.

Veículos	t_0	$\delta\%$	R^2
Automóveis gasolina	1957	-2,09%	0,950
Automóveis etanol	1979	-31,27%	0,968
Automóveis flex	2003	0,45%	0,997
Comercial leve gasolina	1957	4,73%	0,784
Comercial leve etanol	1979	-51,88%	0,985
Comercial leve flex	2003	-16,05%	0,987
Comercial leve diesel	1957	9,88%	0,873
Caminhão diesel	1957	-57,95%	0,873
Ônibus diesel	1957	-56,92%	0,626
Motocicletas	1975	8,97%	0,809

Automóveis gasolina

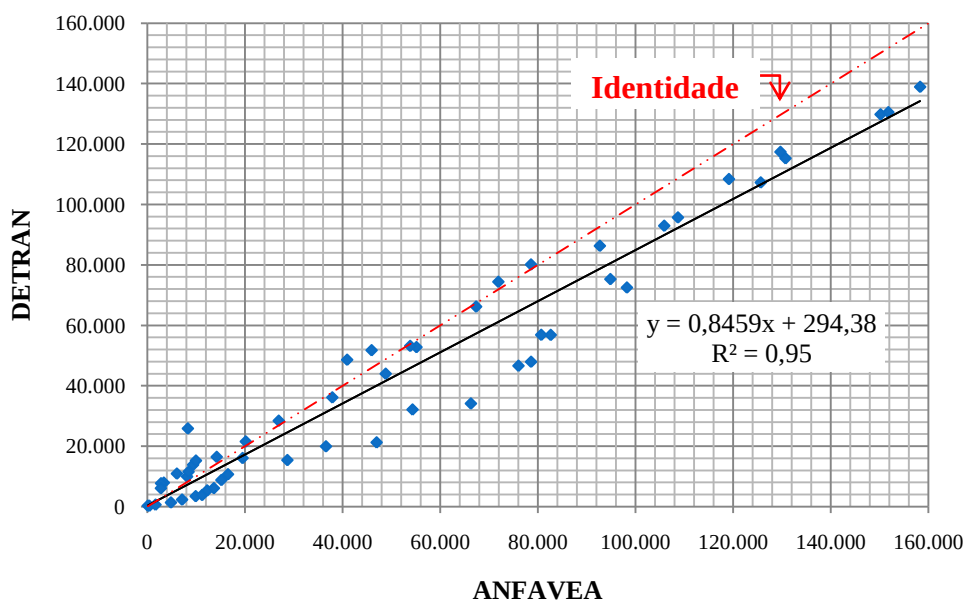


Figura 47: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para automóvel gasolina.

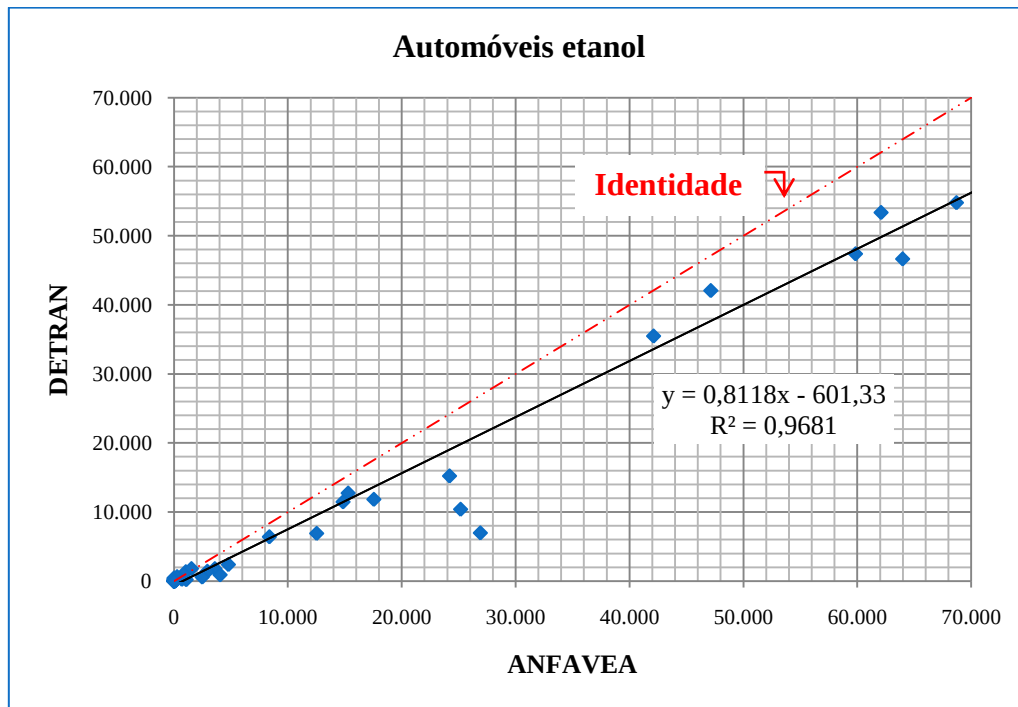


Figura 48: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para automóvel etanol.

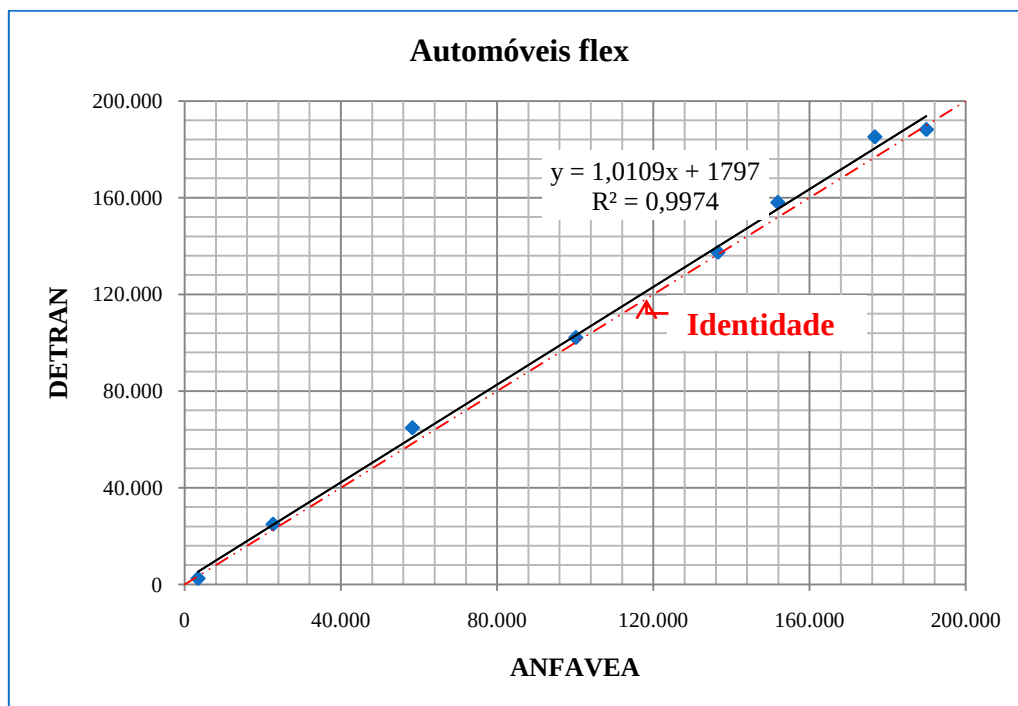


Figura 49: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para automóvel flex.

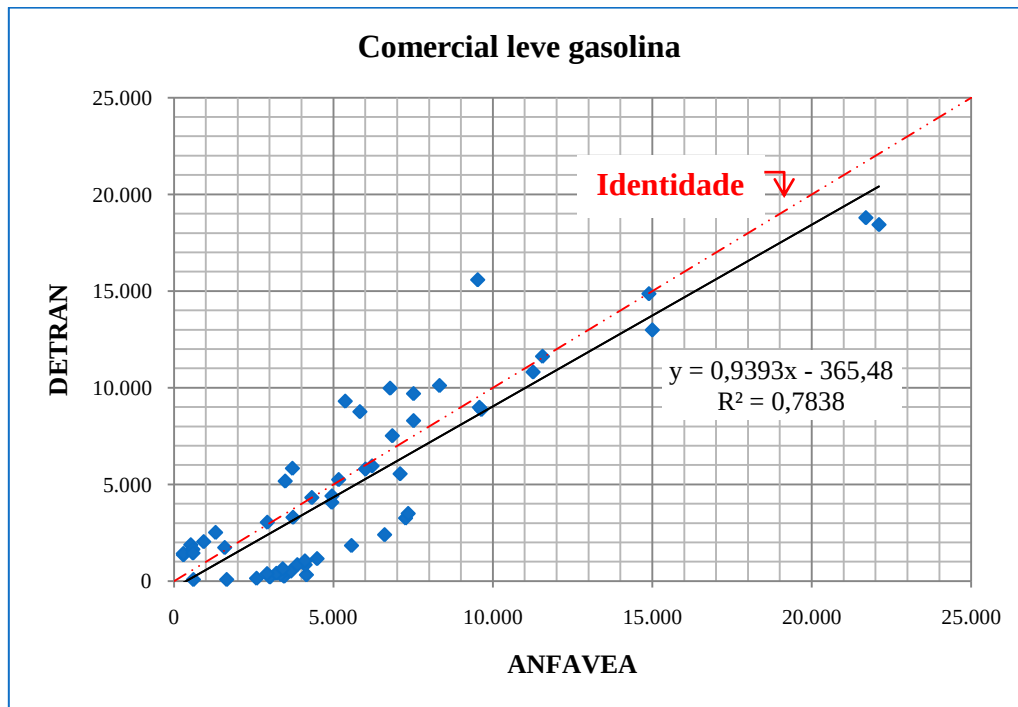


Figura 50: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para comercial leve gasolina.

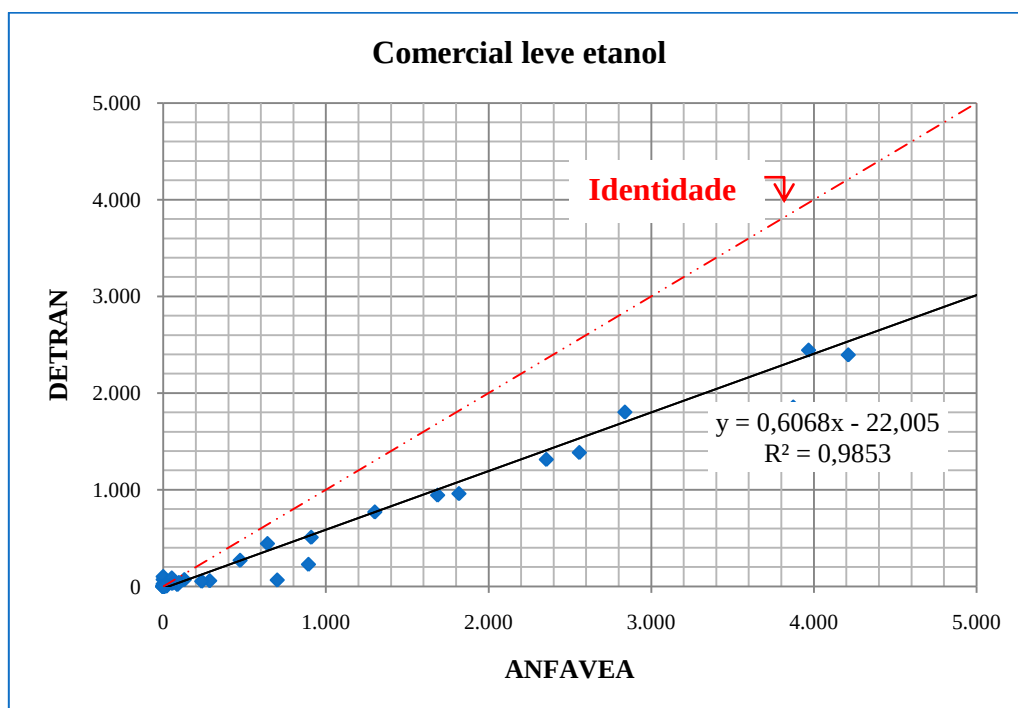


Figura 51: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para comercial leve etanol.

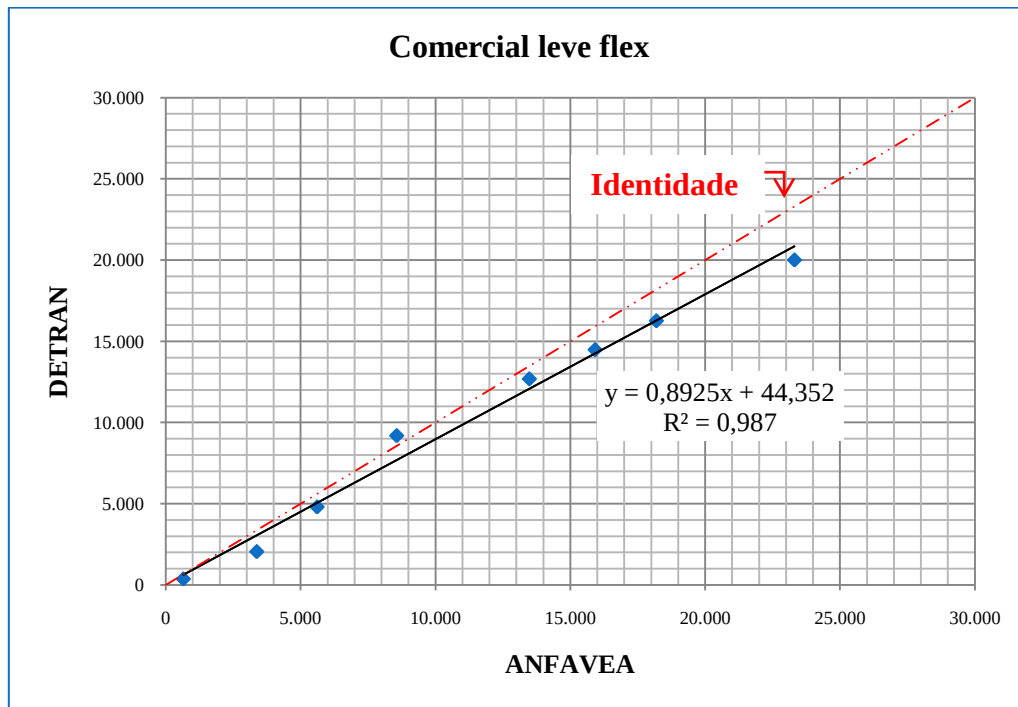


Figura 52: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para comercial leve flex.

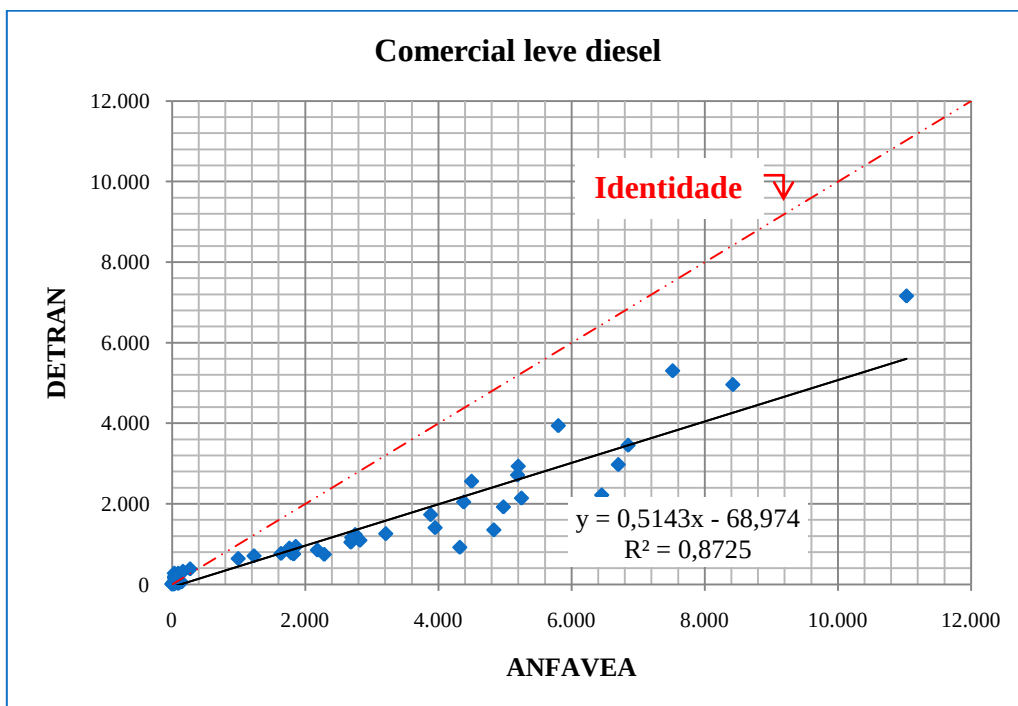


Figura 53: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para comercial leve diesel.

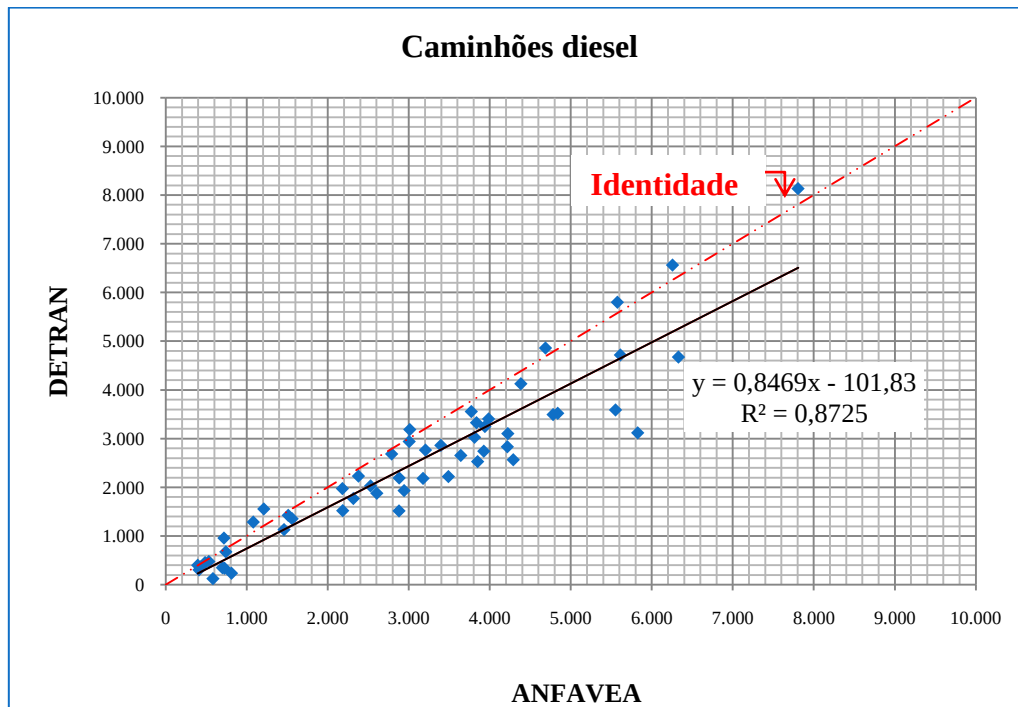


Figura 54: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para caminhão diesel.

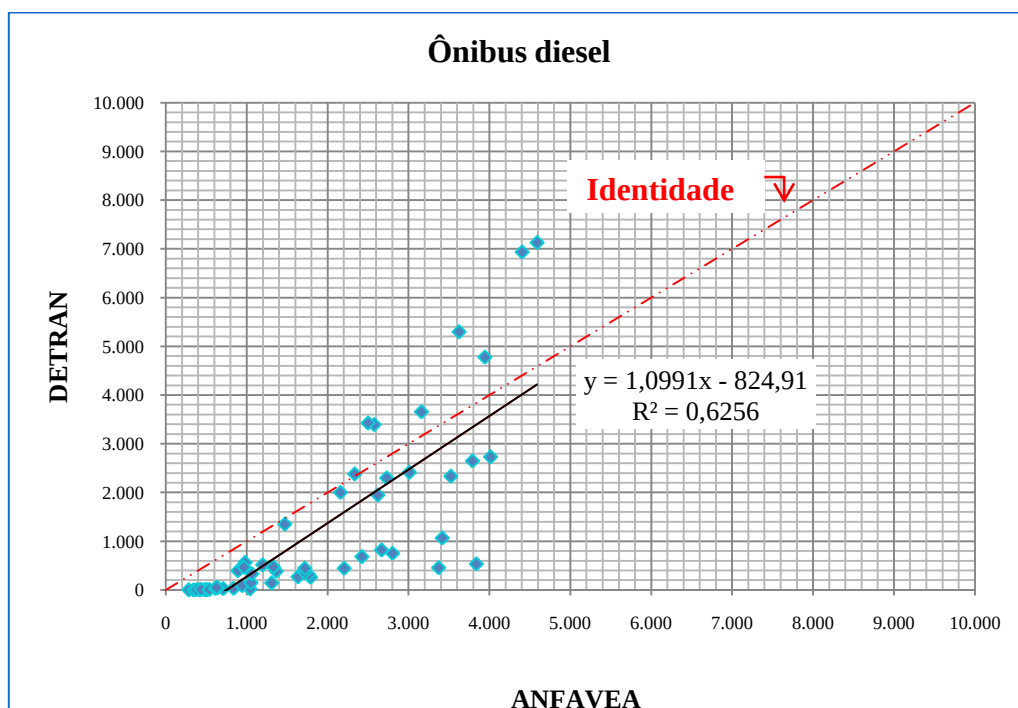


Figura 55: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ANFAVEA para ônibus diesel.

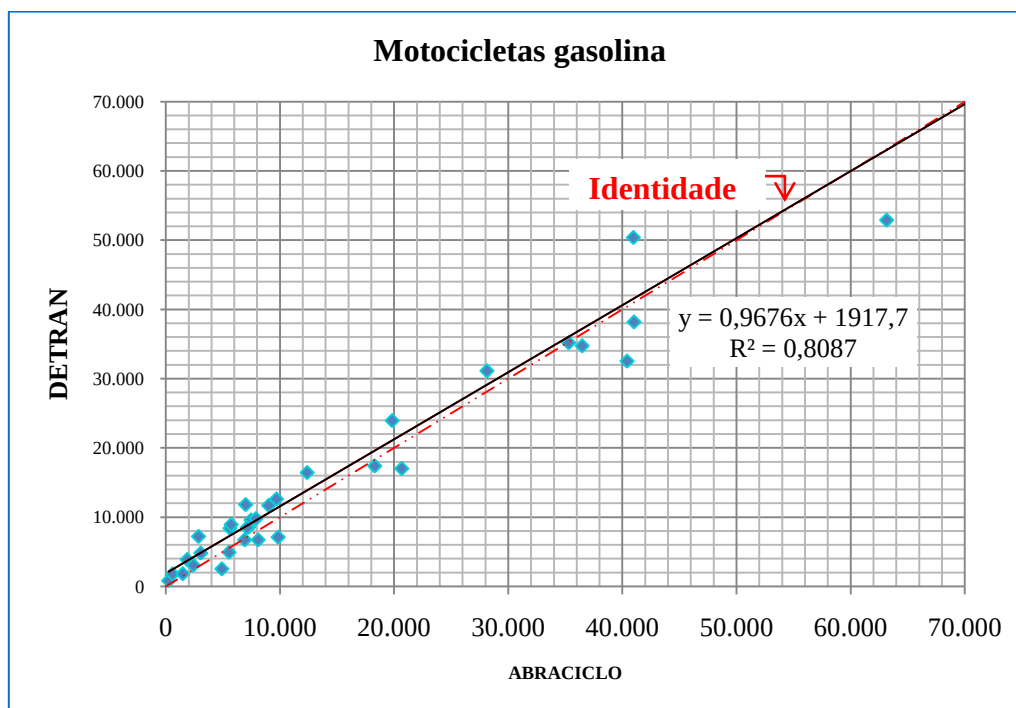


Figura 56: Dados do DETRAN em relação às estimativas realizadas com os dados da ABRACICLO para motocicletas a gasolina.

ANEXO V – FROTA DE VEÍCULOS CONVERTIDOS A GNV.

Para avaliar a frota de veículos convertidos a GNV no estado do Rio de Janeiro, foi utilizado o banco de dados do DETRAN. A Tabela 33 apresenta os veículos e as combinações consideradas neste estudo.

Tabela 33: Veículos considerados na frota GNV.

VEÍCULOS	CARACTERÍSTICAS NO BANCO DE DADOS DO DETRAN-RJ	
	TIPO	COMBUSTÍVEL
Automóveis gasolina	Automóvel.	Gasolina + Gnv.
Automóveis etanol	Automóvel.	Etanol + Gnv.
Automóveis flex	Automóvel.	Etanol + gasolina (<i>flex</i>) + Gnv.
Comerciais leves gasolina	Camioneta, caminhonete e utilitário.	Gasolina + Gnv.
Comerciais leves etanol	Camioneta, caminhonete e utilitário.	Etanol + Gnv.
Comerciais leves flex	Camioneta, caminhonete e utilitário.	Etanol + gasolina (<i>flex</i>) + Gnv.

A tabela 34 mostra o total de veículos cadastrados no DETRAN nas condições da tabela 33, por tipo com ano de fabricação entre 1957 e 2010.

Tabela 34: Quantidade de veículos movidos a GNV cadastrados no DETRAN até agosto de 2011, com ano de fabricação entre 1957 e 2010.

VEÍCULOS COM GNV				
	GASOLINA	ETANOL	FLEX	TOTAL
Automóveis	507.407	43.007	128.533	678.947
Comercial leve	102.142	4.682	20.632	127.456
TOTAL	609.549	47.689	149.165	806.403

A tabela 35 apresenta o total de veículos por ano de fabricação cadastrados até agosto de 2011. A informação de quando os veículos fizeram a conversão para GNV não foi disponibilizada pelo DETRAN.

Tabela 35: Quantidade de veículos movidos a GNV cadastrados no DETRAN até agosto de 2011 por ano de fabricação.

ANO	automóveis			comerciais leves		
	GASOLINA	ETANOL	FLEX FUEL	GASOLINA	ETANOL	FLEX FUEL
1957	10			3		
1958	4			4		
1959	7			8		
1960	17			10		
1961	26			11		
1962	25			16		
1963	35			12		
1964	46			26		
1965	37			14		
1966	69			21		
1967	96			24		
1968	146			35		
1969	142			40		
1970	215	0		32	0	
1971	265	0		51	1	
1972	487	1		81	1	
1973	485	0		129	3	
1974	585	0		152	0	
1975	596	3		177	0	
1976	720	2		362	0	
1977	574	1		288	9	
1978	734	6		442	2	
1979	861	5		449	4	
1980	1.029	54		477	32	
1981	718	142		263	32	
1982	1.542	113		491	99	
1983	1.194	965		461	142	
1984	533	1.597		434	230	
1985	662	2.840		453	365	
1986	1.272	4.260		545	465	
1987	1.034	3.665		517	467	
1988	2.141	5.756		803	649	
1989	6.329	4.503		1.036	488	
1990	12.242	897		1.775	94	
1991	12.790	2.015		1.753	225	
1992	13.237	2.288		1.800	324	
1993	20.478	3.395		3.015	436	
1994	25.769	1.873		3.691	263	
1995	39.789	706		6.824	139	
1996	43.509	82		9.511	28	
1997	47.893	19		10.786	15	
1998	44.166	14		7.680	4	
1999	36.298	108		5.939	16	
2000	40.196	1.211		7.735	13	
2001	41.508	1.675		7.177	10	
2002	38.139	2.232		7.129	28	
2003	29.463	1.266	799	4.797	37	179
2004	23.958	750	8.309	5.098	28	1.005
2005	10.707	496	18.063	4.657	31	1.981
2006	2.933	55	25.786	2.058	0	4.443
2007	978	7	26.801	980	0	4.382
2008	411	5	21.016	795	1	3.551
2009	176	0	14.997	631	0	2.811
2010	131	0	12.762	444	1	2.280

A alocação da frota de veículos convertidos a GNV foi realizada considerando os dados fornecidos pelo DETRAN-RJ e as conversões fornecidas por GASNET (2011), conforme Tabela 36.

Tabela 36: Total de conversões de veículos a GNV por ano.

Ano	Total de conversões	Ano	Total de conversões
1992	800	2002	60.373
1993	4.000	2003	62.123
1994	6.000	2004	75.680
1995	6.000	2005	94.398
1996	4.000	2006	116.485
1997	2.729	2007	88.597
1998	5.530	2008	49.705
1999	19.034	2009	43.311
2000	33.024	2010	55.654
2001	60.224	-	-

Desse modo, iniciou-se alocando os veículos a frota GNV dos veículos mais antigos para os mais novos, tendo como limitantes a quantidade de veículos a GNV de cada ano informada pelo DETRAN-RJ e a quantidade de conversões informadas pela GASNET.

Os veículos considerados como convertidos a GNV foram subtraídos da frota de veículos a qual pertenciam originalmente, com o intuito de evitar dupla contagem.

ANEXO VI – CURVAS DE SUCATEAMENTO UTILIZADAS NA PESQUISA.

A função de sucateamento utilizada para os automóveis e veículos comerciais leves do ciclo Otto é uma função Gompertz apresentada na Equação AII.1. Os coeficientes das equações são os mesmos utilizados pelo Serviço de Planejamento da Petrobras, calibradas pelos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) (1998), a mesma utilizada no 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários do ano de 2011.

$$S(t) = 1 - e^{-e^{(a+b*t)}} \quad (\text{AVI.1})$$

Onde:

S(t): é a fração de veículos remanescentes, ainda não sucateados, na idade t;

t: é a idade do veículo em anos;

a e b: são parâmetros variáveis de acordo com o tipo de veículo de acordo com a tabela AVI.1.

A tabela 37 mostra os valores de a e b.

Tabela 37: Constantes da curva de sucateamento da equação 1.

VEÍCULO	a	b
Automóveis	1,798	-0,137
Veículos comerciais leves do ciclo Otto	1,618	-0,141

Para os comerciais leves do ciclo Diesel e caminhões, a função utilizada é uma função logística renormalizada, dada pela equação 38. Para a definição das constantes a serem utilizadas foi realizado um processo iterativo no qual após obter-se o valor da frota estimada, esta foi comparada com a frota estimada a partir do PIB, conforme Tabela 38 e 39 e Figura 57 e 58. Tal procedimento teve o intuito de verificar se a estimativa de frota encontrava-se de acordo com a realidade do Estado do Rio de Janeiro.

Além disso, foi realizada uma verificação da idade média dos veículos, considerando para os comerciais leves 8,2 anos e para os caminhões 13,5 anos, conforme ANTT (2010).

$$S(t) = \frac{1}{(1+e^{(a*(t-t_0))})} + \frac{1}{(1+e^{(a*(t+t_0))})} \quad (\text{AVI.2})$$

Onde:

S(t): é a fração de veículos remanescentes, ainda não sucateados, na idade t;

t: é a idade do veículo em anos.

Tabela 38: Dados de PIB e frota estimada de caminhões.

Ano	PIB	Frota estimada	Frota calculada com base no PIB
1995	69.033,81	32.749,00	31.292,49
1996	83.343,12	32.278,00	32.200,97
1997	92.821,75	32.508,00	32.817,24
1998	101.472,32	32.874,00	33.389,95
1999	109.752,62	32.576,00	33.947,51
2000	118.711,62	32.862,00	34.561,27
2001	127.407,36	33.530,00	35.167,60
2002	147.286,96	34.146,00	36.594,00
2003	163.297,74	34.409,00	37.784,76
2004	185.628,64	35.282,00	39.510,55
2005	208.508,19	36.453,00	41.360,52
2006	233.778,32	37.481,00	43.504,61
2007	250.855,80	39.889,00	45.016,18
2008	290.149,96	43.936,00	48.696,65
2009	311.074,38	47.121,00	50.777,79
2010	335.238,02	52.542,00	53.292,01
2011	359401,66	57.962,00	55.930,71
2012	383565,3	63.369,00	58.700,07
2013	407728,94	68.756,00	61.606,55
2014	431892,58	74.087,00	64.656,95
2015	456056,22	79.350,00	67.858,37
2016	480219,86	84.498,00	71.218,32
2017	504383,5	89.500,00	74.744,63
2018	528547,14	94.325,00	78.445,54
2019	552710,78	98.932,00	82.329,70
2020	576874,42	103.299,00	86.406,18
2021	601038,06	107.425,00	90.684,50
2022	625201,7	111.283,00	95.174,66
2023	649365,34	114.890,00	99.887,15
2024	673528,98	118.260,00	104.832,97
2025	697692,62	121.424,00	110.023,68
2026	721856,26	124.408,00	115.471,40
2027	746019,9	127.252,00	121.188,86
2028	770183,54	129.979,00	127.189,42
2029	794347,18	132.618,00	133.487,08
2030	818510,82	135.205,00	140.096,58

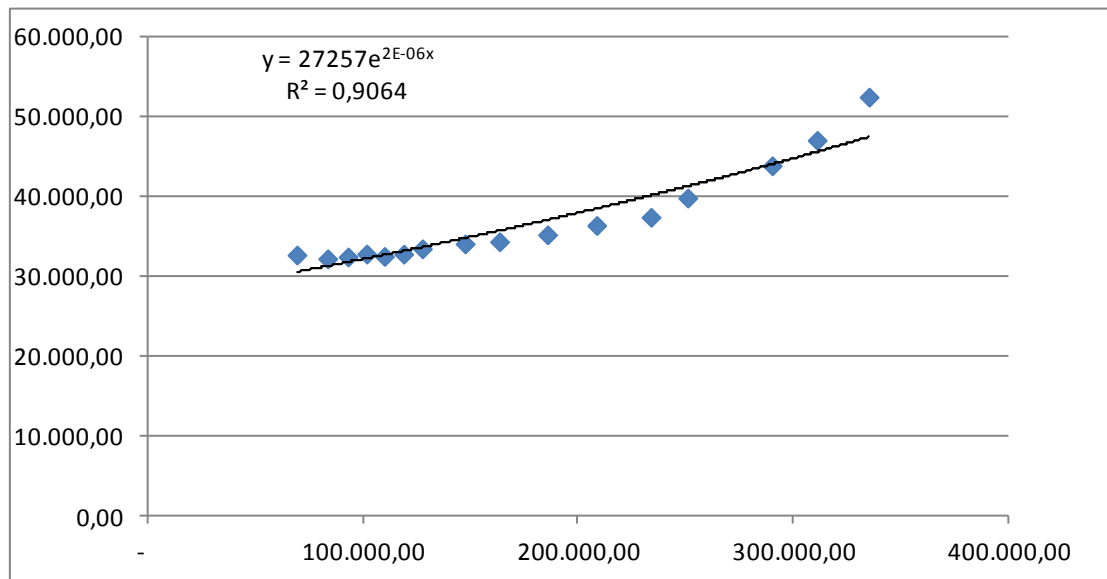


Figura 57: Correlação entre o PIB e a frota estimada de caminhões.

Tabela 39: Dados de PIB e frota estimada de caminhões.

Ano	PIB	Frota estimada	Frota calculada com base no PIB
1995	69.033,81	9.421,00	9.017,91
1996	83.343,12	9.277,00	9.993,80
1997	92.821,75	9.822,00	10.640,24
1998	101.472,32	10.915,00	11.230,21
1999	109.752,62	11.608,00	11.794,93
2000	118.711,62	13.269,00	12.405,93
2001	127.407,36	15.246,00	12.998,98
2002	147.286,96	15.715,00	14.354,77
2003	163.297,74	15.699,00	15.446,71
2004	185.628,64	16.479,00	16.969,67
2005	208.508,19	17.316,00	18.530,06
2006	233.778,32	18.269,00	20.253,48
2007	250.855,80	20.122,00	21.418,17
2008	290.149,96	23.149,00	24.098,03
2009	311.074,38	25.541,00	25.525,07
2010	335.238,02	29.878,00	27.173,03
2011	359401,66	33.906,75	28.820,99
2012	383565,3	37.644,58	30.468,95
2013	407728,94	41.097,51	32.116,91
2014	431892,58	44.280,58	33.764,87
2015	456056,22	47.215,82	35.412,83
2016	480219,86	49.911,28	37.060,79

2017	504383,5	52.399,00	38.708,75
2018	528547,14	54.700,00	40.356,71
2019	552710,78	56.835,33	42.004,68
2020	576874,42	58.820,03	43.652,64
2021	601038,06	60.688,14	45.300,60
2022	625201,7	62.440,70	46.948,56
2023	649365,34	64.113,75	48.596,52
2024	673528,98	65.708,34	50.244,48
2025	697692,62	67.254,50	51.892,44
2026	721856,26	68.740,28	53.540,40
2027	746019,9	70.202,73	55.188,36
2028	770183,54	71.637,89	56.836,32
2029	794347,18	73.051,80	58.484,28
2030	818510,82	74.458,52	60.132,24

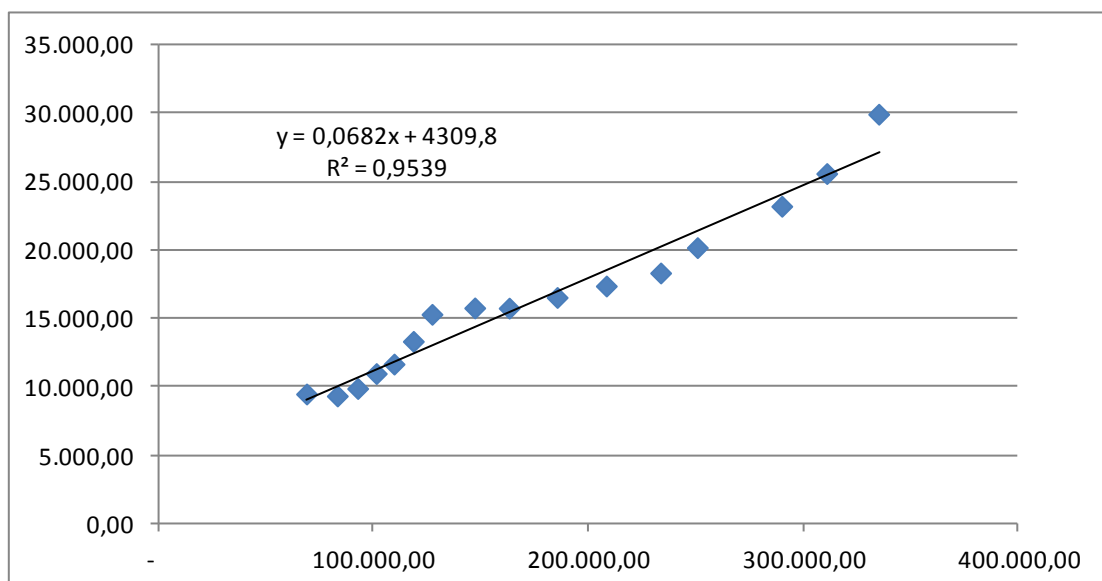


Figura 58: Correlação entre o PIB e a frota estimada de caminhões.

Com base nas verificações realizadas, foram definidos os valores de a e t_0 para os comerciais leves do ciclo diesel e caminhões, conforme Tabela 40.

Tabela 40: Constantes da curva de sucateamento da equação 2.

VEÍCULO	a	t_0
Veículos comerciais leves do ciclo Diesel	0,2	4,00
Caminhões	0,3	12,85

No que tange ao ônibus, a curva de sucateamento dos ônibus foi elaborada de acordo com as informações do banco de dados do DETRAN-RJ e da frota existente de acordo com a FETRANSPOR. A tabela 41 apresenta os valores da frota por ano de fabricação disponibilizada pela FETRANSPOR e os dados de cadastro do DETRAN para os anos de 1975 até 2010. Os dados são referentes ao ano de 2010.

Para elaboração da curva de sucateamento, foi considerada a informação do DETRAN-RJ como sendo uma estimativa da quantidade de licenciamentos realizada em cada ano. Como os dados da FETRANSPOR representam uma boa estimativa da frota atual por ano de fabricação, foi calibrada uma equação para representar o sucateamento da frota de ônibus, utilizando a equação AVI.1. Da mesma forma que foi feito com os comerciais leves e caminhões, procedeu-se a verificação da frota estimada com a frota calculada pelo PIB, conforme Tabela 42 e Figura 58. A tabela 43 mostra os valores dos parâmetros a e b encontrados. A curva de sucateamento encontrada para os ônibus foi aplicada também para os microônibus.

Tabela 41: Valores da frota por ano de fabricação disponibilizada pela FETRANSPOR.

ANO	ÔNIBUS - DETRAN	ÔNIBUS - FETRANSPOR	IDADE
1975	135	2	36
1977	254	2	34
1978	303	2	33
1981	367	1	30
1982	487	2	29
1983	539	1	28
1984	380	5	27
1985	306	1	26
1986	439	4	25
1987	435	4	24
1988	764	2	23
1989	651	1	22
1990	414	7	21
1991	488	10	20
1992	437	9	19
1993	447	26	18
1994	485	35	17
1995	772	137	16
1996	682	143	15
1997	925	183	14
1998	1094	303	13
1999	557	163	12
2000	991	405	11
2001	965	458	10
2002	1355	827	9
2003	1203	665	8
2004	1626	1226	7
2005	2160	1740	6
2006	2681	2471	5
2007	3253	3166	4
2008	4409	4060	3
2009	3589	3368	2
2010	4598	3945	1

Tabela 42: Dados de PIB e frota estimada de caminhões.

Ano	PIB	Frota calculada	Frota calculada com base no PIB
1995	69.033,81	7.638,00	8.711,94
1996	83.343,12	9.515,00	10.125,70
1997	92.821,75	11.574,00	11.062,19
1998	101.472,32	13.239,00	11.916,87
1999	109.752,62	13.789,00	12.734,96
2000	118.711,62	15.107,00	13.620,11
2001	127.407,36	15.931,00	14.479,25
2002	147.286,96	16.517,00	16.443,35
2003	163.297,74	17.352,00	18.025,22
2004	185.628,64	19.087,00	20.231,51
2005	208.508,19	20.757,00	22.492,01
2006	233.778,32	22.548,00	24.988,70
2007	250.855,80	25.371,00	26.675,95
2008	290.149,96	30.205,00	30.558,22
2009	311.074,38	33.239,00	32.625,55
2010	335.238,02	37.859,47	35.012,92
2011	359401,66	42.293,11	37.400,28
2012	383565,3	46.484,16	39.787,65
2013	407728,94	50.367,27	42.175,02
2014	431892,58	53.920,70	44.562,39
2015	456056,22	57.122,35	46.949,75
2016	480219,86	59.990,28	49.337,12
2017	504383,5	62.544,34	51.724,49
2018	528547,14	64.825,35	54.111,86
2019	552710,78	66.886,05	56.499,23
2020	576874,42	68.758,02	58.886,59
2021	601038,06	70.492,64	61.273,96
2022	625201,7	72.121,28	63.661,33
2023	649365,34	73.669,63	66.048,70
2024	673528,98	75.161,90	68.436,06
2025	697692,62	76.621,21	70.823,43
2026	721856,26	78.062,60	73.210,80
2027	746019,9	79.490,78	75.598,17
2028	770183,54	80.912,89	77.985,53
2029	794347,18	82.349,20	80.372,90
2030	818510,82	83.790,89	82.760,27

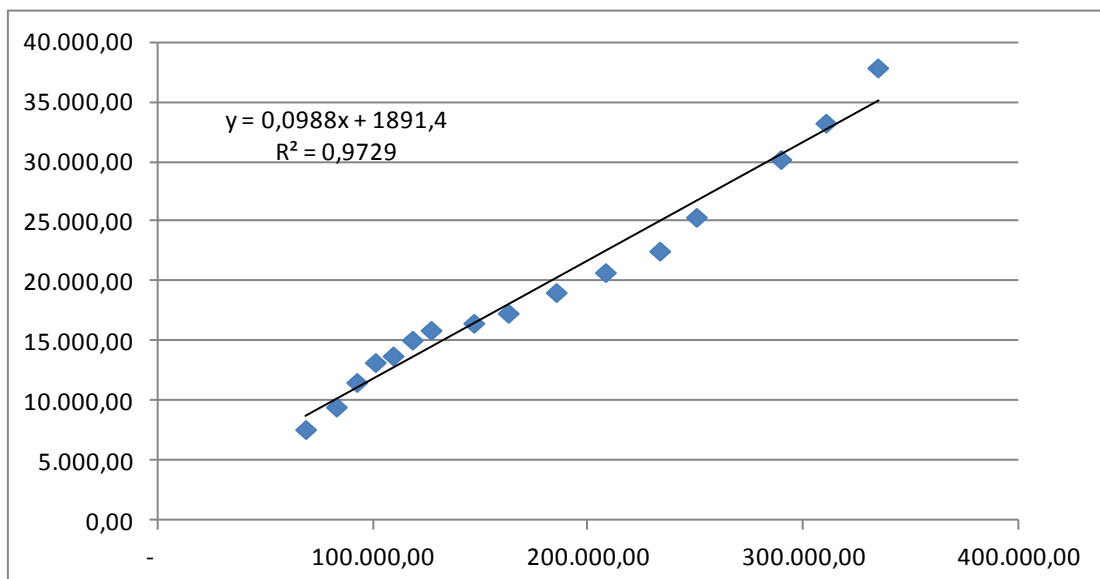


Figura 59: Correlação entre o PIB e a frota estimada de ônibus.

Tabela 43: Constantes da curva de sucateamento da equação 2 para ônibus e microônibus.

VEÍCULO	a	b
Ônibus e microônibus	2,01	-0,3003

Para as motocicletas foram utilizados os mesmos percentuais adotados no inventário nacional de emissões atmosférica por veículos automotores rodoviários do ano de 2011 que adotou a curva de sucateamento utilizada pelo SINDIPEÇAS (2009), cujas taxas anuais para motocicletas de até 200 cc estão apresentadas na tabela 44.

Tabela 44: Constantes da curva de sucateamento da equação 2.

PERÍODO	PERCENTUAL
Primeiros 5 anos	4%
6º ao 10º ano	5%
11º ao 15º ano	6%
16º ano em diante	8%

Para os percentuais apresentados foi calibrada uma função Gompertz, equação 1, onde os valores das constantes a e b estão apresentados na tabela 45.

Tabela 45: Constantes da curva de sucateamento da Equação 1 para motocicletas.

DISCRIMINAÇÃO	a	b	Idade
Motocicletas	0,9239	-0,0931	≥5
	1,3173	-0,1757	<5

Para o cálculo da frota total em cada ano foram utilizadas as equações 3 e 4 que utilizam as Equações 1 e 2 respectivamente de acordo com o tipo de veículo.

$$Frota = \sum_{t=0}^T \left(1 - e^{-e^{(a+b*t)}} \right) \cdot V_t \quad (AVI.3)$$

$$Frota = \sum_{t=0}^T \left(\frac{1}{(1+e^{(a*(t-t_0))})} + \frac{1}{(1+e^{(a*(t+t_0))})} \right) \cdot V_t \quad (AVI.4)$$

Onde:

T: Idade do veículo mais antigo considerado;

V_t : Vendas estimadas de veículos de idade t no ano de sua fabricação.

ANEXO VII – FRAÇÕES MÉDIAS DA FROTA DE VEÍCULOS FLEX FUEL QUE UTILIZAM GASOLINA C E ETANOL HIDRATADO.

Com o lançamento dos carros e motocicletas *flexible fuel* (*flex fuel*) em 2003 e 2009 respectivamente, existe a necessidade de se conhecer a proporção desses veículos que utilizam cada combustível para o cálculo separado das emissões. No 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários foi utilizada 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. Porém, como o estudo citado apresenta uma tendência para o Brasil, entende-se que o comportamento apresentado pode não ser a melhor estimativa para o estado do Rio de Janeiro.

Sendo assim, para o presente trabalho, foi realizada uma pesquisa na cidade do Rio de Janeiro com usuários de carros *flex fuel* com objetivo de verificar o processo de escolha entre etanol e gasolina C baseada na variação da razão de preços entre os combustíveis.

1. Pesquisa de Campo

A pesquisa foi realizada com alunos da UFRJ e do IME de graduação e pós-graduação de diferentes áreas de estudo. Um total de 232 pessoas foram entrevistadas e responderam o questionário apresentado na tabela 46. Das 232 pessoas, apenas 142 pessoas eram usuários de carros *flex*, sendo descartada da pesquisa 90 pessoas.

Tabela 46: Perguntas realizadas aos entrevistados na pesquisa.

ITEM	PERGUNTA	PADRÃO DA RESPOSTA
1	Qual a placa.	Livre.
2	Qual o fabricante.	Livre.
3	Qual o modelo.	Livre.
4	Qual o ano de fabricação.	Livre.
5	Qual o motor.	1.0, 1.4, 1.6 ou outros.
6	Qual o combustível.	Gasolina, Etanol, Diesel ou <i>Flex</i> .
Para as pessoas que responderam <i>Flex</i> na pergunta 6, foram realizadas as perguntas 7 a 11.		
7	Qual combustível utiliza quando o preço do etanol é igual ao da gasolina.	Gasolina ou Etanol.
8	Qual o combustível utiliza quando o preço do etanol é 80% da gasolina.	Gasolina ou Etanol.
9	Qual o combustível utiliza quando o preço do etanol é 60% da gasolina.	Gasolina ou Etanol.
10	Qual o combustível utiliza quando o preço do etanol é 10% da gasolina.	Gasolina ou Etanol.
11	Quanto tempo usa carro <i>Flex</i> .	Em meses ou anos.

A Figura 60 apresenta a distribuição de frequência dos dados em relação ao tempo de uso de veículos *flex* pelos entrevistados, onde verifica-se que para maior parte dos dados encontra-se entre 1 a 4 anos.

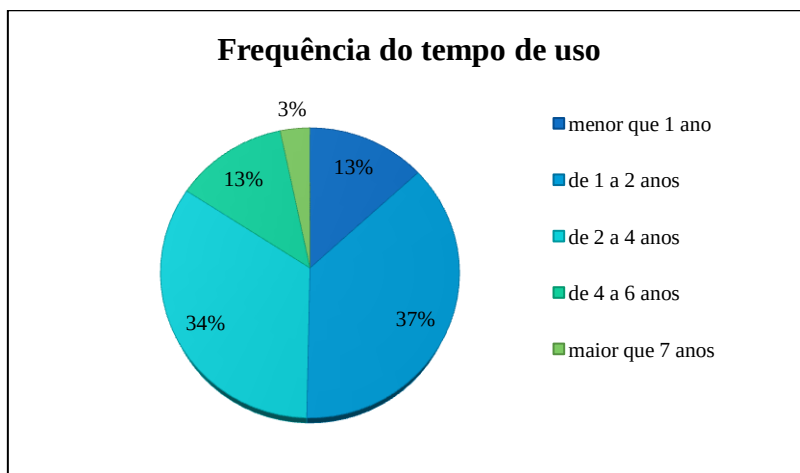


Figura 60: Distribuição da frequência do tempo de uso de veículos flex pelos entrevistados.

1.1 Avaliação do tamanho da amostra

Segundo Montgomery (2003), em situações em que o tamanho da amostra puder ser selecionado, podemos escolher n de modo a estarmos $100(1-\alpha)\%$ confiantes de que o erro seja menor do que algum valor especificado E . O valor do erro (E) pode ser estimado pela equação AVII.15.

$$E = Z_{\alpha/2} \cdot \sqrt{p(p-1)/n} \quad (\text{AVII.1})$$

A tabela AVII.2 apresenta os valores dos erros (E) para as situações A, B, C e D do presente trabalho para um tamanho de amostra de 142. Verifica-se que o maior erro ocorre para a situação C com um valor de 6,51%, entende-se que este erro não atrapalha as conclusões e análises do presente estudo.

Tabela 47: Erros estimados para as situações do trabalho.

SITUAÇÕES DO TRABALHO	ERRO	α
A	3,91%	5%
B	4,09%	5%
C	6,51%	5%
D	5,17%	5%

2. Classificação das idades

Como o objetivo da pesquisa é buscar um comportamento para a tendência de escolha entre os combustíveis etanol e gasolina C, as respostas foram ponderadas em relação ao tempo de uso de cada respondente.

Para identificar a importância do tempo de uso para a pesquisa a determinação dos pesos foi realizada com auxílio de lógica Fuzzy. Foram criados cinco conjuntos para a determinação da pertinência do tempo de uso dos respondentes em cada conjunto. A figura 61 mostra esses conjuntos e as representações das funções de pertinências para os anos considerados.

Para a determinação das funções de pertinências, foi realizada uma pesquisa a três especialistas da área de transporte de carga do programa de engenharia de transportes da UFRJ.

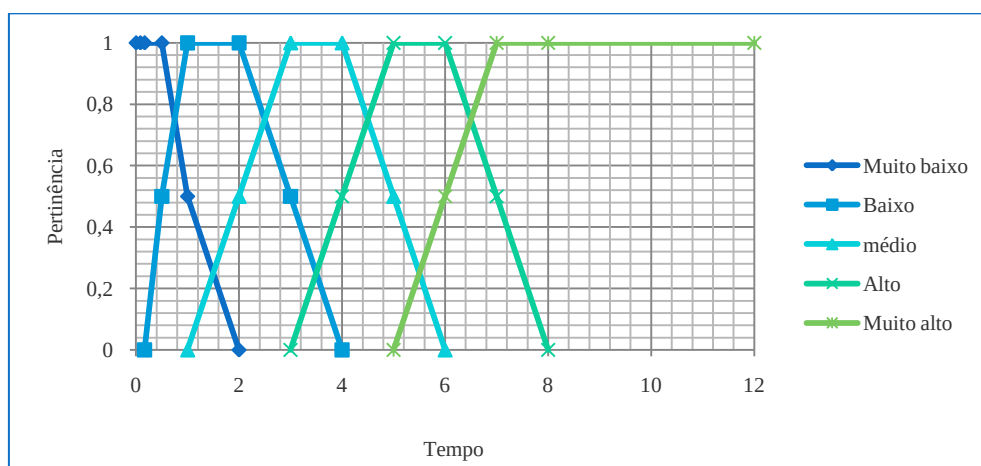


Figura 61 – Funções de pertinências para as variáveis linguísticas utilizadas para classificar as idades.

As funções de pertinências utilizadas na pesquisa estão representadas nos conjuntos de equações abaixo.

2.1 Função de pertinência para o conjunto Muito Baixo.

$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } 0 \leq x < 0,5 \\ -4x + 4, & \text{se } 0,5 \leq x \leq 2 \end{cases} \quad (\text{AVII.2})$$

2.2 Função de pertinência para o conjunto Baixo.

$$f(x) = \begin{cases} 1,2x - 0,2, & \text{se } \frac{1}{6} \leq x < 1 \\ 1, & \text{se } 1 \leq x < 2 \\ -0,5x + 2, & \text{se } 2 \leq x \leq 4 \end{cases} \quad (\text{AVII.3})$$

2.3 Função de pertinência para o conjunto Médio.

$$f(x) = \begin{cases} 0,5x - 0,5, & \text{se } 1 \leq x < 3 \\ 1, & \text{se } 3 \leq x < 4 \\ -0,5x + 3, & \text{se } 4 \leq x \leq 6 \end{cases} \quad (\text{AVII.4})$$

2.4 Função de pertinência para o conjunto Alto.

$$f(x) = \begin{cases} 0,5x - 1,5, & \text{se } 3 \leq x < 5 \\ 1, & \text{se } 5 \leq x < 6 \\ -0,5x + 4, & \text{se } 6 \leq x \leq 8 \end{cases} \quad (\text{AVII.5})$$

2.5 Função de pertinência para o conjunto Muito Alto.

$$f(x) = \begin{cases} 0,5x - 2,5, & \text{se } 5 \leq x < 7 \\ 1, & \text{se } x \geq 7 \end{cases} \quad (\text{AVII.6})$$

3. Avaliação dos conjuntos das idades

Os conjuntos baixo, muito baixo, alto e muito alto foram avaliados de acordo com o grau de contribuição na pesquisa por três especialistas da área de transporte de carga do programa de engenharia de transportes da UFRJ. Os conjuntos foram avaliados em relação à contribuição a tendência em Pouco, Moderado e Elevado. A figura 62 mostra as funções de pertinência para esses conjuntos.

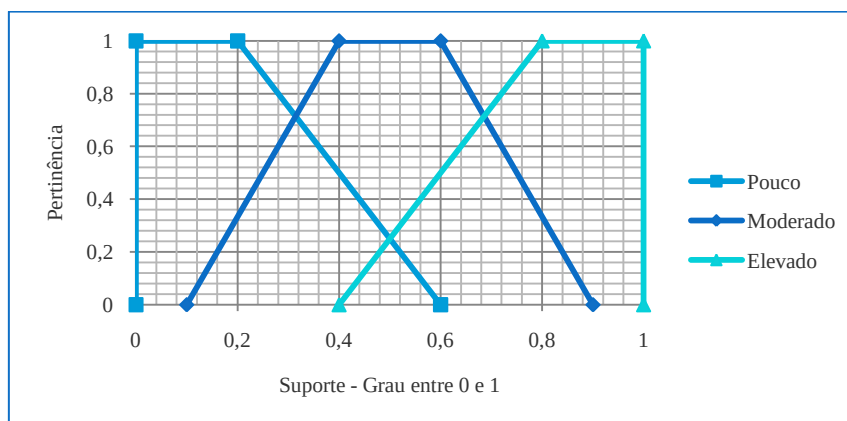


Figura 62 - Funções de pertinências para as variáveis linguísticas utilizadas para classificar os conjuntos das idades.

As funções de pertinências estão representadas nos conjuntos de equações abaixo.

3.1 Função de pertinência para o conjunto Pouco.

$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } 0 \leq x < 0,2 \\ -2,5x + 1,5, & \text{se } 0,2 \leq x \leq 0,6 \end{cases} \quad (\text{AVII.7})$$

3.2 Função de pertinência para o conjunto Moderado.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{10}{3}x - \frac{1}{3}, & \text{se } 0,1 \leq x < 0,4 \\ 1, & \text{se } 0,4 \leq x < 0,6 \\ -\frac{1}{3}x + 3, & \text{se } 0,6 \leq x \leq 0,9 \end{cases} \quad (\text{AVII.8})$$

3.3 Função de pertinência para o conjunto Médio

$$f(x) = \begin{cases} 2,5x + 0,5, & \text{se } 0,4 \leq x < 0,8 \\ 1, & \text{se } x \geq 0,8 \end{cases} \quad (\text{AVII.9})$$

A tabela 48 mostra as avaliações para os conjuntos das idades para cada avaliador.

Tabela 48: Avaliação dos conjuntos das idades pelos especialistas.

CONJUNTO DAS IDADES	ESPECIALISTA 1	ESPECIALISTA 2	ESPECIALISTA 3
Muito baixa	Pouco	Pouco	Pouco
Baixa	Pouco	Moderado	Moderado
Média	Moderado	Moderado	Moderado
Alta	Moderado	Elevado	Moderado
Muito alta	Elevado	Elevado	Elevado

A avaliação de cada especialista será representada pelo número Fuzzy R_{ij} , onde representa a resposta do avaliador i em relação ao conjunto de idades j . A equação AVII.10 mostra a representação do número Fuzzy.

$$R_{ij} = (c_{ij}, a_{ij}, b_{ij}, d_{ij}) \quad (\text{AVII.10})$$

A avaliação final de cada conjunto de idades foi calculada de acordo com a equação AVII.11. Os resultados das avaliações estão apresentados na tabela 49.

$$R_j = \left(\left(\frac{1}{3} \right) \otimes (R_{1j} \oplus R_{2j} \oplus R_{3j}) \right), j = 1, 2 \text{ e } 3. \quad (\text{AVII.11})$$

Tabela 49: Avaliação final para cada conjunto das idades.

CONJUNTOS DAS IDADES	NÚMEROS FUZZY			
	c	a	b	d
Muito baixa	0	0	0,2	0,6
Baixa	0,0667	0,2667	0,4667	0,8
Média	0,1	0,4	0,6	0,9
Alta	0,2	0,533	0,7333	0,933
Muito alta	0,4	0,8	1	1

Com objetivo de se encontrar uma hierarquia representada por um peso para cada conjunto de idades, foi utilizado um indicador *fuzzy*, proposto por CHEN (1985), apresentado na equação AVII.12. O mesmo indicador foi utilizado por LIANG e WANG (1991) para selecionar localização de facilidades.

Dado um conjunto de i números fuzzy (Y_i, Q_i, R_i, Z_i), temos que:

$$U_T(F_i) \cong \left(\frac{(Z_i - x_1)}{(x_2 - x_1) - (R_i - Z_i)} + 1 - \frac{x_2 - Y_i}{(x_2 - x_1) + (Q_i - Y_i)} \right)^{1/2} \quad (\text{AVII.12})$$

Onde x_1 : é o mínimo valor do conjunto F_i (Y_i, Q_i, R_i ou Z_i).

x_2 : é o máximo do conjunto F_i (Y_i, Q_i, R_i ou Z_i).

A Tabela 50 apresenta a utilidade que será utilizada como peso para os conjuntos das idades utilizadas na pesquisa.

Tabela 50: Pesos para os conjuntos das idades.

CONJUNTOS DAS IDADES	PESOS (UTILIDADE)
Muito baixa	0,21
Baixa	0,41
Média	0,50
Alta	0,59
Muito alta	0,79

4. Estimativa dos percentuais de gasolina e etanol

Cada resposta da pesquisa foi ponderada de acordo com o peso dos conjuntos de idades. Porém, cada resposta possui um valor *crisp* para o tempo de uso de veículos *flex*. Cada entrevistado terá um grau de pertinência em cada conjunto de idades calculado pelas equações AVII.2 a AVII.6. O peso final da resposta de cada entrevistado foi calculado pela equação AVII.13.

$$Peso_k = \frac{P_k^{MB} * Peso_{MB} + P_k^B * Peso_B + P_k^M * Peso_M + P_k^A * Peso_A + P_k^{MA} * Peso_{MA}}{Peso_{MB} + Peso_B + Peso_M + Peso_A + Peso_{MA}} \quad (AVII.13)$$

Depois de determinado os pesos dos avaliadores (entrevistados), foi determinada a estimativa de percentual de escolha de combustíveis em 4 situações apresentadas na tabela 51.

Tabela 51: Situações avaliadas.

SITUAÇÕES	DESCRIÇÃO DAS SITUAÇÕES
A	Preço do etanol é igual da gasolina
B	Preço do etanol é igual a 80% da gasolina
C	Preço do etanol é igual a 60% da gasolina
D	Preço do etanol é igual a 10% da gasolina

Para se determinar a estimativa para o valor o percentual de pessoas que utilizam gasolina para cada situação da tabela 50, foi utilizada a equação AVII.14.

$$Perc_x^G = \frac{\sum_{k=1}^n Peso_{k,x}^{gasolina}}{\sum_{k=1}^n Peso_{k,x}^{gasolina} + \sum_{k=1}^n Peso_{k,x}^{etanol}} \quad (AVII.14)$$

Onde:

$$Peso_{k,x}^G =$$

$\begin{cases} Peso_k, & \text{se o entrevistado } k \text{ respondeu que usa gasolina na situação } x. \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$

n: número total de entrevistados

x: situação A, B, C ou D.

A tabela 52 apresenta os valores encontrados para as estimativas da tendência de percentual de pessoas que utilizam gasolina e etanol nas situações A, B, C e D.

Tabela 52: Estimativas de percentuais para cada situação.

SITUAÇÃO	PERCENTUAL QUE USA GASOLINA	PERCENTUAL QUE USA ETANOL
A	94,00%	6,00%
B	93,37%	6,63%
C	19,48%	80,52%
D	11,14%	88,86%

Para as séries de médias de preços entre gasolina e etanol, verificou-se que os valores ficaram entre as situações A e B. Logo, optou-se por fazer uma interpolação linear para se encontrar os valores dos percentuais de gasolina e etanol para os anos estudados. A equação AVII.15 apresenta o valor estimado para o percentual de pessoas que utilizam etanol quando o preço do etanol está entre 60% e 80% da gasolina.

$$Percentual_{etanol} = -3,6945 * \frac{Preço_{etanol}}{Preço_{gasolina}} + 3,0219, \quad se \ 0,6 \leq \frac{Preço_{etanol}}{Preço_{gasolina}} \leq 0,8$$

(AVII.15)

5. Comparação com os resultados de Goldemberg (2008)

Com a finalidade de validar os resultados encontrados, os valores foram comparados com o estudo realizado por Goldemberg *et al.* (2008). A figura 63 apresenta os resultados do estudo realizado por GOLDEMBERG (2008) que apresenta a fração média (ponderada pelo número de veículos) da frota de veículos *flex* em cada Estado, em função da razão média dos preços dos combustíveis na bomba, obtidos a partir dos levantamentos mensais de preços da ANP no período de 2005-2007.

A curva contínua corresponde à função que melhor representa o comportamento brasileiro médio de usar o AEHC (álcool etílico hidratado carburante) em veículos leves, em resposta à relação dos preços dos combustíveis. A curva tracejada indica a curva ideal que corresponde a um uso de AEHC por 50% da frota flexível quando a razão de preços por litro entre o AEHC e a gasolina C for a de equilíbrio de autonomia, ou seja, 70%.

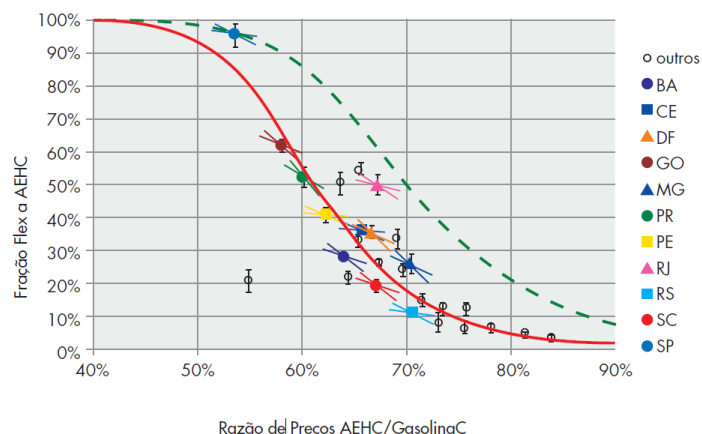


Figura 63: Fração da frota de veículos flexíveis operando com AEHC em função da relação de preços entre o AEHC e a gasolina C, nos postos, em cada unidade da Federação.

Da análise da figura 64 onde apresenta a comparação dos estudos, identifica-se os seguintes itens importantes:

Item 1: Os resultados do estudo atual ficaram entre o comportamento nacional e o dito como ideal no estudo de GOLDEMBER, 2008;

Item 2: O ponto do estado do Rio de Janeiro para o estudo de GOLDEMBER (2008) ficou próximo ao comportamento encontrado no presente trabalho;

Item 3: Mesmo com o preço do etanol 10% em relação ao da gasolina, ainda existem pessoas que permanecem usando a gasolina;

Item 4: Mesmo com preço do etanol igual ao da gasolina, ainda existem pessoas que permanecem usando o etanol;

Item 5: As quatro situações estudadas no presente trabalho (A, B, C e D) não foram suficiente para elaborar uma curva representativa do comportamento de escolha entre os combustíveis, devido a isto, optou-se pela interpolação entre os percentuais de 60% e 80% do preço do etanol em relação a gasolina.

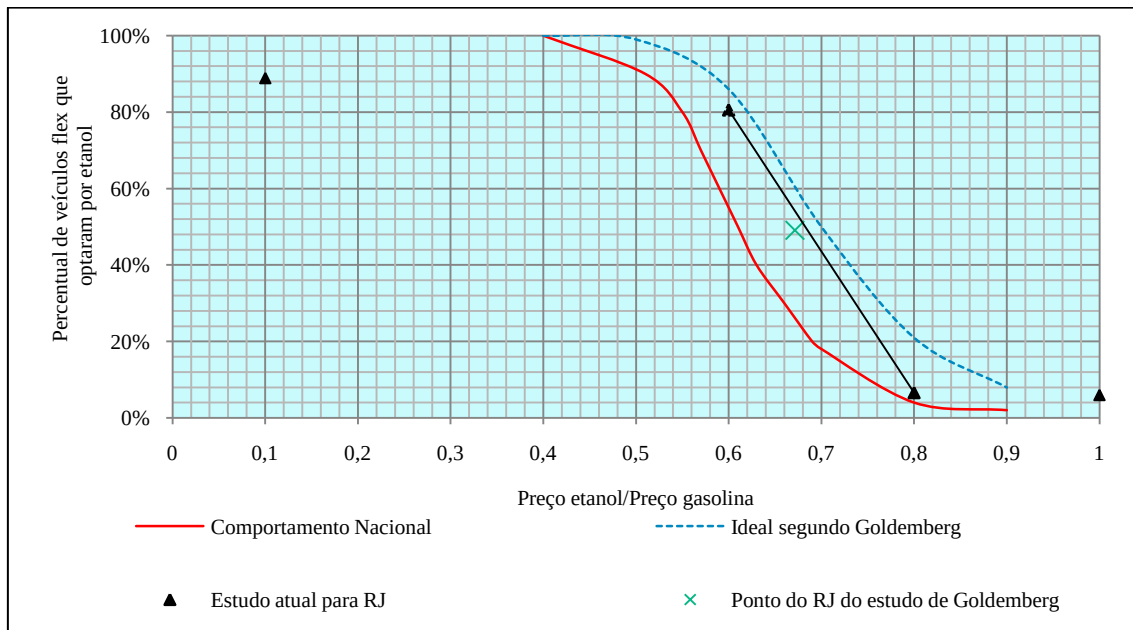


Figura 64: Comparação entre os resultados do estudo de Goldemberg (2008) e os deste trabalho.

ANEXO VIII – PREVISÃO DA EVOLUÇÃO DAS VENDAS DE VEÍCULOS – 2011 A 2030.

A previsão das vendas de veículos utilizada no Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro seguiu as taxas apresentadas na Tabela 15 apresentada no item 6.2 deste relatório, adaptadas do INEAVAR (2011). A adoção destas taxas se deve a consideração de similaridade entre as frotas de veículos nacionais e do estado do Rio de Janeiro balizada pela verificação de como seria a projeção desta frota a partir de variáveis sócio econômicas exógenas ao processo já utilizado – projeção por tendência de crescimento. Tais variáveis são usualmente as variáveis sócio-econômicas produto interno bruto (PIB) e população.

A opção por adotar, sempre que possível, os parâmetros de INEAVAR (2011) deve-se ao potencial de comparação entre os resultados do inventário nacional e do Estado do Rio de Janeiro. Porém, em função das projeções do INEAVAR (2011) se limitarem ao ano de 2020 e de aspectos específicos da frota do Estado do Rio de Janeiro a adoção exata dos parâmetros do INEAVAR (2011) nem sempre foi possível, havendo a necessidade de adequá-los a realidade do Rio do Janeiro, sendo necessário avaliações complementares que se apresentam neste Anexo.

Assim sendo, este anexo apresenta as considerações e estimativas realizadas para as vendas de veículos novos no estado do Rio de Janeiro. Para o estabelecimento das tendências considerou-se como variável dependente as estimativa de vendas anuais obtidas do banco de dados do DETRAN-RJ, anteriores a 2010.

1. Variáveis socioeconômicas utilizadas

Com objetivo de correlacionar as vendas com variáveis socioeconômicas, foram utilizadas as séries históricas do PIB-VABPB (Produto Interno Bruto - Valor adicionado bruto a preços básicos) e população total do estado do Rio de Janeiro disponibilizadas no IBGE. A tabela 53 apresenta os dados de PIB e população utilizados na pesquisa.

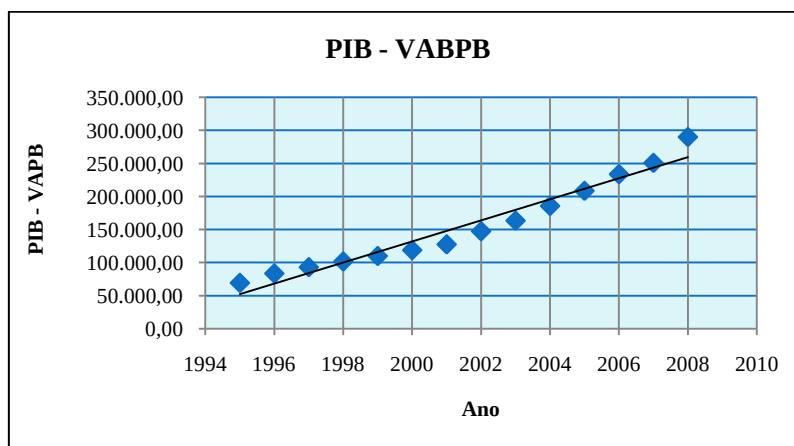
Tabela 53 – Dados de PIB-VABPB e população utilizados na pesquisa.

ANO	PIB - VALOR ADICIONADO BRUTO A PREÇOS BÁSICOS (1.000.000 R\$)	POPULAÇÃO TOTAL
1995	69.033,81333	ND
1996	83.343,12258	13.406.308
1997	92.821,74857	ND
1998	101.472,3232	ND
1999	109.752,6168	ND
2000	118.711,6235	14.391.282
2001	127.407,3642	ND
2002	147.286,962	ND
2003	163.297,7429	ND
2004	185.628,642	ND
2005	208.508,1931	ND
2006	233.778,3247	ND
2007	250.855,8029	15.420.375
2008	290.149,9625	ND
2010	ND	15.989.929

Legenda:.. ND: não disponível.

Fonte: IBGE, 2011

Com objetivo de realizar projeções até o ano de 2030, foi avaliada a tendência em relação à variável ano para o PIB e população. A tabela 54 mostra a análise da regressão do PIB-VABPB em função do ano e o gráfico 64 a variação anual dos dados.

**Figura 65 – PIB – VABPB em função do ano.****Tabela 54 – Análise da regressão do PIB-VABPB em função do ano.**

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO DO PIB

<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,98				
R-Quadrado	0,95				
R-quadrado ajustado	0,95				
Observações	14				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	58048601977	58048601977	239,19	$2,73 \cdot 10^{-09}$
Resíduo	12	2912251102	242687591,8		
Total	13	60960853079			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	
Interseção	-31815474,8	2067233,627	-15,39	$2,89605 \cdot 10^{-09}$	
Ano	15973,69	1032,840087	15,47	$2,73819 \cdot 10^{-09}$	

A tabela 55 mostra a análise da regressão da população em função do ano e o gráfico 65 a variação anual dos dados para a população total do Rio de Janeiro.

Tabela 55 – Análise da regressão da população em função do ano.

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO DA POPULAÇÃO TOTAL					
<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,99				
R-Quadrado	0,99				
R-quadrado ajustado	0,98				
Observações	4				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	121,44	121,44	185,16	0,0054
Resíduo	2	1,31	0,66		
Total	3	122,75			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	
Interseção	1920,76	6,08	316,14	$1,00 \cdot 10^{-5}$	
Ano	$5,57 \cdot 10^{-6}$	$4,10 \cdot 10^{-7}$	13,61	0,0054	

A tabela 56 apresenta os valores da extrapolação dos dados, ou seja, as estimativas do PIB-VABPB e população total do Rio de Janeiro até o ano de 2030, baseado na tendência observada entre os anos utilizados para elaboração da regressão linear.

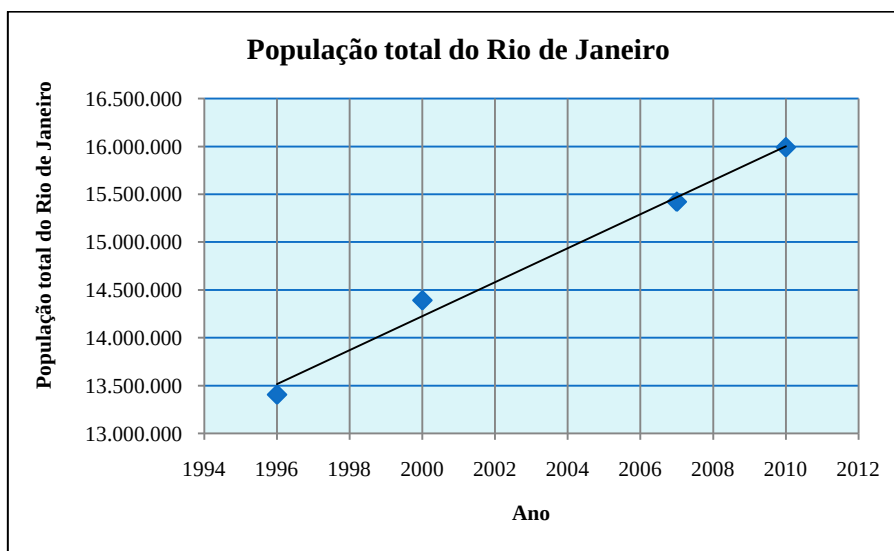


Figura 66 – População total do Rio de Janeiro em função do ano.

Tabela 56 – Estimativas para o PIB – VABPB e População total do Rio de Janeiro.

ANO	PIB - VABPB	POPULAÇÃO TOTAL
2009	311.074,38	15.781.908
2010	335.238,02	15.940.864
2011	359.401,66	16.099.820
2012	383.565,30	16.258.776
2013	407.728,94	16.417.732
2014	431.892,58	16.576.688
2015	456.056,22	16.735.644
2016	480.219,86	16.894.600
2017	504.383,50	17.053.556
2018	528.547,14	17.212.512
2019	552.710,78	17.371.468
2020	576.874,42	17.530.424
2021	601.038,06	17.689.380
2022	625.201,70	17.848.336
2023	649.365,34	18.007.292
2024	673.528,98	18.166.248
2025	697.692,62	18.325.204
2026	721.856,26	18.484.160
2027	746.019,90	18.643.116
2028	770.183,54	18.802.072
2029	794.347,18	18.961.028
2030	818.510,82	19.119.984

2. Estimativa para a venda de automóveis

De posse dos valores observados e estimados do PIB- VABPB e População se tentou elaborar uma regressão linear para estimar as vendas de veículos em função dessas variáveis socioeconômicas. Cabe ressaltar que está se realizando uma extrapolação,

supondo que a tendência permaneça a mesma. Logo, outros cenários poderiam ser elaborados.

A tabela 57 apresenta os testes preliminares para a escolha das variáveis e intervalo de tempo para elaboração do modelo de regressão. A inclusão da variável população aumentou o R^2 para as duas opções de intervalo de tempo analisadas. Como nos últimos dez anos o resultado apresentou um coeficiente de determinação (R^2) melhor, decidiu-se utilizar o modelo com as variáveis PIB- VABPB e População para os últimos dez anos para realizar a estimativa de vendas de automóveis.

Tabela 57 – Avaliação preliminar dos modelos.

Opção	Variáveis independentes	Intervalo de tempo	R^2
1	PIB- VABPB	1995 a 2010	0,51
2	PIB- VABPB e População	1995 a 2010	0,84
3	PIB- VABPB	2000 a 2010	0,80
4	PIB- VABPB e População	2000 a 2010	0,89

A tabela 58 mostra a análise da regressão de previsão de vendas de automóveis para a opção 4 da tabela 56. A venda de automóveis não foi dividida por combustíveis, foi realizada, inicialmente, de forma agregada. Considerando como referência as taxas do INEAVAR (2011) que adota um crescimento anual da venda de automóveis de 4,8% de 2010 a 2015 e 3,8% de 2016 a 2020. A tabela 59 mostra as estimativas segundo a regressão elaborada neste trabalho e utilizando os percentuais utilizados no INEAVAR (2011). A diferença entre as duas estimativas é relativamente pequena.

Tabela 58 – Análise da regressão da estimativa de vendas de automóveis em função do PIB e população.

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA ESTIMATIVA DE AUTOMÓVEIS					
<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,94				
R-Quadrado	0,89				
R-quadrado ajustado	0,86				
Observações	11				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	13.717.160.326,54	6.858.580.163,27	32,19	0,0001
Resíduo	8	1.704.453.753,10	213.056.719,14		
Total	10	15.421.614.079,64			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	
Interseção	3.754.075,60	1544271,78	2,43	0,04	
PIB	2,33	0,77	3,01	0,016	
População	-0,27	0,11	-2,41	0,04	

Tabela 59 – Estimativa para vendas de automóveis.

ANO	VENDAS ESTIMADAS	
	REGRESSÃO LINEAR	PERCENTUAL INEAVAR (2011)
2011	209.825	213.159
2012	222.779	223.391
2013	235.732	234.113
2014	248.685	245.351
2015	261.639	257.128
2016	274.592	269.470
2017	287.545	279.710
2018	300.498	290.339
2019	313.452	301.371
2020	326.405	312.824
2021	339.358	324.711
2022	352.312	337.050
2023	365.265	349.858
2024	378.218	363.152
2025	391.171	376.952
2026	404.125	391.276
2027	417.078	406.145
2028	430.031	421.578
2029	442.985	437.598
2030	455.938	454.227

A Figura 67 mostra a evolução das estimativas até 2030, onde percebe-se pouca diferença entre as duas considerações.

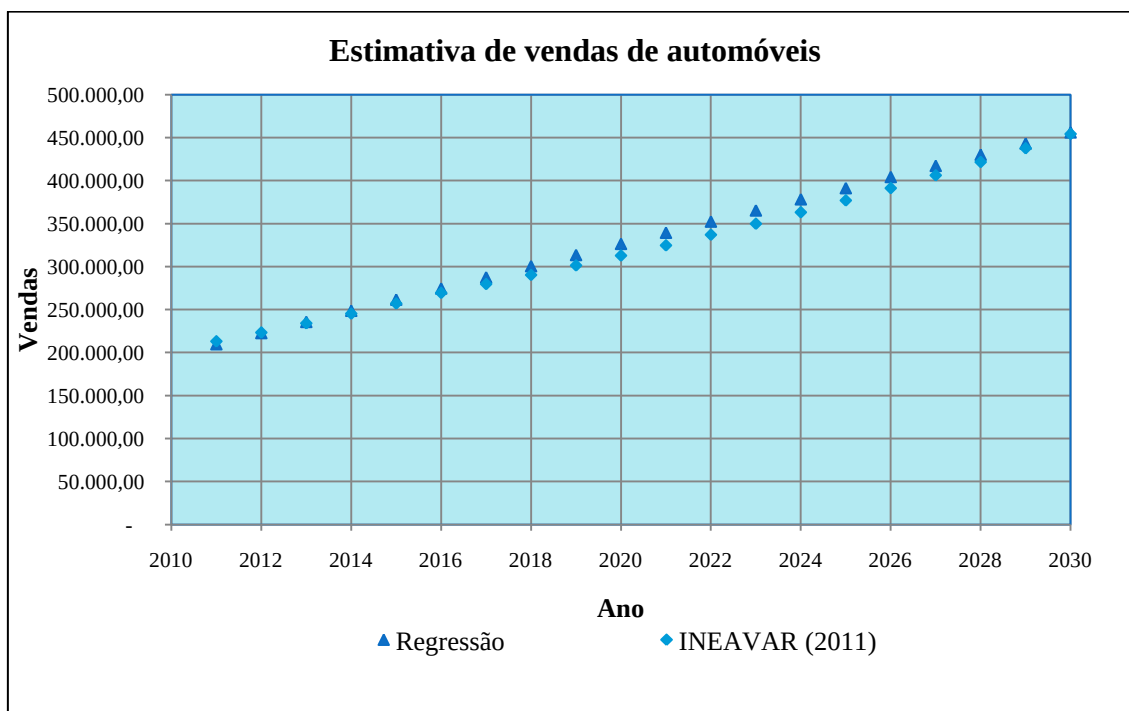


Figura 67 – Estimativa de vendas de automóveis.

Para estimar a quantidade de carros por combustível, foi avaliada a variação do percentual de vendas de veículos por combustível ao longo do tempo. A tabela 60 mostra a variação do percentual para os últimos dez anos.

No INEAVAR (2011), foi adotado o mesmo percentual observado para o ano de 2009, último ano de coleta de dados, no Brasil de 4% para veículos a gasolina, 0% para veículos a etanol e 96% para veículos flex.

A tabela 60 apresenta os percentuais para o estado do Rio de Janeiro e o observado também para o ano de 2010. Identifica-se uma leve diferença entre os dados do Rio de Janeiro e do Brasil considerado no INEAVAR (2011).

Em relação à estimativa de vendas de automóveis por combustível, têm-se duas combinações a analisar. Combinação A: Utilizar o percentual adotado pelo INEAVAR (2011) e Combinação B: Utilizar a última observação do ano de 2010 para os anos seguintes para o estado do Rio de Janeiro.

Tabela 60 – Percentual de vendas por combustível no Rio de Janeiro.

ANO	AUTOMÓVEIS				Observação
	Gasolina	Etanol	Flex fuel	Diesel	
2001	98,43%	1,55%	0,02%	0,03%	Observado
2002	97,82%	2,17%	0,01%	0,00%	Observado
2003	95,66%	1,58%	2,76%	0,00%	Observado
2004	75,61%	0,87%	23,52%	0,00%	Observado
2005	40,20%	0,54%	59,26%	0,00%	Observado
2006	17,40%	0,05%	82,55%	0,00%	Observado
2007	10,68%	0,00%	89,31%	0,00%	Observado
2008	8,05%	0,00%	91,94%	0,00%	Observado
2009	5,86%	0,00%	94,14%	0,00%	Observado
2010	7,48%	0,00%	92,52%	0,00%	Observado
2010 a 2030	7,48%	0,00%	92,52%	0,00%	Estimado, combinação B

3. Estimativa para a venda de comerciais leves

A tabela 61 apresenta os testes preliminares para a escolha das variáveis e intervalo de tempo para elaboração do modelo de regressão. A inclusão da variável população aumentou o R^2 para as duas opções de intervalo de tempo analisadas. Como nos últimos dez anos o resultado apresentou um coeficiente de determinação (R^2) melhor, decidiu-se utilizar o modelo com as variáveis PIB- VABPB e População para os últimos dez anos para realizar a estimativa de vendas de automóveis.

Tabela 61 – Avaliação preliminar dos modelos para comerciais leves.

Opção	Variáveis independentes	Intervalo de tempo	R^2
1	PIB- VABPB	1995 a 2010	0,56
2	PIB- VABPB e População	1995 a 2010	0,86
3	PIB- VABPB	2000 a 2010	0,82
4	PIB- VABPB e População	2000 a 2010	0,90

A tabela 62 mostra a análise da regressão de previsão de vendas de comerciais leves para a opção 4 da tabela 61. A venda de automóveis não foi dividida por combustíveis, foi realizada, inicialmente, de forma agregada. No INEAVAR (2011) foi considerado como premissa um crescimento anual da venda de automóveis de 4,8% de 2010 a 2015 e 3,8% de 2016 a 2020 para o ciclo Otto e de 2,2% para veículos do ciclo diesel.

A tabela 63 mostra as estimativas segundo a regressão elaborada neste trabalho e utilizando os percentuais utilizados no INEAVAR (2011). O gráfico 67 mostra a evolução anual das estimativas para ambas as situações.

Tabela 62 – Análise da regressão da estimativa de vendas de comerciais leves em função do PIB e população.

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA ESTIMATIVA DE COMERCIAIS LEVES					
<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,95				
R-Quadrado	0,90				
R-quadrado ajustado	0,87				
Observações	11				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	891.851.032,01	445.925.516,00	35,19	0,0001
Resíduo	8	101.362.121,99	12.670.265,25		
Total	10	993.213.154,00			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	
Interseção	942.120,58	376590,16	2,50	0,0368	
PIB	0,59	0,19	3,15	0,0137	
População	-0,069	0,028	-2,52	0,0360	

Tabela 63 – Estimativa para vendas de comerciais leves.

ANO	VENDAS ESTIMADAS			
	REGRESSÃO LINEAR	PERCENTUAL INEAVAR (2011)		
	Total	Ciclo Otto	Ciclo Diesel	Total
2011	39.394	37.292	7.320	44.612
2012	42.697	39.082	7.481	46.563
2013	46.000	40.958	7.645	48.603
2014	49.303	42.924	7.813	50.737
2015	52.605	44.984	7.985	52.970
2016	55.908	46.694	8.161	54.855
2017	59.211	48.468	8.340	56.809
2018	62.514	50.310	8.524	58.834
2019	65.816	52.222	8.711	60.933
2020	69.119	54.206	8.903	63.109
2021	72.422	56.266	9.099	65.365
2022	75.725	58.404	9.299	67.703
2023	79.028	60.623	9.504	70.127
2024	82.330	62.927	9.713	72.640
2025	85.633	65.318	9.927	75.245
2026	88.936	67.800	10.145	77.945
2027	92.239	70.377	10.368	80.745
2028	95.541	73.051	10.596	83.647
2029	98.844	75.827	10.829	86.656
2030	102.147	78.708	11.068	89.776

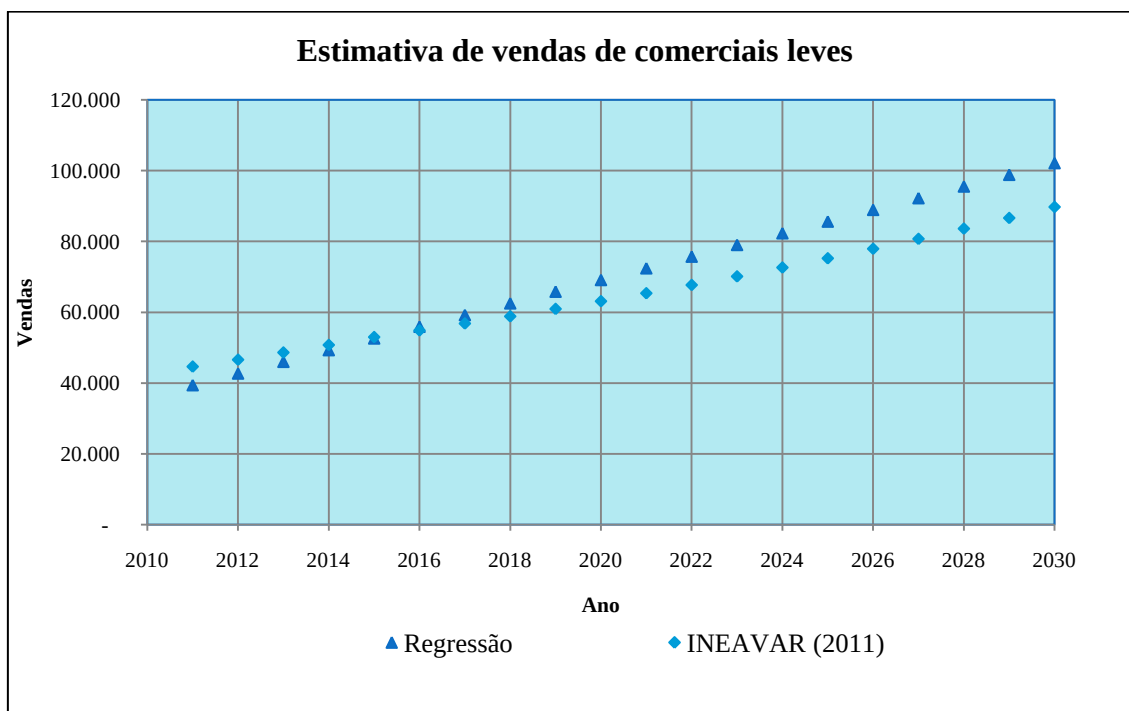


Figura 68 – Estimativa de vendas de comerciais leves.

Para estimar a quantidade de comerciais leves por combustível, foi avaliada a variação do percentual de vendas de veículos por combustível ao longo do tempo. A tabela 64 mostra a variação do percentual para os últimos dez anos.

No INEAVAR (2011), foi adotado o mesmo percentual observado para o ano de 2009 no Brasil de 22% para veículos a gasolina, 0% pra veículos a etanol e 78% para veículos flex.

A tabela 64 apresenta os percentuais para o estado do Rio de Janeiro e o observado também para o ano de 2010. Observam-se diferenças nos percentuais observados para os dados do Rio de Janeiro e Brasil.

Em relação à estimativa de vendas de automóveis por combustível, têm-se duas combinações a analisar. Combinação A: Utilizar o percentual adotado pelo INEAVAR (2011) e Combinação B: Utilizar a última observação do ano de 2010 para os anos seguintes para o estado do Rio de Janeiro.

Tabela 64 – Percentuais de vendas de comerciais leves no Rio de Janeiro.

ANO	COMERCIAIS LEVES							Observação
	Para o Ciclo Otto			Em relação ao total				
	Gasolina	Etanol	Flex fuel	Gasolina	Etanol	Flex fuel	Diesel	
2001	99,43%	0,55%	0,02%	75,45%	0,42%	0,01%	24,12%	Observado
2002	99,32%	0,66%	0,02%	82,05%	0,54%	0,02%	17,39%	Observado
2003	95,15%	0,62%	4,23%	79,38%	0,52%	3,53%	16,57%	Observado
2004	82,27%	0,31%	17,41%	67,58%	0,26%	14,30%	17,85%	Observado
2005	64,38%	0,30%	35,31%	53,67%	0,25%	29,44%	16,64%	Observado
2006	35,98%	0,00%	64,02%	29,88%	0,00%	53,16%	16,97%	Observado
2007	31,48%	0,00%	68,52%	25,95%	0,00%	56,50%	17,55%	Observado
2008	39,11%	0,00%	60,89%	31,98%	0,00%	49,79%	18,24%	Observado
2009	38,01%	0,00%	61,99%	31,96%	0,00%	52,14%	15,90%	Observado
2010	43,78%	0,00%	56,22%	36,44%	0,00%	46,80%	16,75%	Observado
2010 a 2030	43,78%	0,00%	56,22%	36,44%	0,00%	46,80%	16,75%	Estimado, combinação B

4. Estimativa para a venda Motocicletas

A tabela 65 apresenta os testes preliminares para a escolha das variáveis e intervalo de tempo para elaboração do modelo de regressão. De uma análise prévia do comportamento dos dados, foi observado que os anos de 2007 e 2008 apresentaram vendas muito acima do valor esperado. Logo, foram testados modelos com e sem esses anos.

Tabela 65 – Avaliação preliminar dos modelos para motocicletas.

Opção	Variáveis independentes	Intervalo de tempo	R ²
1	PIB- VABPB	1995 a 2010	0,74
2	PIB- VABPB e População	1995 a 2010	0,75
3	PIB- VABPB	1995 a 2010, exceto 2007 e 2008	0,94
4	PIB- VABPB e População	1995 a 2010, exceto 2007 e 2008	0,96
5	PIB- VABPB	2000 a 2010	0,57
6	PIB- VABPB e População	2000 a 2010	0,58
7	PIB- VABPB	2000 a 2010, exceto 2007 e 2008	0,93
8	PIB- VABPB e População	2000 a 2010, exceto 2007 e 2008	0,93

As opções com maior intervalo de tempo (1, 2, 3 e 4) apresentaram maior coeficiente de correlação. A consideração das duas variáveis socioeconômicas simultaneamente melhorou o desempenho dos modelos. Como os anos de 2007 e 2008 apresentaram valor de vendas maior do que o esperado, decidiu-se avaliar os modelos 4 que considera as duas variáveis socioeconômicas e descarta esses anos e o modelo 2 que os considera.

A tabela 66 mostra a análise da regressão de previsão de vendas de motocicletas para a opção 2 da tabela 65 e a tabela 67 para a opção 4. A venda de motocicletas não foi dividida por combustíveis, foi realizada, inicialmente, de forma agregada. No INEAVAR (2011) foi considerado como premissa um crescimento anual da venda de motocicletas de 4,8% de 2010 a 2015 e 3,8% de 2016 a 2020 para o ciclo Otto.

Tabela 66 – Análise da regressão da estimativa de vendas de motocicletas em função do PIB e população, considerando os anos de 1995 a 2010.

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA ESTIMATIVA DE MOTOCICLETAS					
<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,86				
R-Quadrado	0,75				
R-quadrado ajustado	0,71				
Observações	16				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	8.295.351.532,15	4.147.675.766,07	19,09	0,0001
Resíduo	13	2.824.444.471,85	217.264.959,37		
Total	15	11.119.796.004,00			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	
Interseção	- 53.951,31	206192,96	-0,26	0,7977	
PIB	0,24	0,15	1,57	0,1406	
População	0,003	0,016	0,22	0,8314	

Tabela 67 – Análise da regressão da estimativa de vendas de motocicletas em função do PIB e população, considerando os anos de 1995 a 2010, excluindo os anos de 2007 e 2008.

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA ESTIMATIVA DE MOTOCICLETAS OPÇÃO 4					
<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,98				
R-Quadrado	0,97				
R-quadrado ajustado	0,96				
Observações	14				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	3.645.274.473,91	1.822.637.236,96	151,92	0,0000
Resíduo	11	131.967.715,80	11.997.065,07		
Total	13	3.777.242.189,71			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	
Interseção	- 129.134,73	49031,29	-2,63	0,0233	
PIB	0,11	0,04	2,83	0,0163	
População	0,010	0,004	2,61	0,0243	

Tabela 68 – Estimativa para vendas de motocicletas.

ANO	VENDAS ESTIMADAS		
	REGRESSÃO LINEAR		PERCENTUAL INEAVAR (2011)
	OPÇÃO 2	OPÇÃO 4	
2011	88.324	67.233	69.557
2012	94.719	71.366	72.896
2013	101.114	75.498	76.395
2014	107.508	79.630	80.061
2015	113.903	83.762	83.904
2016	120.298	87.894	87.932
2017	126.693	92.026	91.273
2018	133.088	96.158	94.742
2019	139.483	100.290	98.342
2020	145.878	104.422	102.079
2021	152.272	108.555	105.958
2022	158.667	112.687	109.984
2023	165.062	116.819	114.164
2024	171.457	120.951	118.502
2025	177.852	125.083	123.005
2026	184.247	129.215	127.679
2027	190.642	133.347	132.531
2028	197.036	137.479	137.567
2029	203.431	141.612	142.795
2030	209.826	145.744	148.221

A Figura 69 mostra a evolução anual das estimativas para as três situações. Observa-se que a opção 4 é muito próxima da série resultante dos percentuais utilizados pelo INEAVAR (2011).

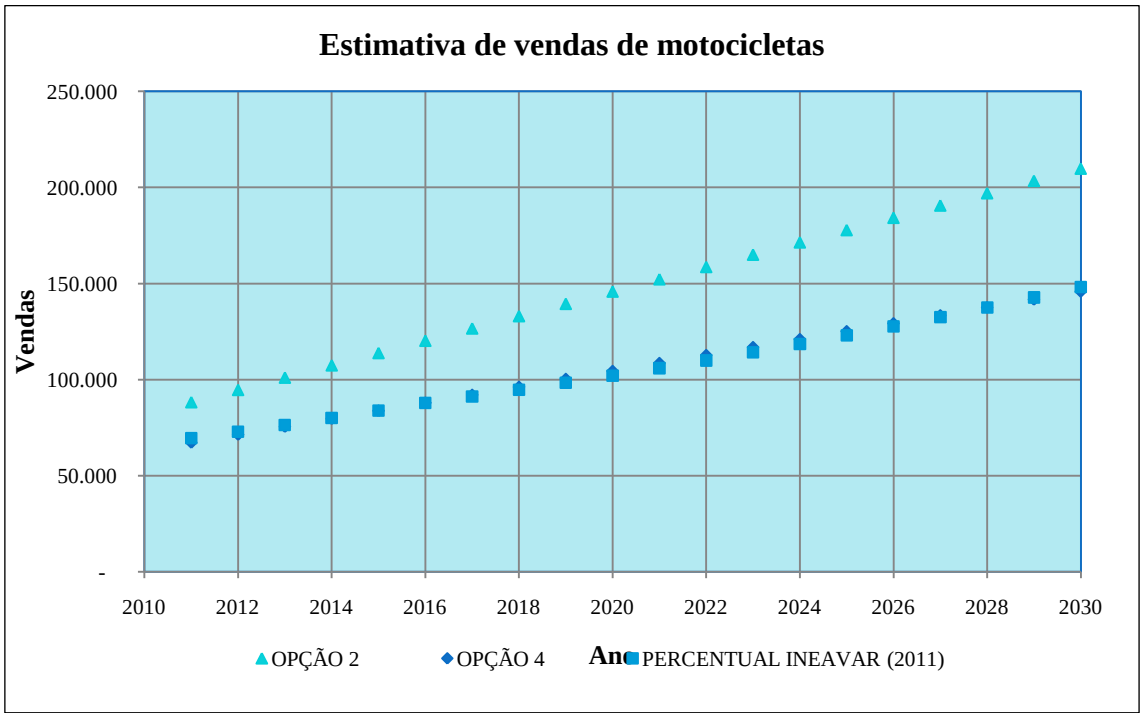


Figura 69 – Estimativa de vendas de motocicletas.

No INEAVAR (2011), foi adotado o mesmo percentual observado para o ano de 2009 no Brasil de 88% para motocicletas a gasolina e 12% para motocicletas flex.

A tabela 69 apresenta os percentuais para o estado do Rio de Janeiro e o observado também para o ano de 2010. Observam-se diferenças nos percentuais observados para os dados do Rio de Janeiro e Brasil e um percentual bem maior de motocicletas flex no ano de 2010. A estimativa foi realizada até se chegar a um valor próximo de 50% para as duas opções de combustíveis adotando a mesma taxa de crescimento observada no ano de 2010 em relação a 2009 para motocicletas flex.

Tabela 69 – Percentuais de vendas de motocicletas no Rio de Janeiro.

ANO	MOTOCICLETAS		Observação
	GASOLINA	FLEX FUEL	
2008	100,00%	0,00%	Observado
2009	86,81%	13,19%	Observado
2010	79,70%	20,30%	Observado
2011	68,75%	31,25%	Estimado
2012	51,89%	48,11%	Estimado
2013 a 2030	51,89%	48,11%	Estimado

Em relação à estimativa de vendas de motocicletas por combustível, têm-se duas combinações a analisar. Combinação A: Utilizar o percentual adotado pelo INEAVAR (2011) e Combinação B: Utilizar as estimativas apresentadas na tabela 69.

5. Estimativa para a venda Caminhões

A tabela 70 apresenta os testes preliminares para a escolha das variáveis e intervalo de tempo para elaboração do modelo de regressão.

Tabela 70 – Avaliação preliminar dos modelos para caminhões.

Opção	Variáveis independentes	Intervalo de tempo	R ²
1	PIB- VABPB	1995 a 2010	0,70
2	PIB- VABPB e População	1995 a 2010	0,82
3	PIB- VABPB	2000 a 2010	0,83
4	PIB- VABPB e População	2000 a 2010	0,88

A tabela 71 mostra a análise da regressão de previsão de vendas de caminhões para a opção 4 da tabela 62 que apresentou maior coeficiente de determinação. No INEAVAR (2011) foi considerado como premissa um crescimento anual da venda de caminhões de 5,00%.

Em relação à divisão em leves, médios e pesados, o INEAVAR (2011) utilizou as mesmas proporções observadas em 2009 para o Brasil (respectivamente 30%, 10% e 60%).

Tabela 71 – Análise da regressão da estimativa de vendas de caminhões no Rio de Janeiro.

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA ESTIMATIVA DE CAMINHÕES					
<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,91				
R-Quadrado	0,82				
R-quadrado ajustado	0,80				
Observações	16				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	34.744.092,10	17.372.046,05	30,34	0,000013
Resíduo	13	7.443.540,33	572.580,03		
Total	15	42.187.632,44			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	
Interseção	32.685,74	10585,15	3,09	0,0086	
PIB	0,04	0,01	4,94	0,0003	
População	-0,002	0,001	-3,00	0,0102	

Tabela 72 – Estimativa para vendas de caminhões no Rio de Janeiro.

ANO	VENDAS ESTIMADAS	
	REGRESSÃO LINEAR	PERCENTUAL INEAVAR (2011)
2011	7.549	8.541
2012	8.108	8.968
2013	8.667	9.416
2014	9.225	9.887
2015	9.784	10.381
2016	10.343	10.900
2017	10.902	11.445
2018	11.461	12.018
2019	12.019	12.619
2020	12.578	13.249
2021	13.137	13.912
2022	13.696	14.607
2023	14.255	15.338
2024	14.813	16.105
2025	15.372	16.910
2026	15.931	17.756
2027	16.490	18.643
2028	17.049	19.575
2029	17.607	20.554
2030	18.166	21.582

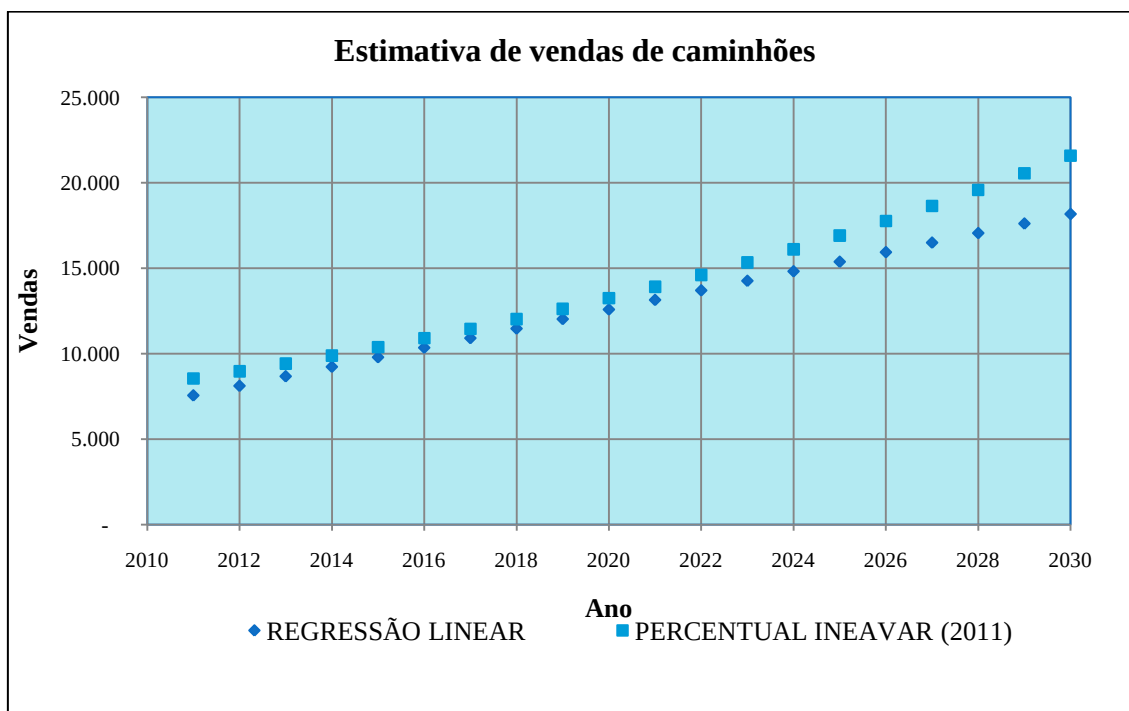


Figura 70 – Estimativa de vendas de caminhões.

6. Estimativa para a venda ônibus

A tabela 73 apresenta os testes preliminares para a escolha das variáveis e intervalo de tempo para elaboração do modelo de regressão.

Tabela 73 – Avaliação preliminar dos modelos para ônibus.

Opção	Variáveis independentes	Intervalo de tempo	R ²
1	PIB- VABPB	1995 a 2010	0,79
2	PIB- VABPB e População	1995 a 2010	0,91
3	PIB- VABPB	2000 a 2010	0,89
4	PIB- VABPB e População	2000 a 2010	0,92

A tabela 74 mostra a análise da regressão de previsão de vendas de comerciais leves para a opção 4 da tabela 62 que apresentou maior coeficiente de determinação. No INEAVAR (2011) foi considerado como premissa um crescimento anual da venda de caminhões de 1,7%.

Em relação à divisão em urbanos e rodoviários, o INEAVAR (2011) utilizou as mesmas proporções observadas em 2009 para o Brasil (respectivamente 90% e 10%).

A tabela 74 mostra a análise da regressão de previsão de vendas de ônibus para a opção 4 da tabela 62 que apresentou maior coeficiente de determinação. No INEAVAR (2011) foi considerado como premissa um crescimento anual da venda de caminhões de 1,70%.

Tabela 74 – Análise da regressão da estimativa de vendas de ônibus no Rio de Janeiro.

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO PARA ESTIMATIVA DE ÔNIBUS					
<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,91				
R-Quadrado	0,82				
R-quadrado ajustado	0,80				
Observações	16				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	34.744.092,10	17.372.046,05	30,34	0,000013
Resíduo	13	7.443.540,33	572.580,03		
Total	15	42.187.632,44			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	
Interseção	32.685,74	10585,15	3,09	0,0086	
PIB	0,04	0,01	4,94	0,0003	
População	-0,002	0,001	-3,00	0,0102	

Tabela 75 – Estimativa para vendas de ônibus no Rio de Janeiro.

ANO	VENDAS ESTIMADAS	
	REGRESSÃO LINEAR	PERCENTUAL INEAVAR (2011)
2011	7.549	8.272
2012	8.108	8.413
2013	8.667	8.556
2014	9.225	8.701
2015	9.784	8.849
2016	10.343	9.000
2017	10.902	9.153
2018	11.461	9.308
2019	12.019	9.467
2020	12.578	9.628
2021	13.137	9.791
2022	13.696	9.958
2023	14.255	10.127
2024	14.813	10.299
2025	15.372	10.474
2026	15.931	10.652
2027	16.490	10.833
2028	17.049	11.017
2029	17.607	11.205
2030	18.166	11.395

A Figura 71 mostra a evolução anual das estimativas para a previsão dada pela regressão linear do presente trabalho e a dos percentuais utilizados pelo INEAVAR

(2011). Observa-se que a diferença entre os modelos de previsão aumentam com o tempo.

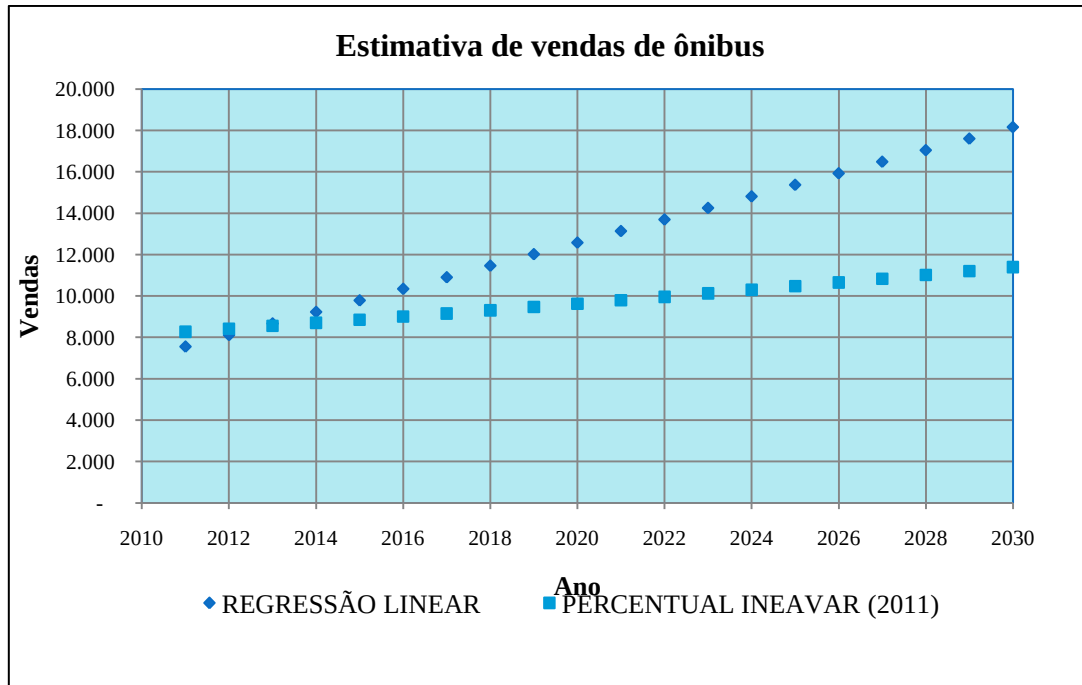


Figura 71 – Estimativa de vendas de ônibus.

ANEXO IX – PREVISÃO DE ESTIMATIVA DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS PARA O PERÍODO DE 2011 A 2030.

Para que se possam avaliar as intensidades de uso das frotas projetadas para o período de 2011 a 2030 é necessário que se realize a previsão da estimativa de consumo de combustíveis.

Este anexo apresenta as considerações e estimativas realizadas para a previsão de consumo de combustíveis para uso rodoviário no estado do Rio de Janeiro no período de 2011 a 2030.

1. Previsão de estimativa de combustíveis para o uso em motores do ciclo Otto

Para analisar o comportamento da demanda por combustíveis para o uso em motores do ciclo Otto, decidiu-se avaliar, primeiramente, a demanda agregada por energia em quilocalorias [kcal]⁶. Logo, todo o consumo de gasolina C, etanol hidratado e gás natural veicular (GNC) observado foi transformado para kcal. A tabela 76 apresenta os parâmetros utilizados para conversão.

Tabela 76 – Densidades e poderes caloríficos inferiores.

Produtos e unidades	Densidade (t/m3)	Poder calorífico inferior (Kcal/kg)
Gasolina C	0,75425	10.200
Gás Natural Seco	0,00074	8.800
Etanol hidratado	0,80900	6.300

Fonte: Anuário estatístico da ANP, 2010.

A tabela 77 apresenta os valores de consumo de gasolina C, etanol hidratado e gás natural seco⁷ a partir de 1980, ano da primeira observação disponível. A tabela 78 apresenta o valor equivalente em consumo de poderes caloríficos inferiores para cada combustível por ano.

⁶ Isso se deve ao fato de que gasolina, etanol e gás natural são combustíveis substitutos para uso em motores do ciclo Otto, logo, é possível que o consumo agregado cresça em função das variáveis sócio-econômicas explicativas do seu consumo enquanto individualmente possa haver flutuações (para cima e para baixo) de consumo de um combustível individualmente.

⁷ Adotou-se o dado gás natural seco como representativo do GNV.

Tabela 77 – Consumo anual de etanol hidratado, gasolina C e GNV no estado do Rio de Janeiro.

ANO	ETANOL HIDRATADO (m3)	GASOLINA (m3)	GNV (m3)
1980	59.751,00	1.740.171,00	
1981	179.124,00	1.551.013,00	
1982	207.511,00	1.608.358,00	
1983	351.581,00	1.436.392,00	
1984	527.458,00	1.271.543,00	
1985	665.455,00	1.225.367,00	
1986	880.397,00	1.312.527,00	
1987	979.801,00	1.149.610,00	
1988	1.104.443,00	1.086.040,00	
1989	1.215.364,79	1.371.838,49	
1990	1.300.553,70	1.321.613,12	
1991	1.139.322,95	1.413.856,09	
1992	997.139,42	1.276.828,57	500.000,00
1993	946.225,35	1.424.388,95	5.000.000,00
1994	949.043,32	1.566.190,29	15.000.000,00
1995	936.703,19	1.873.926,17	22.800.000,00
1996	887.970,06	2.178.531,15	17.300.000,00
1997	718.000,82	2.275.770,29	27.000.000,00
1998	524.663,82	2.256.054,53	58.000.000,00
1999	477.278,35	2.032.758,19	91.000.000,00
2000	231.707,64	1.847.747,04	169.000.000,00
2001	155.572,41	1.772.336,57	296.000.000,00
2002	157.566,84	1.971.934,25	421.000.000,00
2003	98.177,87	1.764.595,11	535.000.000,00
2004	109.816,56	1.848.172,40	635.000.000,00
2005	180.528,03	1.739.318,62	785.000.000,00
2006	224.254,94	1.660.802,99	958.000.000,00
2007	359.404,27	1.635.151,71	1.087.000.000,00
2008	677.059,60	1.616.429,48	1.061.000.000,00
2009	872.814,00	1.636.891,00	977.000.000,00
2010	746.457,54	1.867.262,00	969.000.000,00

Fonte: Anuário estatístico da ANP, 2010.

Tabela 78 – Energia consumida anualmente em kcal de etanol hidratado, gasolina C e GNV no estado do Rio de Janeiro.

ANO	ETANOL HIDRATADO (Kcal)	GASOLINA (Kcal)	GAS (Kcal)	TOTAL
1980	304.532.921.700,00	13.387.744.562.850,00	-	13.692.277.484.550,00
1981	912.941.290.800,00	11.932.485.863.550,00	-	12.845.427.154.350,00
1982	1.057.621.313.700,00	12.373.661.019.300,00	-	13.431.282.333.000,00
1983	1.791.902.882.700,00	11.050.666.393.200,00	-	12.842.569.275.900,00
1984	2.688.295.188.600,00	9.782.425.339.050,00	-	12.470.720.527.650,00
1985	3.391.624.498.500,00	9.427.177.209.450,00	-	12.818.801.707.950,00
1986	4.487.119.389.900,00	10.097.729.595.450,00	-	14.584.848.985.350,00
1987	4.993.751.756.700,00	8.844.352.093.500,00	-	13.838.103.850.200,00
1988	5.629.014.638.100,00	8.355.285.834.000,00	-	13.984.300.472.100,00
1989	6.194.349.730.289,70	10.554.033.670.121,60	-	16.748.383.400.411,20
1990	6.628.532.022.403,20	10.167.632.289.058,60	-	16.796.164.311.461,80
1991	5.806.787.253.781,50	10.877.289.726.921,50	-	16.684.076.980.703,00
1992	5.082.120.481.914,00	9.823.089.094.396,20	3.256.000.000,00	14.908.465.576.310,20
1993	4.822.626.736.248,30	10.958.322.720.789,20	32.560.000.000,00	15.813.509.457.037,50
1994	4.836.989.073.753,90	12.049.250.044.491,40	97.680.000.000,00	16.983.919.118.245,40
1995	4.774.095.138.279,60	14.416.769.892.276,10	148.473.600.000,00	19.339.338.630.555,70
1996	4.525.717.004.802,00	16.760.202.615.159,20	112.657.600.000,00	21.398.577.219.961,20
1997	3.659.434.789.487,40	17.508.297.368.264,80	175.824.000.000,00	21.343.556.157.752,20
1998	2.674.054.106.684,10	17.356.617.126.068,90	377.696.000.000,00	20.408.367.232.753,00
1999	2.432.544.581.735,10	15.638.720.244.116,60	592.592.000.000,00	18.663.856.825.851,70
2000	1.180.944.313.497,90	14.215.364.697.877,30	1.100.528.000.000,00	16.496.837.011.375,20
2001	792.905.896.950,30	13.635.205.543.116,20	1.927.552.000.000,00	16.355.663.440.066,50
2002	803.070.908.331,30	15.170.780.339.157,50	2.741.552.000.000,00	18.715.403.247.488,70
2003	500.383.129.642,20	13.575.647.758.745,10	3.483.920.000.000,00	17.559.950.888.387,30
2004	559.702.076.642,10	14.218.637.156.620,00	4.135.120.000.000,00	18.913.459.233.262,10
2005	920.097.205.404,30	13.381.186.920.563,70	5.111.920.000.000,00	19.413.204.125.968,00
2006	1.142.960.162.891,40	12.777.138.652.343,10	6.238.496.000.000,00	20.158.594.815.234,50
2007	1.831.775.743.867,17	12.579.794.393.434,80	7.078.544.000.000,00	21.490.114.137.302,00
2008	3.450.769.671.847,16	12.435.757.750.969,90	6.909.232.000.000,00	22.795.759.422.817,10
2009	4.448.471.113.800,00	12.593.175.374.850,00	6.362.224.000.000,00	23.403.870.488.650,00
2010	3.804.470.123.731,20	14.365.500.107.700,00	6.310.128.000.000,00	24.480.098.231.431,20

Fonte: Anuário estatístico da ANP, 2010.

A Figura 72 apresenta a variação da energia consumida anualmente em poder calorífico total em função do ano. Observou-se um comportamento linear com pouca variação a partir do ano de 2001, então foi realizada uma regressão linear com objetivo de estimar

o poder calorífico total em função do PIB-VABPB (Produto Interno Bruto - Valor adicionado bruto a preços básicos).

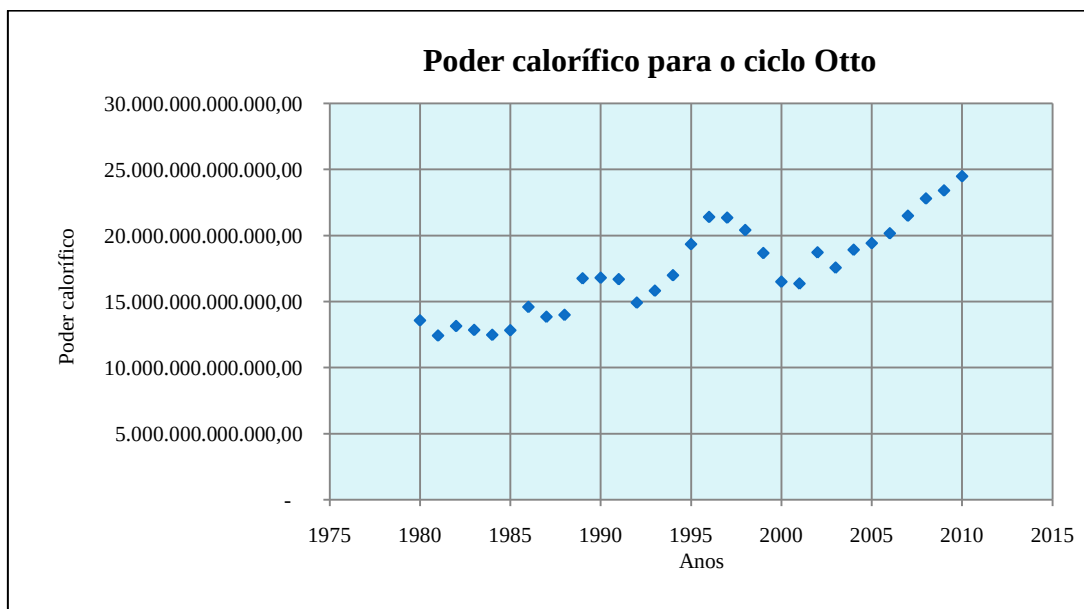


Figura 72: Poder calorífico total em função do ano para o ciclo Otto.

A tabela 79 mostra a análise da regressão para a estimativa do poder calorífico em função do PIB – VABPB para os últimos dez anos.

Tabela 79 – Análise da regressão do poder calorífico em função do PIB - VABPB.

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO					
<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,98				
R-Quadrado	0,96				
R-quadrado ajustado	0,96				
Observações	10				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	6,07.10 ²⁵	6,07.10 ²⁵	207,02	0,00000053
Resíduo	8	2,35.10 ²⁴	2,93. 10 ²³		
Total	9	6,30.10 ²⁵			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	
Interseção	12.120.375.636.960,20	595.632.288.058,82	20,35	3,56.10 ⁻⁸	
PIB - VABPB	36.428.828,69	2.531.866,181	14,39	5,32. 10 ⁻⁷	

1.1 Estimativa do consumo de GNV

Para a realização da estimativa do consumo de GNV, foi realizada uma regressão linear com objetivo de estimar este consumo em função da frota total de GNV. A frota total de GNV foi determinada pela soma dos automóveis e comerciais leves convertidos.

A tabela 80 mostra a análise da regressão para a estimativa do consumo de GNV em função da frota, considerando os anos de 1992 a 2010.

Tabela 80 – Análise da regressão do consumo de GNV em função da frota total de GNV.

RESUMO DOS RESULTADOS DA REGRESSÃO					
<i>Estatística de regressão</i>					
R múltiplo	0,99				
R-Quadrado	0,98				
R-quadrado ajustado	0,97				
Observações	19				
ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	3,18.10 ¹⁸	3,18.10 ¹⁸	698,51	3,02.10 ⁻¹⁵
Resíduo	17	7,73.10 ¹⁶	4,55.10 ¹⁸		
Total	18	3,25.10 ¹⁸			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	
Interseção	29.931.490,15	21.586.253,37	1,39	0,183480091	
Frota total de GNV	1.771,46	67,02620189	26,43	0,0000	

A tabela 81 apresenta o consumo estimado de GNV de 2011 a 2030, segundo a regressão apresentada na tabela 80.

Tabela 81 – Estimativa de GNV em m3 para 2011 a 2030.

ANO	Consumo de GNV (m ³)
2011	1.168.782.982,34
2012	1.116.937.205,92
2013	1.064.809.841,60
2014	1.013.057.078,74
2015	962.292.852,94
2016	913.107.090,64
2017	865.879.063,57
2018	821.075.262,01
2019	779.074.007,19
2020	740.211.054,31
2021	704.682.667,02
2022	672.634.759,87
2023	644.147.610,15
2024	619.233.789,87
2025	597.817.119,65
2026	579.803.442,48
2027	565.071.058,92
2028	553.465.299,46
2029	544.809.034,33
2030	538.941.671,77

1.2 Estimativa do consumo de gasolina C e etanol hidratado

Para a realização da estimativa de consumo da gasolina C e etanol hidratado, foi utilizado um modelo logit binomial, onde se determina a previsão do percentual estimado de energia (Kcal) para cada combustível. A equação AIX.1 e AIX.2 apresentam o modelo utilizado.

$$P_{gasolina}^{Energia} = \frac{e^{U_{gasolina}}}{e^{U_{gasolina}} + e^{U_{etanol}}} = \frac{1}{1 + e^{U_{etanol} - U_{gasolina}}} \quad (1)$$

Logo,

$$P_{etanol}^{Energia} = \frac{e^{U_{etanol}}}{e^{U_{gasolina}} + e^{U_{etanol}}} = \frac{1}{1 + e^{U_{gasolina} - U_{etanol}}} \quad (2)$$

Onde: $P_{gasolina}^{Energia}$: Percentual de poder calorífico em relação ao total, oriundo da gasolina para um determinado ano;

$P_{etanol}^{Energia}$: Percentual de poder calorífico em relação ao total, oriundo do etanol em para um determinado ano;

A equação AIX.3 apresenta os detalhes da diferença das funções utilidades utilizada nas equações AIX.1 e AIX.2.

$$U_{gasolina} - U_{etanol} = a.P.frota_{gasolina} + b \quad (3)$$

Onde: a e b: parâmetros;

$P.frota_{gasolina}$: Percentual da frota de automóveis e comerciais leves que utilizam gasolina.

Os parâmetros a e b foram ajustados de acordo com as observações dos anos de 1992 a 2010. Para o parâmetro a o valor é -9,605 e para o b é 5,617.

A tabela AIX.7 apresenta os percentuais da frota de automóveis e comerciais leves estimada que utilizam gasolina, a demanda estimada em poder calorífico (energia), a demanda de poder calorífico oriundo de cada combustível e o volume estimado de cada combustível. Para conversão de poder calorífico em volume foi utilizada a tabela AIX.1.

ANEXO X – DIVISÃO DE CAMINHÕES E ÔNIBUS POR TIPO.

O DETRAN-RJ fornece os dados de caminhões e ônibus de forma agregada, não sendo possível separá-los em caminhões leves, médios e pesados e ônibus urbanos e rodoviários.

Desse modo, para a divisão dos caminhões utilizou-se dados provenientes da Rechder e Fonseca (2003) e ANFAVEA (2010), por meio dos quais foi possível definir um percentual de divisão das vendas de caminhões novos para cada ano do período de 1970 a 2010, conforme Figura 73.

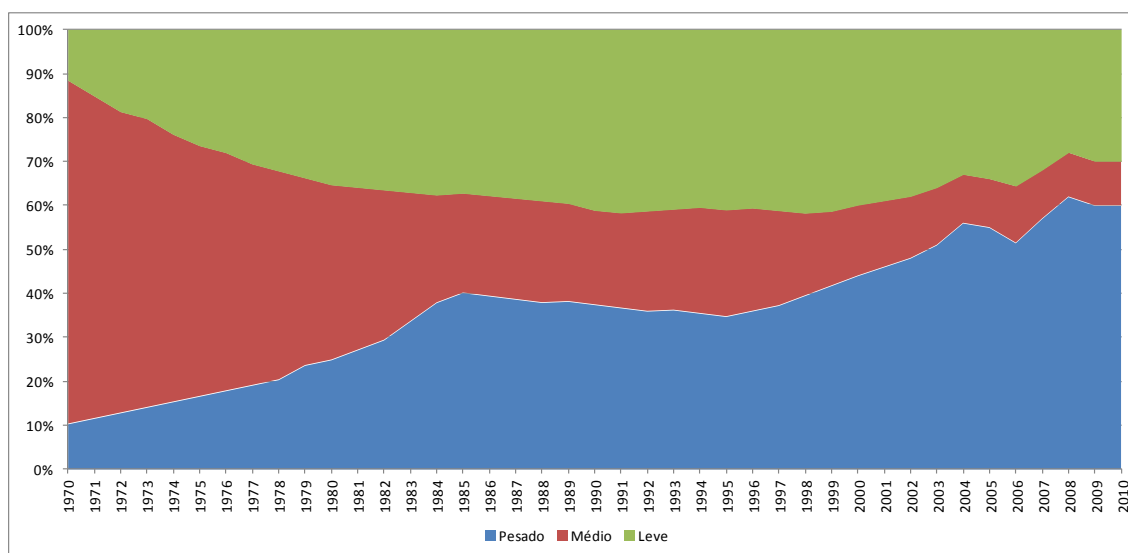


Figura 73: Divisão das vendas de caminhões por tipo.

Para os anos anteriores a 1970 utilizou-se os percentuais relativos ao ano de 1970. Para os anos projetados de 2011 a 2030, foram mantidos os percentuais referentes a 2010, conforme Tabela 82.

Para a divisão dos ônibus em urbanos e rodoviários considerou-se o percentual fornecido pelo inventário de 90% para ônibus urbanos e 10% para ônibus rodoviários.

Tabela 82: Percentuais utilizados para divisão dos caminhões por tipo.

Ano	Pesado	Médio	Leve	Ano	Pesado	Médio	Leve
Até 1970	10%	78%	12%	1991	37%	22%	42%
1971	12%	73%	15%	1992	36%	23%	41%
1972	13%	68%	19%	1993	36%	23%	41%
1973	14%	66%	20%	1994	35%	24%	41%
1974	15%	61%	24%	1995	35%	24%	41%
1975	17%	57%	26%	1996	36%	23%	41%
1976	18%	54%	28%	1997	37%	22%	41%
1977	19%	50%	31%	1998	39%	19%	42%
1978	20%	47%	32%	1999	42%	17%	41%
1979	24%	43%	34%	2000	44%	16%	40%
1980	25%	40%	35%	2001	46%	15%	39%
1981	27%	37%	36%	2002	48%	14%	38%
1982	29%	34%	37%	2003	51%	13%	36%
1983	34%	29%	37%	2004	56%	11%	33%
1984	38%	24%	38%	2005	55%	11%	34%
1985	40%	23%	37%	2006	52%	13%	36%
1986	39%	23%	38%	2007	57%	11%	32%
1987	39%	23%	38%	2008	62%	10%	28%
1988	38%	23%	39%	2009	60%	10%	30%
1989	38%	22%	40%	De 2010	60%	10%	30%
1990	37%	21%	41%	em diante			

ANEXO XI – TABELA DE INTENSIDADE DE USO DE REFERÊNCIA

Tabela 83: Intensidade de uso de referência adotada neste estudo.

Intensidade de uso por categoria										
Ano de uso	Automóveis	Veículos comerciais leves	Veículos comerciais leves Diesel	Motocicletas	Caminhões leves	Caminhões médios	Caminhões pesados	Ônibus urbanos	Ônibus rodoviário	GNV
	20.000	20.000	20.000	12.000	16.530	60.000	90.000	90.000	90.000	30.000
0	10.000	10.000	10.000	6.000	8.265	30.000	45.000	45.000	45.000	15.000
1	19.400	19.400	19.600	11.600	16.199	58.800	88.200	88.200	88.200	29.100
2	18.800	18.800	19.200	11.200	15.868	57.600	86.400	86.400	86.400	28.200
3	18.200	18.200	18.800	10.800	15.537	56.400	84.600	84.600	84.600	27.300
4	17.600	17.600	18.400	10.400	15.207	55.200	82.800	82.800	82.800	26.400
5	17.000	17.000	18.000	10.000	14.876	54.000	81.000	81.000	81.000	25.500
6	16.400	16.400	17.600	9.600	14.546	52.800	79.200	79.200	79.200	24.600
7	15.800	15.800	17.200	9.200	14.215	51.600	77.400	77.400	77.400	23.700
8	15.200	15.200	16.800	8.800	13.884	50.400	75.600	75.600	75.600	22.800
9	14.600	14.600	16.400	8.400	13.554	49.200	73.800	73.800	73.800	21.900
10	14.000	14.000	16.000	8.000	13.223	48.000	72.000	72.000	72.000	21.000
11	13.400	13.400	15.600	7.600	12.893	46.800	70.200	70.200	70.200	20.100
12	12.800	12.800	15.200	7.200	12.562	45.600	68.400	68.400	68.400	19.200
13	12.200	12.200	14.800	6.800	12.232	44.400	66.600	66.600	66.600	18.300
14	11.600	11.600	14.400	6.400	11.907	43.200	64.800	64.800	64.800	17.400
15	11.000	11.000	14.000	6.000	11.570	42.000	63.000	63.000	63.000	16.500
16	10.400	10.400	13.600	5.600	11.240	40.800	61.200	61.200	61.200	15.600
17	9.800	9.800	13.200	5.200	10.909	39.600	59.400	59.400	59.400	14.700
18	9.200	9.200	12.800	4.800	10.579	38.400	57.600	57.600	57.600	13.800
19	8.600	8.600	12.400	4.400	10.248	37.200	55.800	55.800	55.800	12.900
20	8.000	8.000	12.000	4.000	10.000	36.000	54.000	54.000	54.000	12.000
21	7.400	7.400	11.600	3.600	10.000	34.800	52.200	52.200	52.200	11.100
22	6.800	6.800	11.200	3.200	10.000	33.600	50.400	50.400	50.400	10.200
23	6.200	6.200	10.800	2.800	10.000	32.400	48.600	48.600	48.600	9.300
24	5.600	5.600	10.400	2.400	10.000	31.200	46.800	46.800	46.800	8.400
25	5.000	5.000	10.000	2.000	10.000	30.000	45.000	45.000	45.000	7.500
26	4.400	4.400	10.000	2.000	10.000	28.800	43.200	43.200	43.200	6.600
27	3.800	3.800	10.000	2.000	10.000	27.600	41.400	41.400	41.400	5.700
28	3.200	3.200	10.000	2.000	10.000	26.400	39.600	39.600	39.600	4.800
29	2.600	2.600	10.000	2.000	10.000	25.200	37.800	37.800	37.800	3.900
30	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	24.000	36.000	36.000	36.000	3.000
31	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	22.800	34.200	34.200	34.200	3.000
32	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	21.600	32.400	32.400	32.400	3.000
33	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	20.400	30.600	30.600	30.600	3.000
34	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	19.200	28.800	28.800	28.800	3.000
35	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	18.000	27.000	27.000	27.000	3.000
36	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	16.800	25.200	25.200	25.200	3.000
37	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	15.600	23.400	23.400	23.400	3.000
38	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	14.400	21.600	21.600	21.600	3.000
39	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	13.200	19.800	19.800	19.800	3.000
40	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	12.000	18.000	18.000	18.000	3.000
41	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	10.800	16.200	16.200	16.200	3.000
42	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	9.600	14.400	14.400	14.400	3.000
43	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	8.571	12.600	12.600	12.600	3.000
44	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	8.571	10.800	10.800	10.800	3.000
45	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	8.571	9.000	10.000	9.000	3.000
46	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	8.571	7.200	10.000	7.200	3.000
47	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	8.571	6.667	10.000	5.400	3.000
48	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	8.571	6.667	10.000	3.600	3.000
49	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	8.571	6.667	10.000	3.600	3.000
50	2.000	2.000	10.000	2.000	10.000	8.571	6.667	10.000	3.600	3.000

ANEXO XII – CONSUMO DE COMBUSTÍVEL OBSERVADO PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Os valores referentes ao consumo observados de gasolina C e etanol anidro foram obtidos por meio de dados da ANP (2011). Em relação ao consumo de etanol hidratado, verificou-se que os valores referentes ao período de 1980 a 1982 apresentavam-se muito acima do consumo calculado.

Acredita-se que tal fato possa estar associado a existência, nesse período, de caminhões e ônibus movidos a etanol (os quais não foram considerados neste estudo conforme ANEXO I). Sendo assim, em virtude da incerteza de tais dados, e com o intuito de minimizar os erros referentes ao ajuste da intensidade de uso, foi realizado um acerto no consumo observado de tal período com base na relação consumo observado/consumo calculado do restante do período.

O mesmo procedimento foi realizado para o consumo observado de GNV referente ao ano de 1992.

Tabela 83: Consumo observado de Gasolina C, etanol hidratado, diesel e GNV.

Ano	Combustível (L/Ano)			m3/Ano
	Gasolina	Etanol	Diesel	GNV
1980	1.740.171.000	27.710.089	1.149.500.000	-
1981	1.551.013.000	76.613.870	1.058.600.000	-
1982	1.608.358.000	130.302.450	1.028.700.000	-
1983	1.436.392.000	252.900.991	1.027.300.000	-
1984	1.271.543.000	445.163.916	975.000.000	-
1985	1.225.367.000	646.479.962	976.800.000	-
1986	1.312.527.000	880.397.000	1.109.000.000	-
1987	1.149.610.000	979.801.000	1.186.300.000	-
1988	1.086.040.000	1.104.443.000	1.207.200.000	-
1989	1.371.838.493	1.215.364.791	1.281.600.000	-
1990	1.321.613.119	1.300.553.696	1.216.700.000	-
1991	1.413.856.087	1.139.322.945	1.299.000.000	-
1992	1.276.828.572	997.139.420	1.233.700.000	1.192.258
1993	1.424.388.949	946.225.349	1.255.600.000	11.400.000
1994	1.566.190.287	949.043.317	1.346.900.000	22.200.000
1995	1.873.926.169	936.703.188	1.414.300.000	22.800.000
1996	2.178.531.149	887.970.060	1.504.600.000	17.300.000
1997	2.275.770.291	718.000.822	1.574.600.000	27.000.000
1998	2.256.054.531	524.663.823	1.637.000.000	58.000.000
1999	2.032.758.193	477.278.353	1.666.000.000	91.000.000
2000	1.847.747.041	231.707.637	1.642.700.000	169.000.000
2001	1.772.336.569	155.572.409	1.733.300.000	296.000.000
2002	1.971.934.247	157.566.839	1.791.900.000	421.000.000
2003	1.764.595.106	98.177.866	1.457.000.000	535.000.000
2004	1.848.172.403	109.816.563	1.486.600.000	635.000.000
2005	1.739.318.622	180.528.029	1.507.000.000	785.000.000
2006	1.660.802.986	224.254.942	1.636.400.000	958.000.000
2007	1.635.151.708	359.404.270	1.816.200.000	1.087.000.000
2008	1.616.429.481	677.059.602	1.945.400.000	1.061.000.000
2009	1.636.890.677	872.813.849	1.997.700.000	977.000.000
2010	1.867.262.452	746.457.536	2.032.908.464	969.000.000

ANEXO XIII – RENDIMENTO DOS VEÍCULOS CONSIDERADOS NESTE ESTUDO

A Tabela 84 apresenta os valores de rendimento por ano- modelo do veículo para automóveis e comerciais leves do ciclo Otto.

Tabela 84: Rendimento dos automóveis e comerciais leves do ciclo Otto.

Ano	Automóveis e comerciais leves - ciclo Otto				
	Gasolina C	Etanol	Flex Gasolina C	Flex Etanol	GNV
Até 1980	8,90	7,10			
1981	8,90	7,10			
1982	9,65	7,90			
1983	10,19	8,25			
1984	10,39	8,54			
1985	10,42	8,46			
1986	10,64	8,52			
1987	10,86	8,58			
1988	11,07	8,65			
1989	11,82	8,65			
1990	11,82	8,65			
1991	10,98	8,01			
1992	10,98	8,54			12,00
1993	10,04	7,54			12,00
1994	10,04	7,54			12,00
1995	11,04	7,17			12,00
1996	11,04	7,17			12,00
1997	11,82	7,41			12,00
1998	11,82	8,01			12,00
1999	11,89	6,96			12,00
2000	11,97	6,96			12,00
2001	10,90	7,20			12,00
2002	11,20	7,50	10,30	6,90	12,00
2003	11,40	8,60	10,80	7,30	12,00
2004	11,30	8,60	11,50	7,70	12,00
2005	11,30	6,90	11,70	7,80	12,00
2006	11,30	6,90	11,70	7,80	12,00
2007	9,74	6,90	11,70	7,38	12,00
2008	9,50	6,90	12,00	8,00	12,00
2009	9,50	6,90	12,00	8,00	12,00
De 2010 em diante	9,50	6,90	12,00	8,00	12,00

Fonte: MMA (2011).

Para motocicletas e veículos do ciclo Diesel foram considerados os valores conforme Tabelas 85 e 86.

Tabela 85: Rendimento das motocicletas.

Motocicleta		
Gasolina C	Flex / Gasolina C	Flex / Etanol Hidratado
40 km/l	40 km/l	25 km/l

Fonte: MMA (2011).

Tabela 86: Rendimento dos veículos do ciclo Diesel.

Comercial Leve	Caminhão Leve	Caminhão Médio	Caminhão Pesado	Ônibus Urbano	Ônibus Rodoviário
9,09 km/l	3,9 km/l	3,04 km/l	2,61 km/l	2,3 km/l	3,03 km/l

Fonte: MMA (2011), Cachiolo (2011) e AMBEV (2011).

ANEXO XIV – LIMITES DO PROCONVE E DO PROMOT

Este anexo apresenta os limites de emissão referentes ao Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), que foi criado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) em 1986, pela Resolução nº 18/86. Tal programa tinha por objetivo a redução das emissões de poluentes de veículos novos com foco no atendimento aos padrões nacionais de qualidade ambiental vigentes.

Sendo assim, foi estabelecido um padrão de implantação progressiva de fases de modo que a indústria automobilística e os fornecedores de combustíveis pudessem se adaptar gradativamente. A Tabela 87 apresenta os limites de emissões em g/kWh para os veículos do ciclo Diesel. Os limites de emissão referentes aos veículos do ciclo Otto encontram-se detalhados na Tabela 88.

Tabela 87: Limites do PROCONVE para veículos do ciclo Diesel.

Proconve	Euro	CO	HC	NOx	MP	Norma (Conama)	Teor de enxofre
Fase I (P1)	Sem espec.	14,00 ²	3,50 ²	18,0 ²	-	Res. 18/86	-
Fase II (P2)	Euro 0	11,20	2,45	14,40	0,60 ²	Res. 08/93	3.000 a 10.000 ppm
Fase III (P3)	Euro 1	4,90	1,23	9,00	0,40 ou 0,70 ¹	Res. 08/93	3.000 a 10.000 ppm
Fase IV (P4)	Euro 2	4,00	1,10	7,00	0,15	Res. 08/93	3.000 a 10.000 ppm
Fase V (P5)	Euro 3	2,10	0,66	5,00	0,10 ou 0,13 ²	Res. 315/02	500 a 2.000 ppm
Fase VI (P6) ³	Euro 4	1,50	0,46	3,50	0,02	Res. 315/02	50 ppm
Fase VII (P7)	Euro 5	1,50	0,46	2,00	0,02	Res. 403/08	10 ppm

(1) 0,70 para motores até 85 kW e 0,40 para motores com mais de 85 kW; (2) não foram exigidos legalmente;

(3) Não chegou a ser implantada.

Tabela 88: Limites do PROCONVE, em g/km, para veículos do ciclo Otto.

	L1	L2	L3	L4	L5	L6
CO	24	12	2	2	2	1,3
HC	2,1	1,2	0,3	0,16	0,05	0,05
NOx	2	1,4	0,6	0,25	0,12	0,08
CHO	-	0,15	0,03	0,03	0,02	0,02

Fonte: INEA (2011)

No caso das motocicletas, considera-se os limites estabelecidos pelo PROMOT, conforme Tabela 89.

Tabela 89: Limites de emissão do PROMOT para motocicletas (g/km).

	M1	M2		M3	
Cilindradas	-	< 150 cc	≥ 150 cc	< 150 cc	≥ 150 cc
CO	13,0	5,5		2,0	
HC	3,00	1,20	1,00	0,80	0,20
NOx	0,30	0,30		0,15	

Fonte: INEA (2011)