



PERSPECTIVAS PARA UMA POLÍTICA BRASILEIRA DE EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA VEICULAR

Bernardo Vianna Zurli Machado

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento Energético.

Orientador: André Frossard Pereira de Lucena

Rio de Janeiro  
Março de 2016

PERSPECTIVAS PARA UMA POLÍTICA BRASILEIRA DE EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA VEICULAR

Bernardo Vianna Zurli Machado

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA  
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

---

Prof. André Frossard Pereira de Lucena, D.Sc.

---

Prof. Bruno Soares Moreira Cesar Borba, D.Sc.

---

Prof. Roberto Schaeffer, Ph.D.

---

Prof.<sup>a</sup>. Suzana Kahn Ribeiro, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2016

Machado, Bernardo Vianna Zurli

Perspectivas para uma Política Brasileira de Eficiência Energética Veicular/ Bernardo Vianna Zurli Machado: UFRJ/COPPE, 2016.

XX, 246 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: André Frossard Pereira de Lucena

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 204 – 212.

1. Eficiência Energética Veicular. 2. Planejamento Energético. 3. Cenários de Demanda Energética. I. Lucena, André Frossard Pereira de. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

*“Nada é menos produtivo do que tornar eficiente  
o que não deveria ser feito de maneira alguma”*

Peter Drucker

*“Ser feliz sem motivo é a mais autêntica forma de felicidade”*

Carlos Drummond de Andrade

## **Agradecimentos**

Agradeço ao Programa de Planejamento Energético pela oportunidade de aprendizado. Aqui encontrei grandes professores que contribuíram muito para meu crescimento pessoal, profissional e acadêmico. Agradeço ao CNPq, pela bolsa de estudos concedida, fundamental no processo.

Também quero expressar minha gratidão aos membros da banca por concordarem em participar desse momento e ao meu orientador, André Lucena, que sempre foi muito compreensivo e incentivador.

À minha querida, amada, noiva e companheira Érika, por tantas coisas que eu nem saberia enumerar. Viver a dois ao seu lado é um passeio nas nuvens. Sua leveza me faz levitar.

Aos meus pais, Ricardo e Cristina, e meu irmão, Breno, repito o que já disse em outras ocasiões – agradeço embora eu saiba que fosse esse trabalho uma dissertação de mestrado, um poema, uma parede ou ainda que não fosse, ficariam igualmente orgulhosos.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

PERSPECTIVAS PARA A POLÍTICA BRASILEIRA DE EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA VEICULAR

Bernardo Vianna Zurli Machado

Março/2016

Orientador: André Frossard Pereira de Lucena

Programa: Planejamento Energético

O transporte é um setor de destaque no consumo final de energia, especialmente pela perspectiva de aumento do seu consumo energético. A adoção de políticas de eficiência energética veicular é fundamental para reduzir o consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa. Esse trabalho realizou uma modelagem paramétrica de uso final com elaboração de cenários para avaliar diferentes alternativas de política para veículos leves no Brasil. Os cenários criados foram separados em políticas de comando e controle e de mercado (*feebate* e taxaço de veículos). Como resultados, as políticas de comando e controle alteram a eficiência dos veículos no longo prazo, mas possuem dificuldade em obter ganhos energéticos significativos no curto prazo. O cenário de *feebate* possui um importante efeito demonstrativo do custo marginal da eficiência energética, porém possui impacto limitado de alteração do perfil de vendas de veículos. Por fim, o cenário de taxaço impacta significativamente o nível de vendas, contudo é menos exitoso em incentivar a adoção de tecnologias eficientes.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

## PERSPECTIVES ON BRAZILIAN VEHICLE FUEL EFFICIENCY POLICY

Bernardo Vianna Zurli Machado

March/2016

Advisor: André Frossard Pereira de Lucena

Department: Energy Planning

The transport sector is an important one, given its current representativeness on final energy consumption or due to the perspective of Brazil's vehicle fleet growth. Adopting fuel efficiency policies is key to avoiding greater energy demands and greenhouse gas emissions. This Dissertation performed a parametric bottom-up modeling with scenario analysis to evaluate policy alternatives for Brazil. The scenarios created were separated in command and control policies and market based policies (feebate and vehicle taxation). Among results, command and control policies are successful in deploying efficiency on the long term, but have greater difficulties in providing short term energy savings. The feebate scenario provides an important demonstrative effect signaling marginal efficiency cost, even though it has a limited impact on vehicle's sales mix. Lastly, the taxation scenario impacts significantly the sales level, but is less effective in encouraging adoption of efficient technologies.

# Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Revisão bibliográfica.....	6
2.1	Caracterização da indústria automotiva brasileira.....	6
2.2	Política de eficiência energética veicular brasileira.....	15
2.2.1	Programa de Economia de Combustíveis (PECO).....	15
2.2.2	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE).....	15
2.2.3	Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV).....	16
2.2.4	O Programa Inovar-Auto.....	25
2.3	Conceitos de políticas públicas aplicados ao setor automotivo brasileiro.....	33
2.3.1	Definição de políticas públicas.....	33
2.3.2	Formatos de políticas públicas.....	34
2.3.3	Atores envolvidos em uma política pública.....	35
2.3.4	Ciclo de uma política pública.....	39
2.4	Características de políticas de eficiência energética veicular.....	46
2.4.1	Medidas informacionais.....	49
2.4.2	Padrões de eficiência veicular.....	53
2.4.3	Medidas fiscais.....	59
2.5	Experiências internacionais em políticas de eficiência energética veicular....	65
2.5.1	Estados Unidos.....	65
2.5.2	Europa.....	69
2.5.3	Japão.....	73
2.5.4	Particularidades do Brasil.....	78
2.5.5	Comparação entre países.....	80
2.6	Tecnologias de eficiência veicular.....	86
3.	Procedimento Metodológico.....	91

3.1	Modelagem energética.....	92
3.1.1	Modelo adotado.....	92
3.1.2	Ano base e horizonte de modelagem.....	93
3.1.3	Metodologia de cálculo.....	94
3.1.4	Dados de entrada e premissas.....	99
3.1.5	Calibração do modelo.....	105
3.2	Elaboração de cenários.....	115
3.2.1	Linha de base.....	116
3.2.2	Cenário 1 – Política de comando e controle baseada no Inovar-Auto....	120
3.2.3	Cenário 2 – Política de comando e controle baseada na meta europeia .	122
3.2.4	Cenário 3 – <i>Feebate</i> .....	123
3.2.5	Cenário 4 – Taxação.....	136
4.	Resultados e discussão.....	147
4.1	Resultados por cenário.....	147
4.1.1	Linha de base.....	148
4.1.2	Cenário 1 – Política de comando e controle baseada no Inovar-Auto....	154
4.1.3	Cenário 2 – Política de comando e controle baseada na meta europeia .	159
4.1.4	Cenário 3 – <i>Feebate</i> .....	164
4.1.5	Cenário 4 – Taxação.....	169
4.2	Comparação entre cenários.....	176
4.3	Análise de sensibilidade e discussão.....	195
5.	Considerações finais.....	201
	Referências bibliográficas.....	204
	<i>Anexos</i> .....	213
	Anexo I - Vendas de automóveis por tipo de combustível utilizado.....	214
	Anexo II – Características de eficiência e vendas de automóveis no período 2005-2013.....	216

Anexo III - Teste de normalidade dos resíduos da regressão para validação do cálculo da elasticidade-preço da demanda .....	233
Anexo IV – Dados de preço e demanda utilizados no cálculo da elasticidade-preço da demanda.....	239
Anexo V – Dados utilizados no cálculo da eficiência benchmark em 2013 para o cenário de <i>febate</i> .....	244

## Índice de figuras

Figura 2.1: Cadeia produtiva da indústria automotiva .....	7
Figura 2.2: Evolução da produção de automóveis no Brasil .....	8
Figura 2.3: Principais países produtores de automóveis.....	9
Figura 2.4: Fabricação de veículos por empresa .....	10
Figura 2.5: Distribuição regional dos empregos no setor automotivo.....	11
Figura 2.6: Investimento do setor automobilístico .....	12
Figura 2.7: Licenciamento de veículos por motorização.....	13
Figura 2.8: Taxa de motorização de países e grupo de países selecionados .....	14
Figura 2.9: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para condicionadores de ar	17
Figura 2.10: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para veículos leves.....	18
Figura 2.11: Ciclo de condução da NBR 7024 na cidade.....	20
Figura 2.12: Ciclo de condução da NBR 7024 na estrada.....	20
Figura 2.13: Histograma de distribuição do consumo energético .....	22
Figura 2.14: Distribuição da eficiência dos veículos a gasolina cadastrados no PBEV.	23
Figura 2.15: Distribuição da eficiência dos veículos a etanol cadastrados no PBEV ....	24
Figura 2.16: Metas de eficiência do Inovar-Auto de acordo com o peso do veículo a gasolina.....	29
Figura 2.17: Valor da multa prevista no Inovar-Auto em função da eficiência do veículo .....	32
Figura 2.18: Ciclo de uma política pública.....	40
Figura 2.19: Etiquetagem de veículos leves no Reino Unido.....	51
Figura 2.20: Etiquetagem de veículos leves nos Estados Unidos.....	52
Figura 2.21: Etiquetagem de veículos leves no Japão .....	52
Figura 2.22: Meta da União Europeia para 2015.....	55
Figura 2.23: Meta do Japão para 2015 .....	56
Figura 2.24: Exemplo de um sistema de <i>feebate</i> .....	61
Figura 2.25: Exemplos de programas de taxaço e descontos .....	64
Figura 2.26: Metas do CAFE até 2025 .....	67
Figura 2.27: <i>Limit value curve</i> europeia para 2015 .....	70
Figura 2.28: Valor da multa da regulaco europeia de 2015.....	72
Figura 2.29: Processo de definico de metas da politica japonesa para 2020.....	75
Figura 2.30: Metas japonesas para os anos de 2010, 2015 e 2020.....	76

Figura 2.31: Massa da frota de veículos de países selecionados, em 2008 .....	80
Figura 2.32: Comparação absoluta entre padrões de eficiência veicular e eficiência histórica dos veículos de cada país .....	81
Figura 2.33: Comparação relativa entre padrões de eficiência veicular de cada país ....	82
Figura 2.34: Comparação entre medidas fiscais de sete países .....	83
Figura 3.1: Fluxograma explicativo da metodologia empregada .....	92
Figura 3.2: Curva de sucateamento .....	97
Figura 3.3: Resumo da metodologia de cálculo .....	99
Figura 3.4: Vendas de automóveis por combustível utilizado.....	100
Figura 3.5: Cálculo da elasticidade-renda da demanda .....	101
Figura 3.6: Projeção de variação do PIB .....	102
Figura 3.7: Eficiência dos automóveis leves de 2005 a 2013.....	104
Figura 3.8: Combustível utilizado pela frota <i>flex</i> .....	105
Figura 3.9: Consumo de combustível por veículos leves (2000-2010) - dados utilizados na calibração do modelo .....	111
Figura 3.10: Resultados absolutos dos modelos testados e valor real.....	112
Figura 3.11: Resultados dos modelos testados em fração do valor real.....	112
Figura 3.12: Intensidade de uso adotada na modelagem energética.....	114
Figura 3.13: Comparação entre intensidades de uso - presente trabalho e MMA (2011, 2014).....	115
Figura 3.14: Eficiência média ponderada pelas vendas: 2005-2013 .....	117
Figura 3.15: Vendas por percentil de eficiência.....	118
Figura 3.16: Aumento nas vendas na linha de base.....	120
Figura 3.17: Vendas totais de automóveis na linha de base .....	120
Figura 3.18: Metas do Inovar-Auto, segundo a ABDI .....	121
Figura 3.19: Eficiência média de veículos a gasolina: cenário de política de comando e controle 1 .....	122
Figura 3.20: Eficiência média de veículos a gasolina: cenário de política de comando e controle 2 .....	123
Figura 3.21: Curva de demanda de automóveis leves utilizada no cálculo da elasticidade-preço da demanda.....	125
Figura 3.22: Curva de <i>feebate</i> com custo marginal de 1.618 R\$/(L/100km) .....	128
Figura 3.23: Eficiência média dos veículos a gasolina: cenário de <i>feebate</i> .....	135
Figura 3.24: Aumento de vendas no cenário de <i>feebate</i> .....	136

Figura 3.25: Vendas totais de automóveis no cenário de <i>feebate</i> .....	136
Figura 3.26: Curva de taxaço.....	139
Figura 3.27: Eficiência média dos veículos a gasolina: cenário de taxaço.....	144
Figura 3.28: Aumento de vendas no cenário de taxaço.....	145
Figura 3.29: Vendas totais de automóveis no cenário de taxaço.....	146
Figura 4.1: Frota circulante na linha de base.....	149
Figura 4.2: Taxa de motorização na linha de base.....	149
Figura 4.3: Quilometragem percorrida pelos veículos na linha de base.....	150
Figura 4.4: Consumo de etanol hidratado na linha de base.....	151
Figura 4.5: Consumo de gasolina na linha de base.....	151
Figura 4.6: Consumo total de combustível na linha de base.....	152
Figura 4.7: Emissões de CO <sub>2</sub> na linha de base.....	152
Figura 4.8: Consumo acumulado de combustível de 2013-2030 na linha de base.....	153
Figura 4.9: Emissões acumuladas de CO <sub>2</sub> de 2013-2030 na linha de base.....	154
Figura 4.10: Frota circulante no Cenário 1 (C&C1).....	154
Figura 4.11: Taxa de motorização no Cenário 1 (C&C1).....	155
Figura 4.12: Quilometragem percorrida pelos veículos no Cenário 1 (C&C1).....	155
Figura 4.13: Consumo de etanol hidratado no Cenário 1 (C&C1).....	156
Figura 4.14: Consumo de gasolina no Cenário 1 (C&C1).....	156
Figura 4.15: Consumo total de combustível no Cenário 1 (C&C1).....	157
Figura 4.16: Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 1 (C&C1).....	157
Figura 4.17: Consumo acumulado de combustível de 2013-2030 no Cenário 1 (C&C1) .....	158
Figura 4.18: Emissões acumuladas de CO <sub>2</sub> de 2013-2030 no Cenário 1 (C&C1).....	159
Figura 4.19: Frota circulante no Cenário 2 (C&C2).....	159
Figura 4.20: Taxa de motorização no Cenário 2 (C&C2).....	160
Figura 4.21: Quilometragem percorrida pelos veículos no Cenário 2 (C&C2).....	160
Figura 4.22: Consumo de etanol hidratado no Cenário 2 (C&C2).....	161
Figura 4.23: Consumo de gasolina no Cenário 2 (C&C2).....	161
Figura 4.24: Consumo total de combustível no Cenário 2 (C&C2).....	162
Figura 4.25: Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 2 (C&C2).....	162
Figura 4.26: Consumo acumulado de combustível de 2013-2030 no Cenário 2 (C&C2) .....	163
Figura 4.27: Emissões acumuladas de CO <sub>2</sub> de 2013-2030 no Cenário 2 (C&C2).....	163

Figura 4.28: Frota circulante no Cenário 3 ( <i>feebate</i> ).....	164
Figura 4.29: Taxa de motorização no Cenário 3 ( <i>feebate</i> ) .....	165
Figura 4.30: Quilometragem percorrida pelos veículos no Cenário 3 ( <i>feebate</i> ) .....	165
Figura 4.31: Consumo de etanol hidratado no Cenário 3 ( <i>feebate</i> ).....	166
Figura 4.32: Consumo de gasolina no Cenário 3 ( <i>feebate</i> ) .....	166
Figura 4.33: Consumo total de combustível no Cenário 3 ( <i>feebate</i> ).....	167
Figura 4.34: Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 3 ( <i>feebate</i> ).....	167
Figura 4.35: Consumo acumulado de combustível de 2013-2030 no Cenário 3 ( <i>feebate</i> ) .....	169
Figura 4.36: Emissões acumuladas de CO <sub>2</sub> de 2013-2030 no Cenário 3 ( <i>feebate</i> ).....	169
Figura 4.37: Frota circulante no Cenário 4 (taxação).....	170
Figura 4.38: Taxa de motorização no Cenário 4 (taxação).....	170
Figura 4.39: Quilometragem percorrida pelos veículos no Cenário 4 (taxação).....	171
Figura 4.40: Consumo de etanol hidratado no Cenário 4 (taxação) .....	172
Figura 4.41: Consumo de gasolina no Cenário 4 (taxação).....	172
Figura 4.42: Consumo total de combustível no Cenário 4 (taxação) .....	173
Figura 4.43: Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário 4 (taxação).....	173
Figura 4.44: Consumo acumulado de combustível de 2013-2030 no Cenário 4 (taxação) .....	175
Figura 4.45: Emissões acumuladas de CO <sub>2</sub> de 2013-2030 no Cenário 4 (taxação).....	175
Figura 4.46: Frota circulante em cada cenário .....	176
Figura 4.47: Frota circulante em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos).....	177
Figura 4.48: Frota circulante em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual).....	177
Figura 4.49: Taxa de motorização em cada cenário .....	178
Figura 4.50: Taxa de motorização em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos).....	179
Figura 4.51: Taxa de motorização em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual).....	179
Figura 4.52: Quilometragem percorrida em cada cenário .....	180
Figura 4.53: Quilometragem percorrida em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos).....	181

Figura 4.54: Quilometragem percorrida em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual).....	181
Figura 4.55: Consumo de etanol hidratado em cada cenário.....	182
Figura 4.56: Consumo de etanol hidratado em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos).....	182
Figura 4.57: Consumo de etanol hidratado em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual).....	183
Figura 4.58: Consumo de gasolina C em cada cenário.....	184
Figura 4.59: Consumo de gasolina C em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos).....	184
Figura 4.60: Consumo de gasolina C em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual).....	185
Figura 4.61: Consumo total de combustível em cada cenário.....	186
Figura 4.62: Consumo total de combustível em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos).....	186
Figura 4.63: Consumo total de combustível em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual).....	187
Figura 4.64: Emissões de CO <sub>2</sub> em cada cenário.....	187
Figura 4.65: Emissões de CO <sub>2</sub> em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos).....	188
Figura 4.66: Emissões de CO <sub>2</sub> em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual).....	188
Figura 4.67: Consumo total de combustível acumulado em cada cenário.....	190
Figura 4.68: Consumo total de combustível acumulado em cada cenário em comparação com a linha de base (em valores absolutos).....	191
Figura 4.69: Consumo total de combustível acumulado em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual).....	192
Figura 4.70: Emissões de CO <sub>2</sub> acumuladas em cada cenário.....	192
Figura 4.71: Emissões de CO <sub>2</sub> acumuladas em cada cenário em comparação com a linha de base (em valores absolutos).....	193
Figura 4.72: Emissões de CO <sub>2</sub> acumuladas em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual).....	194
Figura 4.73: Análise de sensibilidade do aumento de eficiência obtido por políticas de comando e controle e <i>feebate</i> .....	196

Figura III.1: Resíduos da regressão do cálculo da elasticidade-preço.....	234
Figura III.2: Histograma dos resíduos da regressão comparados à curva normal.....	235
Figura III.3: Resultado dos testes de normalidade qui-quadrado, Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling extraídos do <i>software</i> EasyFit .....	237

## Índice de tabelas

Tabela 2.1: Principais fabricantes de automóveis mundiais.....	9
Tabela 2.2: Multa em função da eficiência do veículo.....	31
Tabela 2.3: Atores relevantes e posição provável em relação a uma política de eficiência veicular .....	37
Tabela 2.4: Características de difentes tipos de políticas de eficiência veicular.....	49
Tabela 2.5: Comparação entre diferentes formatos de padrões de eficiência veicular	58
Tabela 2.6: Resumo da política de eficiência veicular dos EUA .....	69
Tabela 2.7: Resumo da política de eficiência veicular europeia .....	73
Tabela 2.8: Resumo da política de eficiência veicular japonesa .....	78
Tabela 2.9: Resumo da política de eficiência veicular dos EUA, União Europeia e Japão .....	84
Tabela 2.10: Tecnologias de eficiência veicular – custo e potencial (comparado a um veículo típico europeu de 2005) .....	88
Tabela 3.1: Modelos de intensidade de uso em diferentes referências.....	108
Tabela 3.2: Resumo da calibração dos modelos de intensidade de uso testados.....	113
Tabela 3.3: Aumento anual calculado de eficiência média ponderada pelas vendas em função do período-base adotado .....	117
Tabela 3.4: Resultados do cálculo da elasticidade-preço da demanda .....	126
Tabela 3.5: Impacto do <i>feebate</i> no perfil de vendas .....	129
Tabela 3.6: Custo, redução de consumo de combustível e data de adoção de tecnologias – cenário <i>feebate</i> .....	133
Tabela 3.7: Impacto da taxaço no perfil de vendas.....	137
Tabela 3.8: Tecnologias adotadas no cenário de taxaço .....	141
Tabela I.1: Vendas de automóveis leves por tipo de combustível utilizado.....	214
Tabela II.2: Características de eficiência e vendas de automóveis no período 2005-2013 .....	216
Tabela IV.3: Dados de preço e demanda utilizados no cálculo da elasticidade-preço da demanda.....	239
Tabela V.4: Dados utilizados no cálculo da eficiência benchmark em 2013 para o cenário de <i>feebate</i> .....	244

## Índice de equações

Equação 2-1: Cálculo da eficiência combinada.....	20
Equação 2-2: Cálculo do consumo energético .....	21
Equação 2-3: Meta mínima para habilitação ao Inovar-Auto.....	27
Equação 2-4: Meta para redução de alíquota de um ponto percentual no IPI.....	28
Equação 2-5: Meta para redução de alíquota de um ponto percentual no IPI.....	28
Equação 2-6: Fórmula para cálculo da taxa em um <i>feebate</i> .....	62
Equação 2-7: Cálculo da média harmônica ponderada pelas vendas .....	67
Equação 2-8: Cálculo da curva de metas (“ <i>limit value curve</i> ”) da União Europeia para 2015 .....	70
Equação 3-1: Elasticidade renda da demanda .....	95
Equação 3-2: Estimativa da elasticidade renda da demanda .....	95
Equação 3-3: Função de sucateamento.....	96
Equação 3-4: Cálculo da frota circulante em um dado ano.....	97
Equação 3-5: Cálculo do consumo de combustível.....	97
Equação 3-6: Cálculo das emissões de CO <sub>2</sub> .....	98
Equação 3-7: Função objetivo de calibração do modelo energético .....	105
Equação 3-8: Raiz do erro quadrático médio normalizado .....	110
Equação 3-9: Intensidade de uso adotada na modelagem energética.....	113
Equação 3-10: Elasticidade-preço da demanda .....	123
Equação 3-11: Função de demanda Cobb-Douglas.....	124
Equação 3-12: Função de demanda Cobb-Douglas – preço.....	124
Equação 3-13: Função de demanda Cobb-Douglas – preço.....	124
Equação 3-14: Cálculo da eficiência <i>benchmark</i> .....	128
Equação III-1: Modelo clássico de regressão linear.....	233
Equação III-2: Função de demanda Cobb-Douglas no cálculo da elasticidade-preço da demanda.....	233
Equação III-3: Cálculo da estatística Jarque-Bera.....	237

## Siglas

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores  
ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial  
IEA – International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)  
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados  
GM – General Motors  
ICMS – Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação  
PIS – Programa de Integração Social  
COFINS – Contribuição para Financiamento da Seguridade Social  
PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem  
PBEV – Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular  
PECO – Programa de Economia de Combustíveis  
PROCONVE – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios  
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial  
ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia  
CONPET – Programa Nacional da Racionalização do uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural  
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica  
SUV – *Sport Utility Vehicle*  
PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público  
TIPI - Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados  
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas  
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior  
MME – Ministério de Minas e Energia  
UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar  
Sindipeças – Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores  
ABIMAQ – Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos  
CNM/CUT – Confederação Nacional dos Metalúrgicos da Central Única dos Trabalhadores  
CAFE – *Corporate Average Fuel Economy*  
EPA – *Environmental Protection Agency*  
ICCT – The International Council on Clean Transportation  
UNEP – United Nations Environment Program  
DOE – *Department of Energy*  
FENABRAVE – Federação Nacional de Distribuição de Veículos Automotores  
REQMN – Raiz do Erro Quadrático Médio Normalizado

EPE – Empresa de Pesquisa Energética  
BEN – Balanço Energético Nacional  
tep – Tonelada Equivalente de Petróleo

## **1. Introdução**

O desenvolvimento econômico requer maior acesso à energia, especialmente em países em desenvolvimento, já que a industrialização e a urbanização amplificam a demanda por serviços energéticos tais como transporte e mobilidade (SWISHER; JANNUZZI; REDLINGER, 1997).

Estimativas da IEA (2014) indicam que, até 2040, cerca de metade do aumento na demanda mundial de petróleo ocorrerá por conta do setor de transporte, especialmente de países emergentes, impulsionado pelo crescimento econômico e pela maior demanda por mobilidade e transporte de cargas. De uma frota mundial em torno de 900 milhões de veículos em 2014, o estudo projeta um total de 1,8 bilhão em 2040. No Brasil, em 2014, o transporte representou cerca de 33% do consumo de energia final, sendo o transporte rodoviário responsável por aproximadamente 93% desse valor (EPE, 2015). Os estudos do Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2014) indicam que o setor de transporte tende a continuar demandando cerca de um terço da energia final consumida no país, em um horizonte de tempo da ordem de 30 anos.

Na lógica do planejamento integrado de recursos, buscar a eficiência energética em setores energo-intensivos é primordial. Alguns motivos podem ser apontados para justificar tal afirmativa. Em primeiro lugar, reduzir a vulnerabilidade nacional aos preços da energia, como uma forma de reduzir incertezas e economizar recursos de capital. Em geral, os investimentos em eficiência energética possuem menores custos de capital do que a produção de energia, com a vantagem adicional de que projetos de eficiência energética costumam ser modulares e incrementais, ao contrário da produção de energia, muitas vezes indivisível e dependente de economias de escala (SWISHER; JANNUZZI; REDLINGER, 1997).

Outra motivação importante é a redução de impactos ambientais. A oferta de energia, seja a partir de recursos fósseis ou da produção em larga escala de biocombustíveis, pode causar impactos ambientais severos – no caso de recursos fósseis, há ainda o problema associado ao consumo final dos energéticos, que leva à emissão líquida de gases de efeito estufa. A eficiência energética oferece ainda a possibilidade de desvincular o aumento da demanda energética do crescimento econômico (SWISHER; JANNUZZI; REDLINGER, 1997).

No setor de transporte, a eficiência energética é um tema importante não só pela magnitude do setor, mas também porque as oportunidades de substituição do petróleo como a principal fonte de energia são relativamente limitadas (IEA, 2011), ao menos no curto prazo (no Brasil, há de se destacar a ampla difusão da tecnologia *flex fuel*, que permite maior flexibilidade na substituição de derivados de petróleo em veículos leves). Pesa ainda o fato de que a demanda por transporte é pouco afetada pelo preço do insumo petróleo, em especial em locais onde há algum controle sobre o preço de derivados (IEA, 2011).

Eficiência energética veicular pode ser medida pela eficiência (ou autonomia), que é a quantidade de energia requerida por um veículo para percorrer uma determinada distância ou o seu inverso – a distância percorrida com uma dada quantidade de energia (quantidade de energia que também pode ser expressa em volume de um dado combustível). A métrica tem o objetivo de avaliar a eficiência de conversão da energia contida no combustível para a energia mecânica responsável por fazer o veículo andar (IEA, 2012a). Algumas das medidas tipicamente utilizadas são quilômetros por litro (km/l), milhas por galão (mpg), litros por 100 quilômetros (l/100 km) e megajoules por quilômetros (MJ/km)<sup>1,2</sup>. Dado que, para um dado tipo de combustível, suas emissões de CO<sub>2</sub> em veículos são quase perfeitamente correlacionadas com o consumo desse combustível (IEA, 2012a), outra forma de expressar a eficiência energética é por meio de emissões de CO<sub>2</sub> por distância (por exemplo, g CO<sub>2</sub>/km).

---

<sup>1</sup> O termo autonomia por litro (ou simplesmente autonomia) é utilizado frequentemente no Brasil para designar a relação km/l, usualmente chamada de eficiência internacionalmente (“*fuel efficiency*”, “*fuel consumption*” ou “*fuel economy*”, embora cada termo possua suas próprias particularidades) (BASTIN, 2010). No entanto, como essa dissertação faz uso do termo eficiência em um conjunto de métricas mais amplo, incluindo os termos MJ/km e l/100km, optou-se por designar a relação entre o consumo energético e a distância percorrida principalmente pelo termo “eficiência”.

<sup>2</sup> No caso de veículos elétricos, outras métricas podem ser utilizadas, como kWh/km. Contudo, esse trabalho é focado em veículos de combustão interna.

No Brasil, pode-se dizer que a primeira medida de destaque da política de eficiência energética veicular foi a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBE Veicular), em 2008. O programa é uma medida informacional, coordenado pelo INMETRO em parceria com o CONPET<sup>3</sup>, e pretende ser a principal referência em termos de informações a respeito da eficiência de veículos no Brasil. Os veículos que participam do PBE Veicular recebem a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, que possui o intuito de servir como fonte de informação aos consumidores, a exemplo do que ocorre para equipamentos elétricos<sup>4</sup>.

Posteriormente, no ano de 2012, o governo federal brasileiro criou o Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Programa Inovar-Auto), também chamado de Novo Regime Automotivo, por meio da lei 12.715 de 2012 e sua posterior regulamentação pelo decreto 7.819/2012<sup>5</sup>. O Inovar-Auto está inserido no âmbito do Plano Brasil Maior, que constitui a política industrial, tecnológica, de serviços e de comércio exterior do governo Dilma Rousseff (ABDI, 2013a).

O programa consiste em um incentivo fiscal voluntário associado à fabricação de veículos eficientes. Há dois principais benefícios tributários previstos pelo regime: crédito presumido<sup>6</sup> de trinta pontos percentuais de IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) para as empresas habilitadas ao regime e, a partir de 2017, abatimento de um ou dois pontos percentuais de IPI, dependendo do consumo energético dos veículos fabricados pela empresa (quanto mais eficientes os veículos fabricados pela empresa, maior o abatimento) (ABDI, 2013a).

Apesar de voluntário, pode-se dizer que o Inovar-Auto é a primeira meta de eficiência energética veicular adotada pelo país. Parte das metas do Inovar-Auto são baseadas na política europeia de eficiência energética veicular (ABDI, 2013b), com certas

---

<sup>3</sup> Programa Nacional da Racionalização do uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural.

<sup>4</sup> Em dezembro de 1985, foi instituído o PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e Operacionalizado pela Eletrobrás. O programa é constituído por diversos subprogramas, inclusive um subprograma de etiquetagem, o Selo Procel. Equipamentos elétricos recebem, assim, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, por meio do Programa Brasileiro de Etiquetagem (INMETRO, 2003).

<sup>5</sup> Houve ainda algumas modificações determinadas pelo decreto 8.015/13.

<sup>6</sup> Segundo a Câmara dos Deputados (2004), “O objetivo [do crédito presumido] é ressarcir os exportadores do pagamento das contribuições para o PIS/Pasep e Cofins (...) incidentes sobre as respectivas aquisições, no mercado interno, de matérias-primas, produtos intermediários e material de embalagem, para utilização no processo produtivo”.

adaptações – o que é esperado, visto que o sistema brasileiro de transportes possui diversas particularidades em relação às experiências internacionais, o que requer cautela ao adaptar tais experiências à realidade brasileira. Entre as particularidades brasileiras, inclui-se: a ampla difusão do carro *flex* (MMA, 2011; ANFAVEA, 2014a), o uso de etanol anidro adicionado à gasolina A (ANP, 2014), a proibição do uso de veículos de passeio a diesel (MIC, 1976; CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2012) e a relativamente pequena massa (GFEI, 2011) e cilindrada (ANFAVEA, 2014a) dos veículos leves brasileiros.

Nota-se assim que, apesar de recentes passos em direção a uma maior robustez da política brasileira de eficiência energética veicular, as iniciativas são ainda incipientes e carecem de uma visão mais integrada dos aspectos energéticos e ambientais impactados por tais políticas, que alcançam além do setor automotivo.

Dessa forma, um embasamento teórico fundamentado, aliado a uma modelagem de impactos energéticos de possíveis trajetórias de adoção de políticas de eficiência veicular, poderiam configurar uma contribuição valiosa ao planejamento energético brasileiro. Sendo assim, o objetivo desta dissertação é analisar a política de eficiência energética veicular do Brasil e criar diferentes cenários de evolução do consumo de combustíveis em virtude de diferentes possibilidades de política.

Este trabalho se ateu à eficiência de automóveis leves por alguns motivos, sendo o principal deles o fato de que parte fundamental do estudo reside na análise crítica da política brasileira de eficiência veicular e, visto que não havia uma política de eficiência energética para veículos pesados à época do desenvolvimento dessa dissertação<sup>7</sup>, haveria pouco sentido em tratar de veículos pesados. Cabe ainda destacar que, além da questão nacional, há maior experiência internacional na regulação de veículos leves, o que permite embasar melhor a análise dessa categoria.

Para tal, este documento está dividido em seis capítulos, incluindo essa introdução. No capítulo 2 é realizada uma revisão bibliográfica que embasa a modelagem energética descrita no capítulo 3, de metodologia. Em seguida, no capítulo 4 os resultados da

---

<sup>7</sup> O Inovar-Auto previa a incorporação de metas para veículos pesados em outubro de 2014, mas segundo o relatório mais recente (consultado no dia 29/11/2015) da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (entidade coordenadora do Plano Brasil Maior), de novembro de 2014, tais metas ainda não haviam sido estabelecidas (ABDI, 2014).

aplicação dessa metodologia são expostos e discutidos. Por fim, o capítulo 5 contém as considerações finais.

## **2. Revisão bibliográfica**

O primeiro passo empreendido em direção à consecução do objetivo proposto foi uma revisão bibliográfica que atenda aos seguintes requisitos:

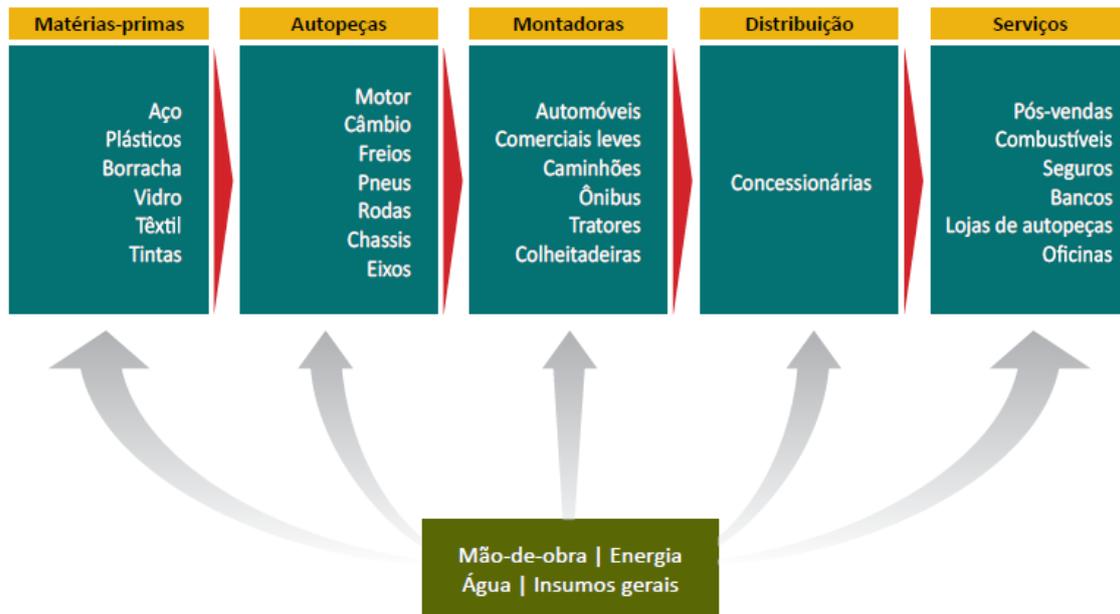
- Caracterização da indústria automotiva brasileira, como etapa inicial.
- Detalhamento da atual política de eficiência energética veicular brasileira, formada principalmente pelo Programa Inovar-Auto e o PBE Veicular.
- Compreensão de conceitos de políticas públicas (como são elaboradas, formas mais adequadas para determinados objetivos, possibilidades de implementação) aplicadas ao setor automotivo brasileiro.
- Revisão de características de políticas de eficiência energética em geral e de eficiência energética veicular em particular, de forma a destacar os pontos-chave desse tipo particular de política pública.
- Avaliação da experiência nacional e internacional em políticas de eficiência energética veicular, para extrair aspectos de sucesso e insucesso.
- Levantamento do estado da arte em tecnologias de eficiência energética de veículos leves, de modo a avaliar até que ponto ganhos de eficiência são técnica e economicamente viáveis.

De posse dessas informações, foi possível embasar as possibilidades de políticas de eficiência veicular, as quais alimentaram o modelo energético descrito no Capítulo 3.

### **2.1 Caracterização da indústria automotiva brasileira**

A cadeia produtiva da indústria automotiva é composta por três principais elos: o setor de autopeças, as montadoras e as concessionárias. É possível ainda expandir a cadeia

incluindo-se fornecedores de insumos a montante (tais como aço, produtos petroquímicos, vidro etc.) e serviços a jusante (financiamento, seguros, oficinas etc.), conforme apresentado na Figura 2.1 (CNI; ANFAVEA, 2012).



**Figura 2.1: Cadeia produtiva da indústria automotiva**

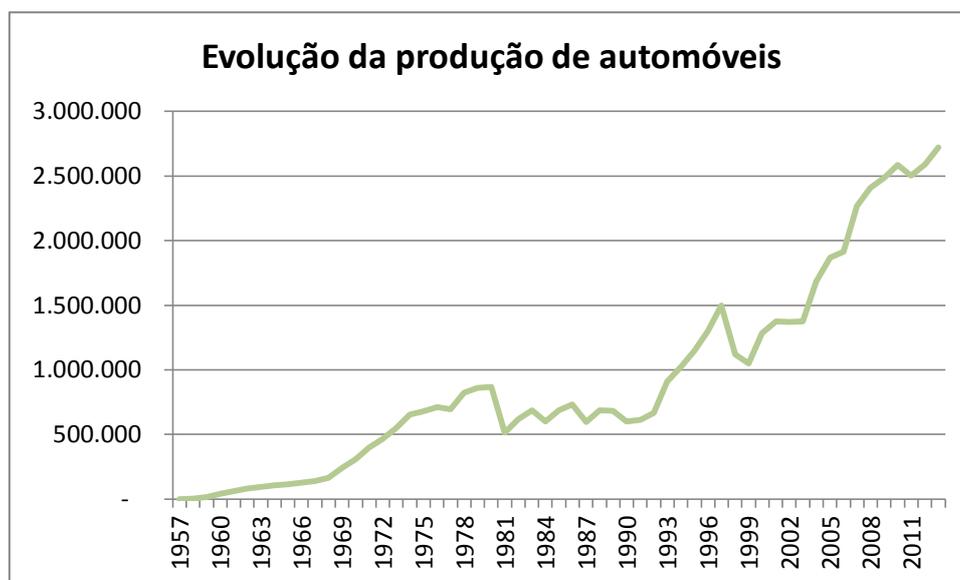
Fonte: CNI e ANFAVEA (2012)

No Brasil, considerando o mercado de autoveículos e máquinas agrícolas e rodoviárias, estão instalados 29 fabricantes, 500 empresas de autopeças e 5.116 concessionárias<sup>8</sup>. Em conjunto, as montadoras possuem 61 fábricas, com capacidade de produção anual de 4,5 milhões de autoveículos e 109 mil máquinas agrícolas e rodoviárias (ANFAVEA, 2014a).

Além das montadoras, ponto focal da indústria automobilística, o segmento de autopeças é especialmente importante no Brasil. Por contar com uma cadeia de fornecedores estruturada, cerca de 80% dos componentes demandados pela indústria são supridos localmente. Em 2007, a indústria brasileira de autopeças contava com mais de 640 unidades fabris (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008).

<sup>8</sup> Número de concessionárias refere-se ao valor de 2012. Demais valores referem-se à data de publicação do documento.

Em tempos recentes, os fabricantes nacionais experimentaram um elevado crescimento da produção, partindo de pouco mais de 1 milhão de veículos em 1999 e superando a marca de 2,5 milhões de automóveis fabricados no ano de 2010 (vide Figura 2.2).



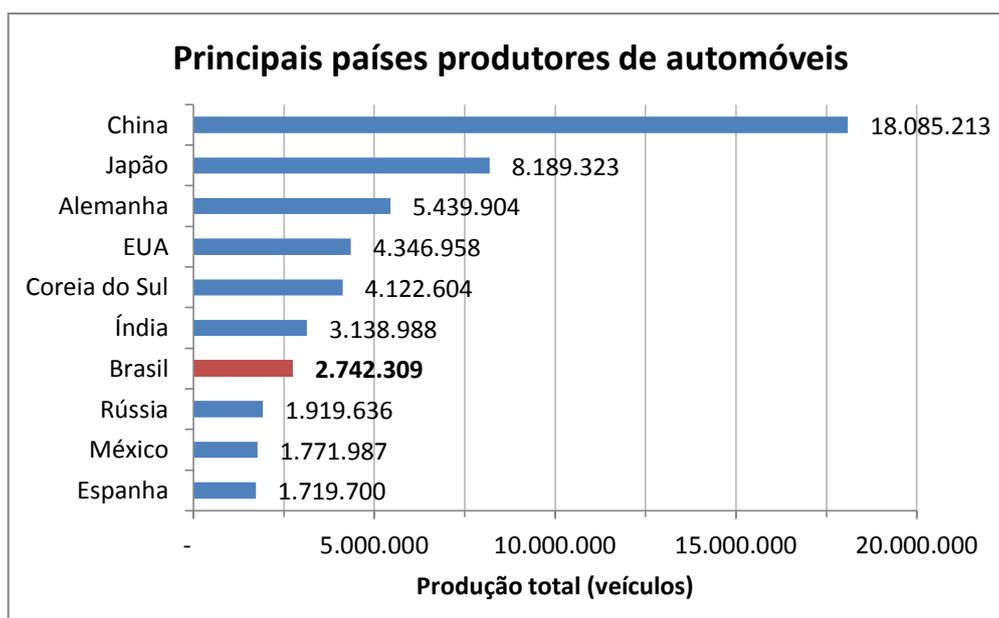
**Figura 2.2: Evolução da produção de automóveis no Brasil**

Fonte: Elaboração própria com base em dados da ANFAVEA (2014b)

Com isso, o país alcançou a posição de 7º maior produtor mundial em 2013 (OICA, 2014), conforme ilustrado pela Figura 2.3, configurando ainda o 4º maior mercado interno do mundo (ANFAVEA, 2014b)<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Nos anos de de 2014 e 2015, a produção brasileira de veículos teve decréscimos significativos e o país ocupava, com dados consolidados de 2015, o posto de 8º maior produtor de automóveis leves.



**Figura 2.3: Principais países produtores de automóveis**

Fonte: Elaboração própria com base em dados da OICA (2014). Dados referentes a 2013.

Um atributo típico da indústria automotiva é o seu caráter oligopolista. Essa característica se faz presente tanto a nível internacional quanto a nível nacional. Cerca de 50% da produção mundial de 2012 foi controlada pelos cinco maiores fabricantes<sup>10</sup>, conforme ilustrado na Tabela 2.1.

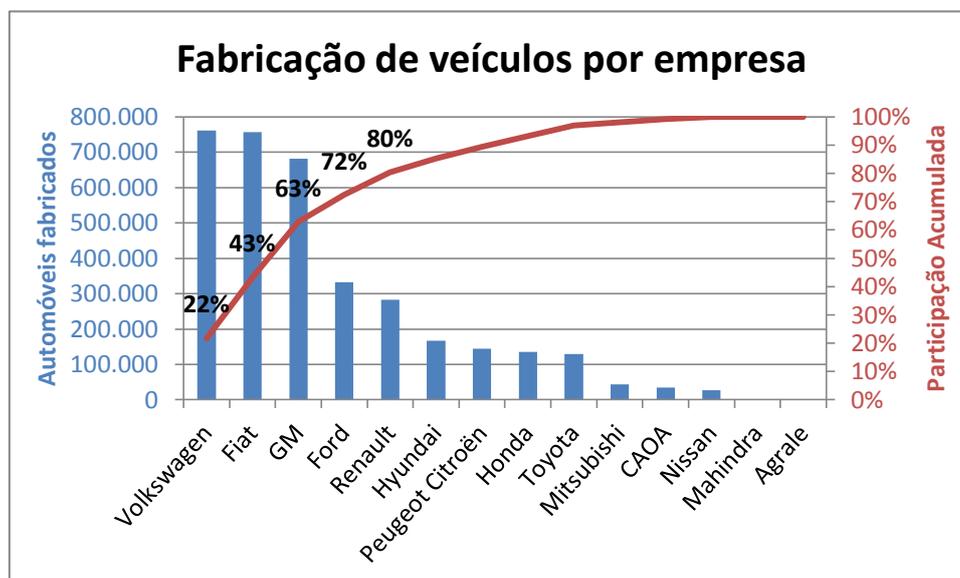
**Tabela 2.1: Principais fabricantes de automóveis mundiais**

Posição	Empresa	Produção	Participação acumulada da produção mundial
1	Toyota	10.104.424	12%
2	GM	9.285.425	23%
3	Volkswagen	9.254.742	34%
4	Hyundai	7.126.413	42%
5	Ford	5.595.483	49%
6	Nissan	4.889.379	55%
7	Honda	4.110.857	60%
8	Peugeot	2.911.764	63%
9	Suzuki	2.893.602	67%
10	Renault	2.676.226	70%
Total mundial		84.239.381	100%

Fonte: Elaboração própria com base em dados de Yahoo! Finance (2013) e OICA. Dados referentes a 2012.

<sup>10</sup> Considerando automóveis e veículos comerciais leves.

A indústria nacional também segue a mesma tendência, porém acentuando o padrão – as três maiores empresas controlam 63% da produção; as cinco maiores controlam 80%<sup>11</sup> (vide Figura 2.4). Volkswagen, Fiat e GM são as principais produtoras do mercado, seguidas por Ford e Renault.



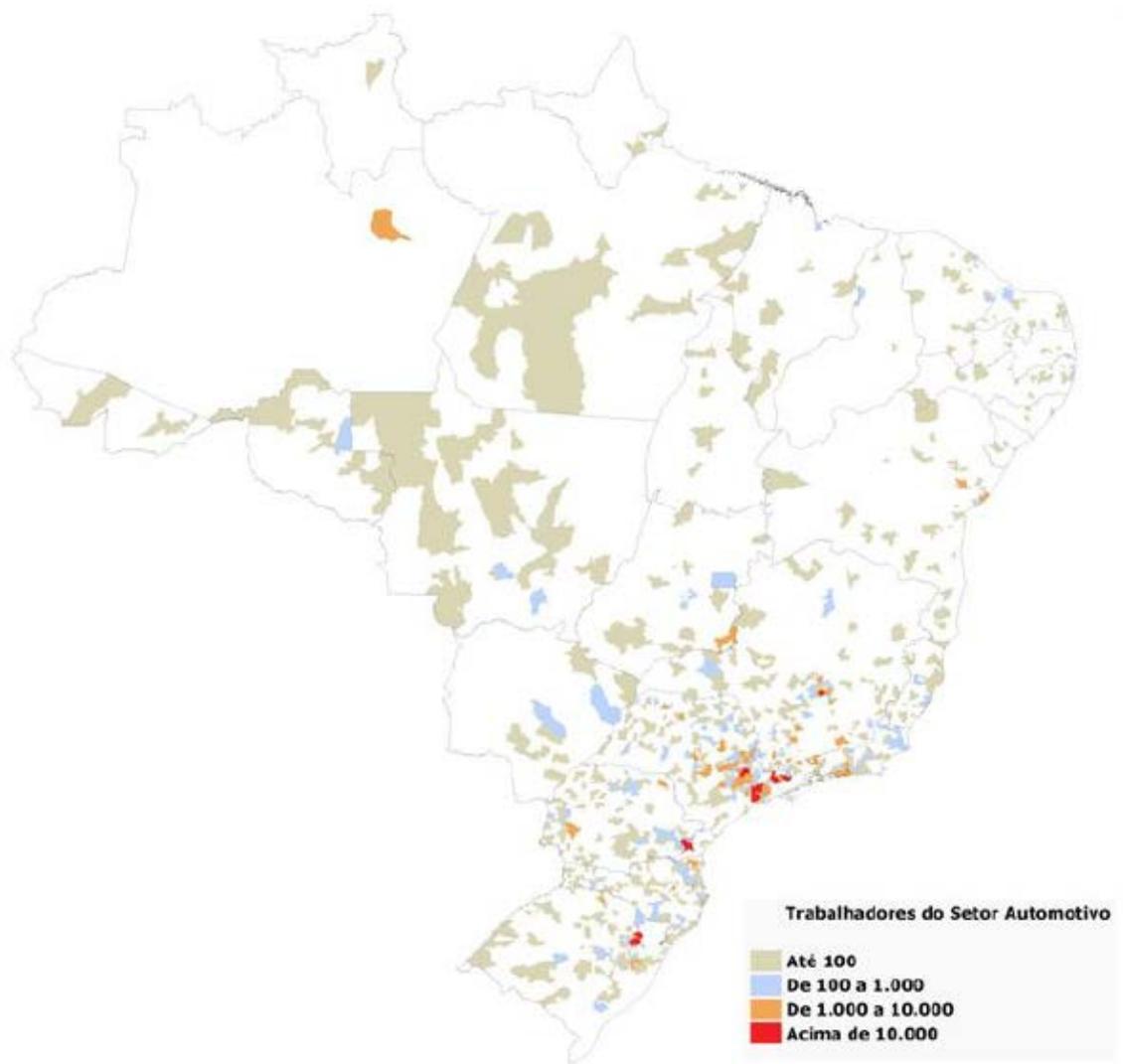
**Figura 2.4: Fabricação de veículos por empresa**

Fonte: Elaboração própria com base em dados de ANFAVEA (2014b). Dados referentes a 2013.

Em termos regionais, apesar de observar uma concentração no estado de São Paulo, que emprega aproximadamente 60% dos trabalhadores da indústria (CNM/CUT, 2012) e abriga 40% das plantas industriais (ANFAVEA, 2014b), as fábricas das empresas associadas à ANFAVEA estão presentes em 10 estados e 46 municípios (ANFAVEA, 2014b).

Devido à distribuição regional das unidades fabris, há também regionalização da geração de empregos, conforme ilustrado pela Figura 2.5. Em 2013, as montadoras empregaram diretamente cerca de 150.000 pessoas e, se considerados empregos diretos e indiretos, estima-se que a indústria automotiva seja responsável por 1,5 milhões de postos de trabalho (ANFAVEA, 2014b).

<sup>11</sup> Considerando automóveis e veículos comerciais leves.



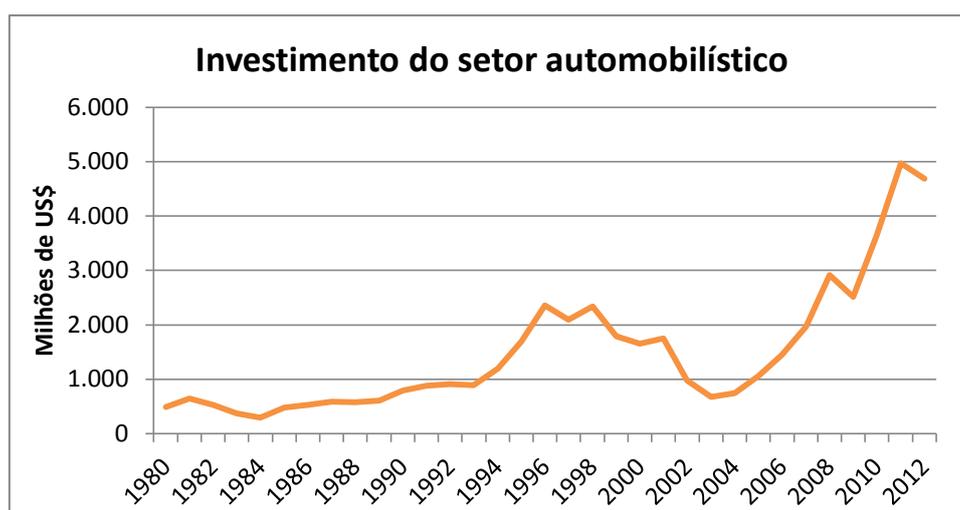
**Figura 2.5: Distribuição regional dos empregos no setor automotivo**

Fonte: CNM/CUT (2012)

A indústria também possui relevante importância econômica: no ano de 2012, foi responsável por 5% do PIB nacional e 21% do PIB industrial. Seu faturamento ultrapassou a faixa de US\$ 100 bilhões no mesmo ano, o que gerou aproximadamente US\$ 25 bilhões em tributos (IPI, ICMS, PIS e COFINS). Entretanto, trata-se de um setor beneficiado por uma série de medidas governamentais e que recebe diversos incentivos fiscais. Apenas no ano de 2009, por exemplo, isso representou mais de R\$ 2 bilhões em renúncias tributárias (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2010). Outra fonte de crítica constante ao setor automobilístico brasileiro é a prática de altas margens de lucro, que chega a ser mais que o dobro daquela praticada em mercados internacionais (O GLOBO, 2012).

De modo a permitir a crescente produção ilustrada anteriormente na Figura 2.2, os investimentos também aumentaram durante os últimos anos (Figura 2.6), especialmente a partir de 1994 e, após um hiato por volta do início do século XXI, a partir de 2006.

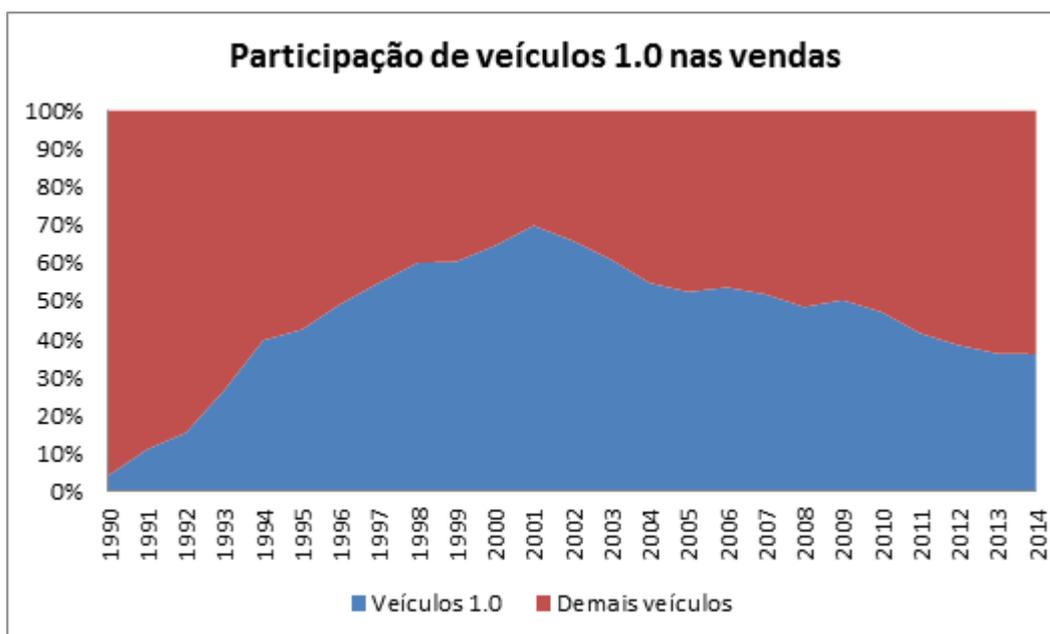
O aquecimento do mercado, a abertura comercial e a decorrente competição direta com veículos importados iniciou um movimento de fortalecimento das atividades de engenharia no país. Esse fortalecimento também foi impulsionado pelo estímulo governamental ao chamado “carro popular”, o que incentivou as empresas a desenvolverem veículos a preços mais acessíveis, criando *expertise* nesse mercado (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008).



**Figura 2.6: Investimento do setor automobilístico**

Fonte: Elaboração própria com base em dados de ANFAVEA (2014b).

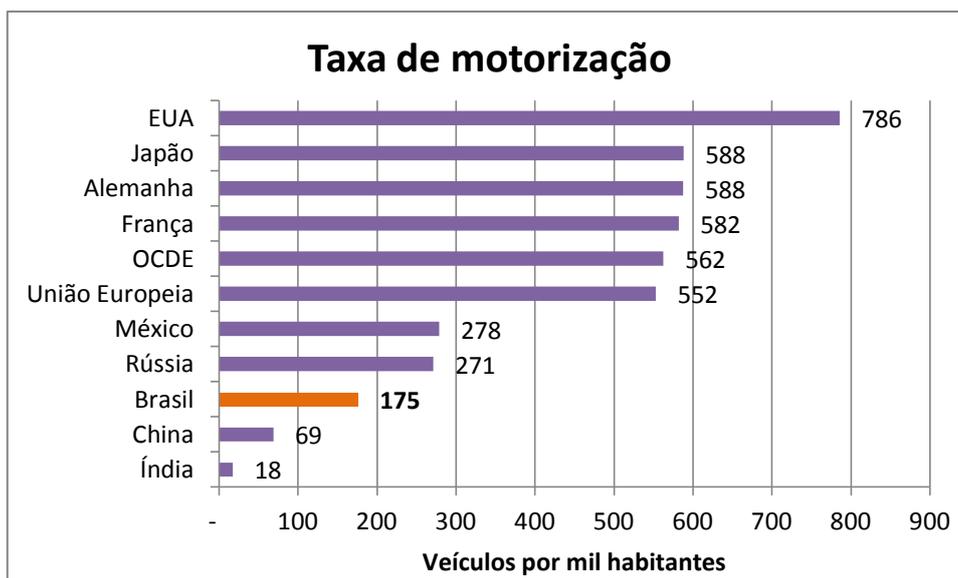
Dessa forma, a engenharia automotiva brasileira especializou-se em projetar e fabricar veículos de baixo custo (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008), especificamente nos veículos de baixa cilindrada (chamados de veículos 1.0 ou 1.000). Historicamente, estes estão entre os mais vendidos no Brasil, apesar de sua recente perda de participação relativa nos licenciamentos totais, ilustrada na Figura 2.7. Essa participação teve seu auge em 2001, quando veículos 1.0 representaram cerca de 70% das vendas internas; em 2014, foi aproximadamente metade desse valor – 36%.



**Figura 2.7: Licenciamento de veículos por motorização**

Fonte: Elaboração própria com base em dados da ANFAVEA (2014a).

O Brasil apresenta uma relação de veículos *per capita* (ou taxa de motorização) da ordem de 175 veículos a cada mil habitantes (ANFAVEA, 2014b), valor superior a alguns dos principais mercados emergentes, como Índia e China, porém significativamente inferior a mercados maduros como Estados Unidos, Japão e União Europeia (Figura 2.8). Haveria, portanto, espaço para um crescimento da frota circulante, à medida que a economia se desenvolva, o que suscita preocupações em relação à adoção de tecnologias adequadas, uso de combustíveis menos poluentes e melhorias em índices de eficiência energética. Ademais, com a possível saturação dos mercados maduros e o crescimento dos mercados emergentes, a *expertise* brasileira em veículos de baixo custo pode abrir oportunidades para a produção nacional (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008).



**Figura 2.8: Taxa de motorização de países e grupo de países selecionados**

Fonte: Elaboração própria com base em dados de ANFAVEA (2014b) e World Bank (2014).

Com base nos microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), do IBGE, é possível averiguar o percentual de residências que possuem ao menos um automóvel e/ou motocicleta por Unidade Federativa do Brasil. Em 2011, o percentual de domicílios em que ao menos um morador possuía carro foi de aproximadamente 41%, enquanto nas Regiões Norte e Nordeste as proporções de domicílios que possuem carro foi aproximadamente 20% (IBGE, 2012). Ressalta-se, ainda, que as Regiões Norte e Nordeste possuem uma maior quantidade de habitantes por domicílio, de 3,7 e 3,4 (respectivamente), que a média nacional, de 3,2 – o que resulta em uma taxa de motorização ainda menor (IBGE, 2012). A disparidade entre os índices de posse de veículo nas diferentes regiões reflete as diferenças socioeconômicas do Brasil e reforça a ideia de que o país ainda não alcançou o ponto de saturação do mercado automobilístico.

Por outro lado, o modelo de urbanização adotado em países como o EUA, em que o transporte individual é priorizado e é fornecida infraestrutura adequada para seu uso, não se consolidou no Brasil, por diversas razões. A situação nos grandes centros urbanos, como Rio de Janeiro e, notadamente, São Paulo, que adotou o rodízio de veículos, parece indicar que algumas cidades brasileiras não possuem infraestrutura adequada para comportar grandes aumentos na taxa de motorização brasileira.

## **2.2 Política de eficiência energética veicular brasileira**

No histórico brasileiro de regulação da eficiência energética, três programas se destacam: o Programa de Economia de Combustíveis (PECO), o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular e o Inovar-Auto. Optou-se, ainda, por abordar o PROCONVE (Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores), apesar de não se tratar de um programa voltado para a eficiência energética veicular, por ter sido um precursor do PBEV. Cada um desses programas é tratado separadamente a seguir.

### **2.2.1 Programa de Economia de Combustíveis (PECO)**

Pode-se dizer que a primeira ação no que poderia ser classificado como uma política brasileira de eficiência energética veicular foi o Programa de Economia de Combustíveis, formalizado em 1979 entre o governo e as montadoras (representadas pela ANFAVEA) e implementado no período de 1983 a 1986 (NOGUEIRA; BRANCO, 2005). As duas principais ações do programa foram a publicação de guias com as informações de eficiência (em km/l) dos modelos de automóveis disponíveis no mercado nacional e o estabelecimento de metas de consumo a serem progressivamente atingidas pelos fabricantes nacionais (metas essas que teriam sido atingidas durante a vigência do programa) (NOGUEIRA; BRANCO, 2005). Segundo Nogueira e Branco (2005), a partir de 1985, com a queda nos preços do petróleo, o programa perdeu prioridade e foi suspenso em 1987.

### **2.2.2 Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE)**

O PROCONVE foi instituído em 1986, por meio da resolução CONAMA n° 18/1986. Fruto de uma preocupação com a qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo, o objetivo do programa era reduzir a poluição local e regional causada por novos veículos leves e pesados (MENDES, 2004). Inicialmente, para veículos leves do ciclo Otto, os poluentes regulados foram monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio (CONAMA, 1986). Contudo, embora um veículo mais eficiente, tudo o mais constante, possua menor emissão específica (*e.g.* medida em gramas de poluente por

quilômetro), há tecnologias que tratam exclusivamente da emissão de poluentes locais como os regulamentados pelo PROCONVE, sem influenciar a eficiência energética do veículo como um todo<sup>12</sup>. Alguns exemplos de tecnologias são o uso de conversores catalíticos e filtros para partículas (MENDES, 2004). Ainda assim, o PROCONVE foi um precursor no monitoramento das emissões específicas de automóveis no Brasil, o que fomentou a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular.

### **2.2.3 Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV)**

No que tange a eficiência de veículos automotores, a política posterior ao PECO foi o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), inserido no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Surgido também na década de 80, o PBE possui o objetivo de racionalizar o consumo energético dos equipamentos mais utilizados no país, além de orientar consumidores sobre a eficiência dos produtos comercializados. Os produtos que participam do programa são avaliados através de testes de conformidade (cabe destacar que o programa é coordenado pelo INMETRO). Então, os produtos são classificados em uma escala de faixas de consumo energético que vai de “A” (equipamento mais eficiente) a “G” (equipamento menos eficiente) (INMETRO, 2003)<sup>13</sup>, segundo o modelo comparativo europeu (BASTIN, 2010). Após sua devida classificação, é conferida a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), representada na Figura 2.9, aos equipamentos que participam do programa.

---

<sup>12</sup> O mesmo não pode ser dito das emissões de CO<sub>2</sub>, que apresentam alta correlação com o consumo de combustível dos veículos. Vide, por exemplo, a política de eficiência energética veicular europeia, que estabelece suas metas para automóveis novos com base nas emissões de CO<sub>2</sub> por quilômetro rodado.

<sup>13</sup> Para alguns equipamentos, a classificação vai somente de “A” a “E”, vide INMETRO (2006).

<b>Energia</b> (Elétrica)		CONDICIONADOR DE AR
Fabricante		ABCDEF
Marca		XYZ
Versão		Frio/Quente/ Ciclo Reverso
Modelo/tensão (V)		IPQR/220V
Mais eficiente		
Menos eficiente		
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (kJ/Wh)		XY,Z
Potência elétrica (kW)		10,0
Capacidade total de refrigeração (kJ/h) (BTU/h)		10001 (10471)
<small>Regulamento Específico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia          Linha de Condicionadores de Ar Domésticos - RES/D003-04D          Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho</small>		
<small>PROGRAMA DE COMBATE          AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA</small>		
<b>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</b>		

**Figura 2.9: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para condicionadores de ar**

Fonte: INMETRO (2003)

Em maio de 2005, foi constituído o Comitê Técnico de Eficiência Veicular, presidido pelo CONPET<sup>14</sup> (Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo de Gás Natural) e sob a orientação da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia, e foram iniciados estudos para a concepção de um programa de etiquetagem na frota de novos veículos leves. Entre os anos de 2005 e 2008, realizadas diversas reuniões entre membros do Poder Executivo, CONPET e ANFAVEA com fins de buscar um acordo com a indústria automobilística sobre um programa de etiquetagem (BASTIN, 2010). Nesse período, segundo Bastin (2010), a ANFAVEA colocou alguns obstáculos<sup>15</sup> à instituição

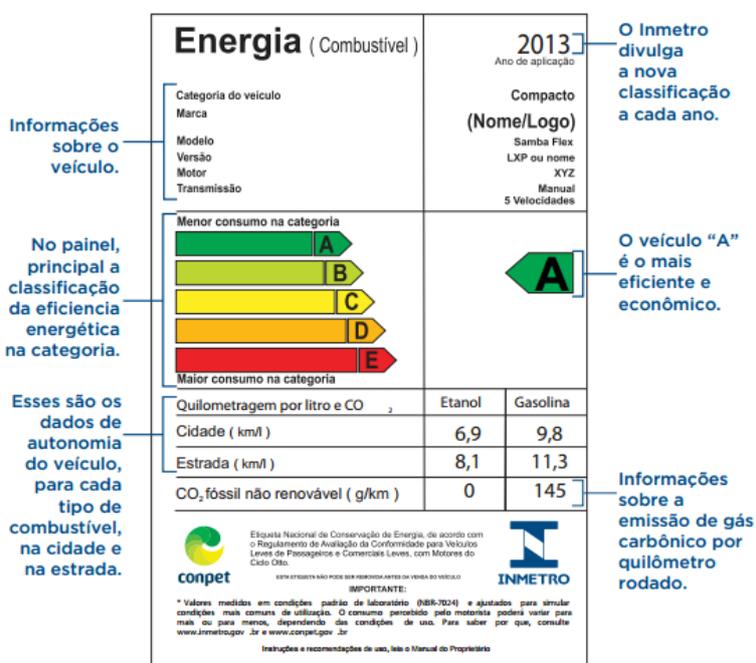
<sup>14</sup> O CONPET é um programa federal criado em 1991 para promover a racionalização no uso dos recursos naturais não renováveis no Brasil. É vinculado ao Ministério de Minas e Energia e executado com apoio técnico e administrativo da Petrobras (INMETRO, 2014a).

<sup>15</sup> Os empecilhos citados por Bastin (2010) são a diferença entre a medição de eficiência representada na etiqueta e a eficiência em condições reais e o fato de a lei de eficiência energética (Lei 10.295, de outubro de 2001) não mencionar a palavra “veículo”, mas sim máquinas e aparelhos consumidores de energia.

de um programa de etiquetagem com caráter obrigatório, o que levou os representantes do INMETRO a estabelecerem-no inicialmente como voluntário.

No final do ano de 2008, por meio da portaria INMETRO nº 391, o Regulamento de Avaliação da Conformidade para Etiquetagem de Veículos Leves de Passageiros e Comerciais Leves com Motores do Ciclo Otto foi aprovado, estabelecendo o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (BASTIN, 2010).

Da mesma forma que o restante do Programa Brasileiro de Etiquetagem, o PBEV é uma medida informacional, com o objetivo de “auxiliar os consumidores na decisão de compra” e “estimular a fabricação e importação de veículos mais eficientes” (INMETRO, 2014a). Sua principal ferramenta é a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, a qual classifica os veículos em cinco categorias, de “A” (mais eficiente) a “E”. O modelo de ENCE para veículos leves, além de breves explicações a respeito dos pontos abordados por ela, está disposto na Figura 2.10 (INMETRO, 2014a):



**Figura 2.10: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para veículos leves**

Fonte: INMETRO (2014a)

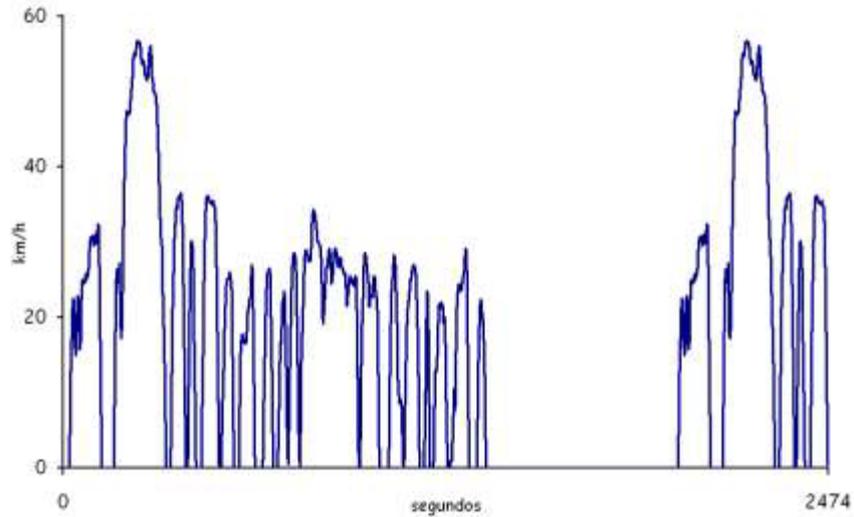
Além da classificação na categoria, as principais informações fornecidas pela ENCE são a autonomia do veículo (em km/l e em g CO<sub>2</sub>/km) a etanol e a gasolina, na estrada e na cidade. Outras informações de destaque, que podem ser vistas no site do programa<sup>16</sup> são a emissão de poluentes locais (em gramas de poluente por quilômetro) – uma herança do PROCONVE – e o consumo energético (em megajoules por quilômetro), o qual serve de base à classificação nas faixas de consumo.

A adesão ao PBEV é facultada a fabricantes e importadores de automóveis e deve ser renovada a cada ano. Para tal, o fornecedor deve informar os valores de consumo energético de no mínimo 50% de todos os seus modelos de automóveis novos previstos para comercialização no período (INMETRO, 2014a). Esse é um ponto crítico do programa, pois as montadoras podem optar por informar a eficiência de seus modelos mais econômicos e ocultar as informações de consumo de seus modelos menos eficientes (BASTIN, 2010).

Para que seja apurada a eficiência dos veículos, os procedimentos padronizados para os ensaios do PBEV são realizados de acordo com a norma ABNT NBR 7024: “Medição do Consumo de Combustível de Veículos Rodoviários Automotores Leves”, através de ciclos de condução que simulam o uso dos veículos em trânsito urbano e de estrada (BASTIN, 2010). A Figura 2.11 e a Figura 2.12 representam, respectivamente, o perfil do ciclo de condução da NBR 7024 na estrada e na cidade. Com o objetivo de emular as condições de trânsito na cidade, esse ciclo de direção é composto por maior número de paradas e, conseqüentemente, acelerações e desacelerações, o que resulta em um maior consumo de combustível por distância percorrida. Já o ciclo de condução na estrada possui velocidade mais constante ao longo do período de teste:

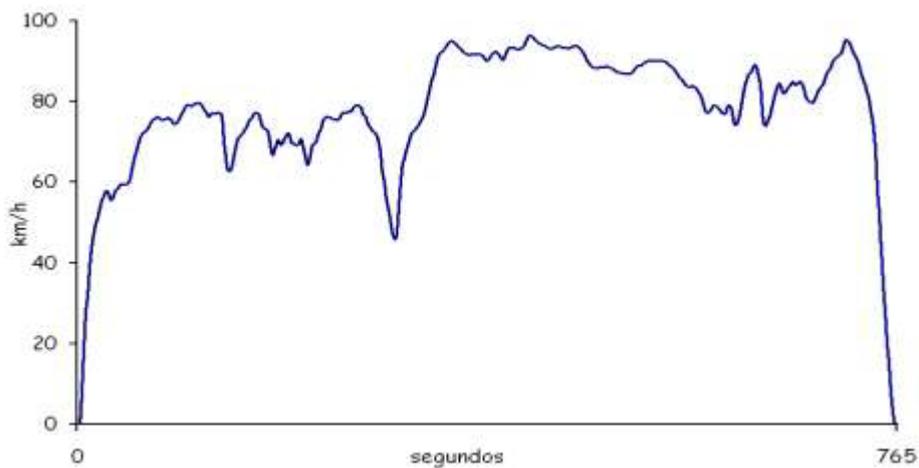
---

<sup>16</sup> <http://pbeveicular.petrobras.com.br/TabelaConsumo.aspx>



**Figura 2.11: Ciclo de condução da NBR 7024 na cidade**

Fonte: Carvalho (2008) *apud* Bastin (2010)



**Figura 2.12: Ciclo de condução da NBR 7024 na estrada**

Fonte: Carvalho (2008) *apud* Bastin (2010)

A partir da autonomia do veículo (em km/l) nos diferentes ciclos, sua “eficiência combinada” é calculada a partir de uma média harmônica ponderada dos dois ciclos, conforme a Equação 2-1 (BASTIN, 2010):

**Equação 2-1: Cálculo da eficiência combinada**

$$Eficiência_{combinada} = \frac{1}{\left( \frac{0,55}{Eficiência_{Ciclo\ Urbano}} + \frac{0,45}{Eficiência_{Ciclo\ Rodoviário}} \right)}$$

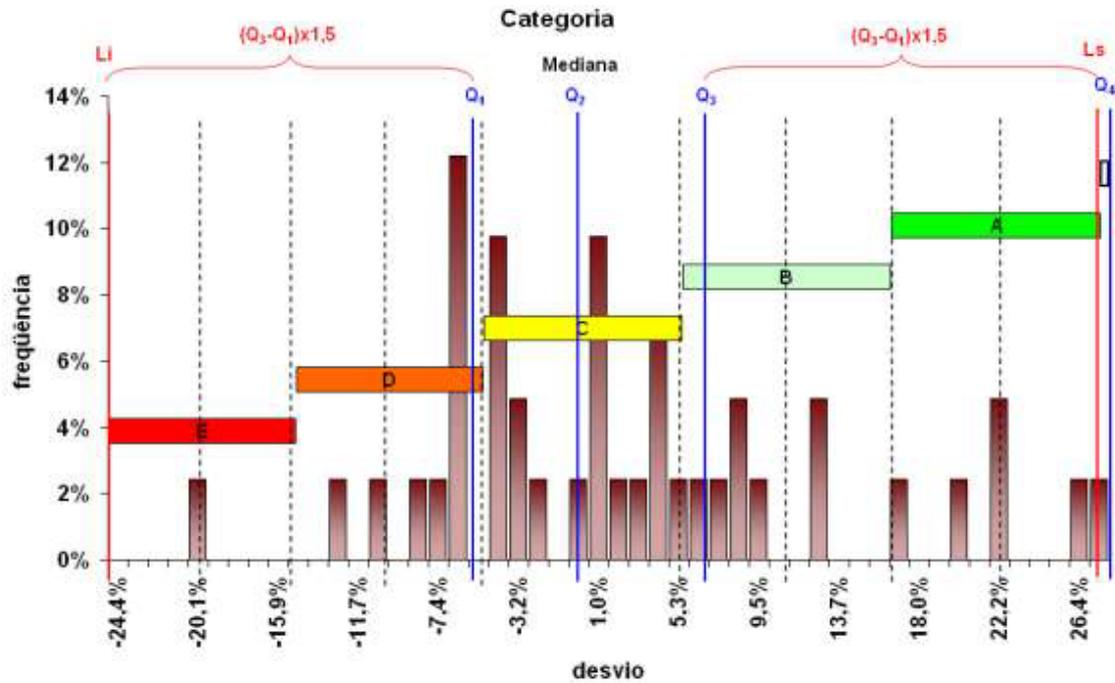
O consumo energético específico (em MJ/km) do veículo, que serve de base para seu enquadramento nas faixas de classificação do PBEV (de “A” até “E”) é calculado a partir da divisão da eficiência combinada pela densidade energética do combustível (BASTIN, 2010):

**Equação 2-2: Cálculo do consumo energético**

$$\text{Consumo Energético} = \frac{\text{Eficiência}_{\text{combinada}}}{\text{Densidade Energética}}$$

Onde a densidade energética consiste no poder calorífico inferior do combustível em base volumétrica, em MJ por litro.

As faixas de consumo energético dos veículos são definidas a cada ano e variam segundo os dados declarados pelas montadoras. Seguindo essa metodologia, a classificação de um modelo de veículo pode variar de um ano para outro ainda que sua eficiência não tenha variado (contanto que a variação dos demais veículos tenha sido suficientemente significativa) (BASTIN, 2010). Segundo Carvalho (2008) *apud* Bastin (2010), as faixas são definidas segundo seu desvio da mediana e a amplitude dos consumos energéticos, conforme ilustrado na Figura 2.13:



**Figura 2.13: Histograma de distribuição do consumo energético**

Fonte: Carvalho (2008) *apud* Bastin (2010)

Dentro do PBEV, os veículos são agrupados em oito categorias, das quais quatro se baseiam no uso do veículo: esportivo, fora-de-estrada, comercial leve e veículo de carga derivado de veículo de passageiro; e as outras quatro são classificadas conforme o tamanho da área projetada do veículo no solo (em  $m^2$ ): sub-compacto, compacto, médio e grande (BASTIN, 2010).

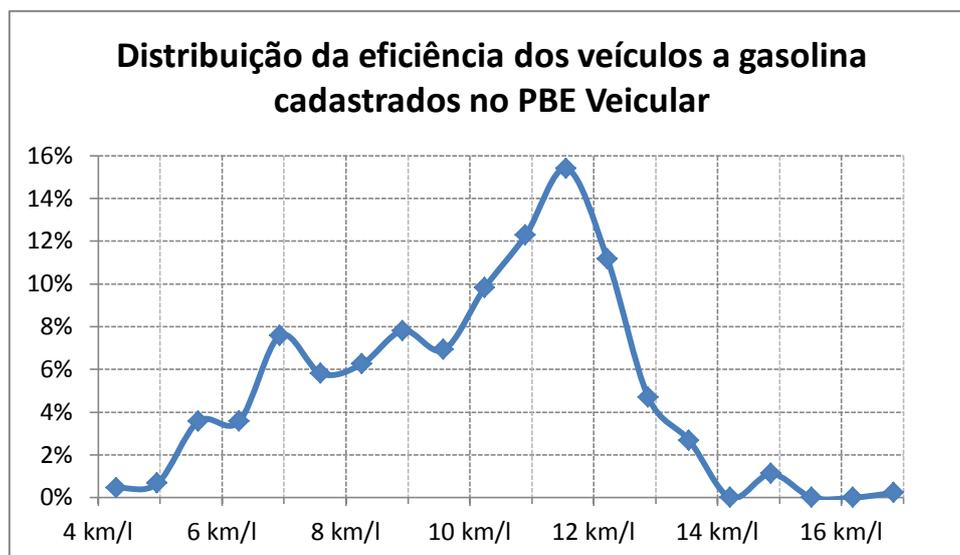
De acordo com Bastin (2010), a divisão dos veículos em categorias é própria dos programas comparativos relativos de etiquetagem, que geralmente apresentam um parâmetro de comparação para toda a frota (como peso, capacidade volumétrica do motor, tamanho, potência, volume interno e outros). No PBEV, o parâmetro baseado no tamanho foi escolhido para classificar as categorias de veículos mais leves do mercado (sub-compacto, compacto, médio e grande), enquanto os mais pesados são comparados de forma independente nas categorias carga derivado de veículo de passageiro, comercial leve e fora-de-estrada, além de esportivo (BASTIN, 2010).

Dessa forma, os segmentos de mercado de picapes compactas, SUVs, fora-de-estrada, picapes grandes e carros esportivos são excluídos da classificação por tamanho, e freqüentemente são utilizados no Brasil como carros de passeio (BASTIN, 2010). Na

opinião de Bastin (2010), este tipo de divisão dos veículos diminui a capacidade do consumidor de identificar que os modelos de uma categoria superior de tamanho e peso são geralmente menos eficientes que os modelos de uma categoria inferior.

Outro ponto negativo destacado pela autora é que há uma margem de tolerância ( $\pm 0,10 \text{ m}^2$ ) na classificação de tamanho, a qual permite que a montadora escolha a categoria mais conveniente para enquadrar determinados modelos de veículo<sup>17</sup>, podendo obter assim melhor classificação em uma classe superior de tamanho (BASTIN, 2010).

Mesmo com seus possíveis defeitos, uma consulta aos veículos cadastrados no PBEV permite traçar um diagnóstico dos automóveis comercializados no Brasil. A Figura 2.14 ilustra como se distribuiu a eficiência dos veículos cadastrados no PBE Veicular no ano de 2013<sup>18</sup>:



**Figura 2.14: Distribuição da eficiência dos veículos a gasolina cadastrados no PBEV**

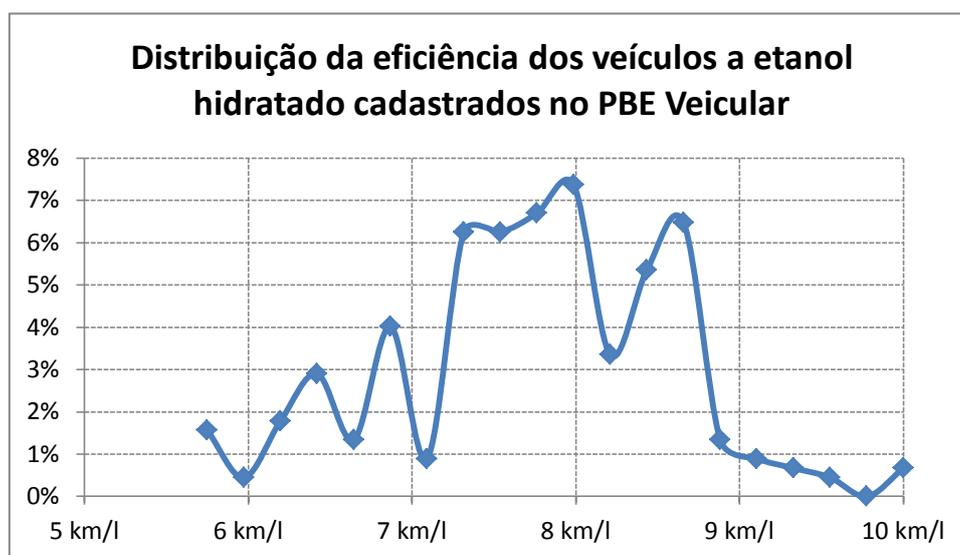
Fonte: Elaboração própria com base em dados do INMETRO (2014b)

<sup>17</sup> Segundo Bastin (2010), no ano de 2009, os veículos Gol (Volkswagen) e Linea (Fiat) tiveram a oportunidade de apresentar uma classificação melhor em uma classe superior de tamanho, devido à margem de tolerância.

<sup>18</sup> De modo a poder traçar o gráfico da Figura 2.14, os veículos do PBE Veicular foram divididos em 20 faixas de eficiência, do menos eficiente ao mais eficiente. A frequência do gráfico corresponde à frequência da faixa, representada pela média aritmética dos limites superior e inferior da faixa.

Nota-se, portanto, que a maior parte dos modelos comercializados possui autonomia na faixa de 10 km/l a pouco mais de 12 km/l, com uma moda por volta de 11,5 km/l quando movidos a gasolina. A média aritmética simples dos veículos cadastrados é de 10,29 km/l e sua mediana é de 10,71 km/l. Excluindo-se o híbrido Ford Fusion, cujo consumo é de 16,84 km/l, os carros mais eficientes possuem eficiência na faixa de 15 km/l.

No caso dos veículos a etanol, a média aritmética simples da eficiência dos veículos é de 7,84 km/l, sua mediana é de 7,88 km/l, a moda situa-se próxima a 8,0 km/l e a maior parte dos veículos situa-se na faixa de pouco mais de 7 km/l a pouco menos de 9 km/l, como ilustrado pela Figura 2.15<sup>19</sup>. O veículo mais eficiente consome 10 km/l de etanol hidratado.



**Figura 2.15: Distribuição da eficiência dos veículos a etanol cadastrados no PBEV**

Fonte: Elaboração própria com base em dados do INMETRO (2014b)

Conforme será abordado na Seção 2.2.4, apesar de constituído como um programa voluntário, com a criação do Inovar-Auto e de suas condições de habilitação, seria esperado que a maior parte das montadoras se cadastrassem no PBEV.

<sup>19</sup> De modo a poder traçar o gráfico da Figura 2.15, os veículos do PBE Veicular foram divididos em 20 faixas de eficiência, do menos eficiente ao mais eficiente. A frequência do gráfico corresponde à frequência da faixa, representada pela média aritmética dos limites superior e inferior da faixa.

#### **2.2.4 O Programa Inovar-Auto**

O Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Programa Inovar-Auto), também chamado de Novo Regime Automotivo, foi criado pela Lei 12.715 de 2012 e regulamentado pelo decreto 7.819/2012<sup>20</sup>. Consiste em um incentivo tributário associado ao investimento, à agregação de valor, ao emprego, à inovação, à segurança veicular e à eficiência energética dos veículos (ABDI, 2013b).

Há dois principais benefícios tributários previstos pelo regime: crédito presumido de trinta pontos percentuais de IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) para as empresas habilitadas ao regime (a partir da data de habilitação) e, a partir de 2017, abatimento de um ou dois pontos percentuais de IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados), dependendo do consumo energético específico dos veículos fabricados pela empresa (MDIC, 2012). O crédito presumido do IPI é um ressarcimento das contribuições para o PIS/PASEP e COFINS incidentes sobre aquisições no mercado interno de produtos utilizados no processo produtivo, aplicável a empresas produtoras e exportadoras de mercadorias nacionais (RECEITA FEDERAL, 2014). Logo, trata-se de um benefício aplicável somente a empresas exportadoras.

Em relação aos trinta pontos percentuais de crédito presumido, é interessante notar que, apesar de a adesão ao Inovar-Auto ser facultativa, a criação do programa se deu pouco depois de um aumento de justamente 30% no IPI de automóveis, permitindo a compensação desse aumento (MDIC, 2012b). Portanto, apesar da adesão facultativa, há um forte incentivo econômico. Quanto ao abatimento adicional de IPI, ele está condicionado ao cumprimento de metas de eficiência energética.

Nas palavras da ABDI (2013a), “o principal compromisso do programa é o alcance de níveis mínimos de eficiência energética de todos os veículos comercializados no país.” A temática da eficiência energética é um dos cinco principais objetivos do Inovar-Auto, conforme listados a seguir (ABDI, 2013b):

- Fortalecer a cadeia de fornecimento automotivo;
- Assegurar investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação;

---

<sup>20</sup> Houve ainda algumas modificações determinadas pelo decreto 8.015/13.

- Aumentar volume de gastos em engenharia e Tecnologia Industrial Básica (TIB);
- Aumentar segurança dos veículos produzidos e comercializados no país;
- Aumentar eficiência energética dos veículos.

Dentro do objetivo de aumentar a eficiência energética dos veículos, cinco medidas específicas são previstas (ABDI, 2013b)<sup>21</sup>:

1. Elaborar legislação de metas compulsórias a serem cumpridas por veículos pesados e leves comercializados no Brasil a partir de 2017;
2. Estabelecer metas de eficiência energética a serem cumpridas por automóveis e comerciais leves<sup>22</sup>;
3. Definir limite mínimo de eficiência energética e tecnologia embarcada como critério nas licitações governamentais para aquisição de veículos pelo governo federal;
4. Definir limites mínimos de investimentos em P&D e engenharia, Tecnologia Industrial Básica (TIB) e capacitação de fornecedores para as montadoras instaladas no País;
5. Ajustar o texto da Portaria Inmetro 544/2012, que trata dos requisitos de desempenho para pneus quanto aos parâmetros de resistência ao rolamento, aderência ao molhado e nível de ruído.

Cabe destacar que há apenas duas condições gerais à habilitação ao Inovar-Auto, descritas no artigo 4º do decreto 7.819 de 2012 (BRASIL, 2012):

- I. A regularidade da empresa solicitante em relação aos tributos federais.
- II. O compromisso da empresa solicitante de atingir níveis mínimos de eficiência energética em relação aos produtos comercializados no País, nos termos do item 2 do Anexo II do mesmo decreto.

#### **2.2.4.1 Metas do Inovar-Auto para veículos leves**

Veículos leves, à luz do decreto 7.819 de 2012, consistem em veículos equipados com motor a gasolina ou com motor a etanol ou com motor que utilize alternativa ou simultaneamente gasolina e etanol (motorização *flex*) e os veículos híbridos e elétricos desde que se enquadrem em códigos específicos da Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados (BRASIL, 2012). Em se tratando de motores de combustão interna, portanto, aplicam-se a veículos do ciclo Otto. As metas de eficiência

---

<sup>21</sup> Essa numeração não é utilizada pela ABDI (2013b), ela foi aqui empregada para que seja possível referenciar mais facilmente as medidas previstas.

<sup>22</sup> Apesar de aparentemente haver uma sobreposição entre as medidas 1 e 2, já que a primeira menciona veículos leves e a segunda “automóveis e comerciais leves”, será considerado, conforme implícito em (ABDI, 2013b), que a medida 1 diz respeito apenas a veículos pesados.

energética para tais veículos são as seguintes, discriminadas de acordo com o incentivo tributário correspondente (BRASIL, 2012):

### **1. Meta mínima para habilitação ao Inovar-Auto**

Para se habilitar ao Inovar-Auto, a empresa deverá comprometer-se a cumprir, até o dia 1º outubro de 2017, a exigência de consumo energético máximo ( $CE_1$ ), em MJ/km, calculado conforme a seguinte expressão (BRASIL, 2012):

#### **Equação 2-3: Meta mínima para habilitação ao Inovar-Auto**

$$CE_1 = 1,155 + 0,000593 \cdot (M_{\text{empresa habilitada}})$$

Onde  $M_{\text{empresa habilitada}}$  é a massa média, em ordem de marcha<sup>23</sup>, em kg, de todos os veículos leves comercializados no Brasil pela empresa habilitada, ponderada pelas vendas ocorridas nos doze meses anteriores ao mês no qual será feito o cálculo (BRASIL, 2012). A exigência de eficiência energética é dada em função da massa dos veículos comercializados pela empresa.

O cálculo do consumo energético atingido por cada empresa habilitada será baseado no ciclo de condução combinado descrito na norma ABNT NBR 7024, a mesma utilizada pelo PBEV, e nas instruções normativas complementares do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para veículos híbridos e elétricos, e realizado considerando-se o consumo energético de todos os seus modelos de veículos leves ponderada pelas respectivas vendas ocorridas no Brasil (BRASIL, 2012).

A meta do Inovar-Auto consiste, portanto, em uma média ponderada pelas vendas, e não um nível mínimo universal. Trata-se de uma forma de regulação baseada em atributo (especificamente, a massa em ordem de marcha) com uma curva contínua de metas, dada pela Equação 2-3.

### **2. Meta para redução de alíquota de um ponto percentual no IPI**

---

<sup>23</sup> Segundo o CONTRAN (2009), massa em ordem de marcha é definida como sendo a massa do veículo com carroceria (incluindo líquidos, ferramentas e estepe, se instalados, o motorista e um membro da tripulação se o veículo dispõe de assento para tal). Sendo assim, além da massa do carro, seria razoável, de forma aproximada, somar 200 quilos (duas pessoas de 70 quilos, 40 quilos de combustível, 20 quilos da ferramentas e do estepe, aproximadamente) à massa do veículo para calcular a sua massa em ordem de marcha.

Para fazer jus à redução de alíquota de um ponto percentual do IPI, cada empresa habilitada deverá cumprir, até 01/10/2016 ou até 01/10/2017, e manter, em medições anuais, até 2020, o consumo energético menor ou igual ao valor máximo ( $CE_2$ ) calculado de acordo com a Equação 2-4 (BRASIL, 2012):

**Equação 2-4: Meta para redução de alíquota de um ponto percentual no IPI**

$$CE_2 = 1,111 + 0,000570 \cdot (M_{\text{empresa habilitada}})$$

Dessa forma, a empresa habilitada poderá usufruir da redução de alíquota até o ano de 2020.

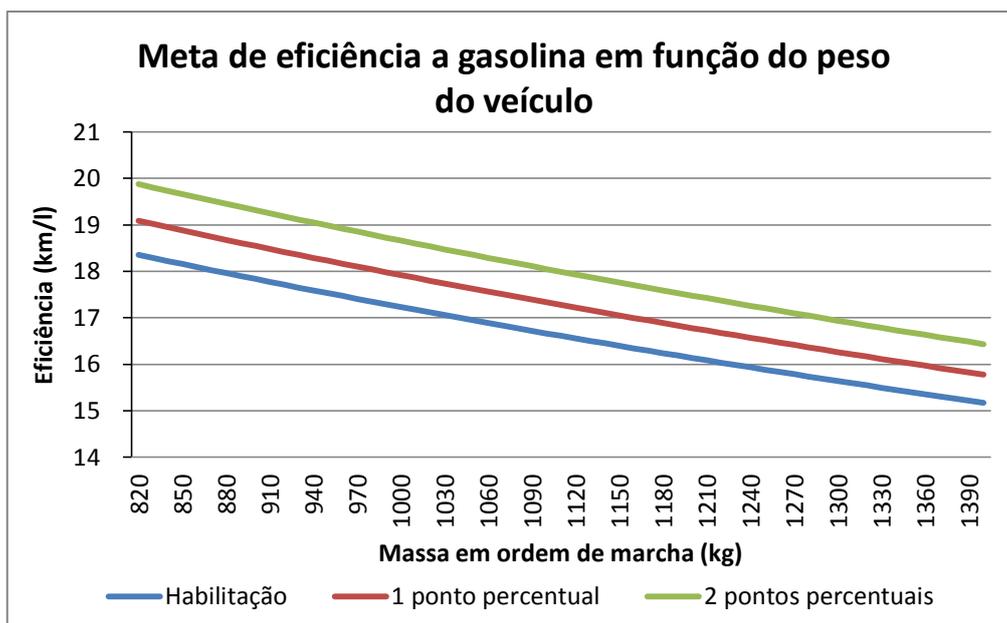
**3. Meta para redução de alíquota de dois pontos percentual no IPI**

Da mesma forma, para receber a redução de alíquota de dois pontos percentual do IPI, cada empresa habilitada deverá cumprir, até o 01/10/2016 ou até 01/10/2017, e manter, em medições anuais, até 2020 (ano até o qual o benefício poderá ser usufruído), o consumo energético menor ou igual ao valor máximo ( $CE_3$ ) calculado de acordo com a equação a seguir (BRASIL, 2012):

**Equação 2-5: Meta para redução de alíquota de um ponto percentual no IPI**

$$CE_3 = 1,067 + 0,000547 \cdot (M_{\text{empresa habilitada}})$$

A Figura 2.16 apresenta as metas de habilitação e abatimento de 1% e 2% no IPI em função da eficiência (em km/l) do veículo a gasolina e sua massa em ordem de marcha:



**Figura 2.16: Metas de eficiência do Inovar-Auto de acordo com o peso do veículo a gasolina**

Fonte: Elaboração própria com base em informações de Brasil (2012)

Segundo a ABDI (2013a), a meta-alvo de 17,26 km/l para gasolina C ou 11,96 km/l para etanol hidratado, que segundo os valores adotados na referência seria equivalente à meta para redução de dois pontos percentuais no IPI, corresponde à meta europeia de 2015 (130 g de CO<sub>2</sub>/km). Esse dado não é corroborado se utilizada a metodologia de conversão de g CO<sub>2</sub>/km para km/l fornecida por ICCT (2014a) – 130 g CO<sub>2</sub>/km seria equivalente a 18,5 km/l. Ressalva-se também que a meta europeia era obrigatória, enquanto a do Inovar-Auto de 17,26 km/l (para obtenção de 2 pontos percentuais de abatimento no IPI) é facultativa.

#### 2.2.4.2 Metas do Programa Inovar-Auto para veículos pesados

Uma das medidas previstas pelo Inovar-Auto é a criação de metas compulsórias a serem cumpridas por veículos pesados comercializados no Brasil a partir de 2017, conforme mencionado na Seção 2.2.4. O responsável por essa ação é o MDIC e o prazo para sua conclusão era outubro de 2014 (ABDI, 2013b).

De acordo com informações da ABDI (2013b), encontra-se em curso uma avaliação comparativa de políticas públicas de outros países sobre eficiência energética de veículos pesados. Presume-se que o conhecimento gerado na formação e na

implementação dessas políticas poderão ser úteis ao contexto nacional, sobretudo quanto aos arranjos institucionais e motivações socioeconômicas e ambientais (ABDI, 2013a). O relatório mais recente da ABDI (2014), de novembro de 2014, afirma que foi identificada uma necessidade de aprofundar a avaliação e que esta ainda encontra-se em curso.

#### **2.2.4.3 Sanções referentes ao não-cumprimento das metas do Inovar-Auto**

Com as alterações dispostas pelo decreto nº 8.015 de 2013, foram criadas sanções ao não-atendimento das metas do programa. As multas previstas no caso da meta de eficiência energética (expressa em MJ/km) são de (BRASIL, 2013):

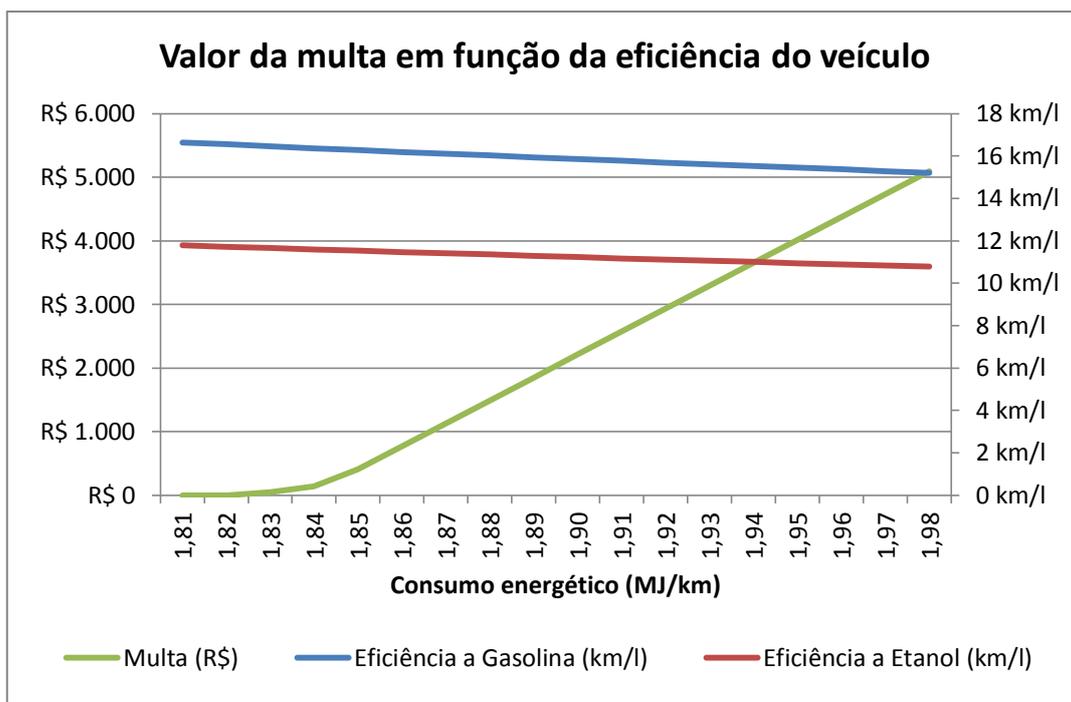
- i. R\$ 50,00 (cinquenta reais) para até o primeiro centésimo, inclusive, maior que o consumo energético correspondente à meta estabelecida para a empresa habilitada.
- ii. R\$ 90,00 (noventa reais) a partir do primeiro centésimo, exclusive, até o segundo centésimo, inclusive, maior que a meta.
- iii. R\$ 270,00 (duzentos e setenta reais) a partir do segundo centésimo, exclusive, até o terceiro centésimo, inclusive, maior que a meta.
- iv. R\$ 360,00 (trezentos e sessenta reais) a partir do terceiro centésimo, exclusive, para cada centésimo maior que a meta.

Cabe ao MDIC estabelecer os procedimentos para a imposição das multas (BRASIL, 2013). A multa em função da eficiência do veículo pode ser observada na Tabela 2.2 e na Figura 2.17 a seguir.

**Tabela 2.2: Multa em função da eficiência do veículo**

Consumo energético (MJ/km)	Eficiência a Gasolina (km/l)	Eficiência a Etanol (km/l)	Multa (R\$)
1,81	16,64	11,79	-
1,82	16,55	11,72	-
1,83	16,46	11,66	50
1,84	16,37	11,60	140
1,85	16,28	11,53	410
1,86	16,19	11,47	770
1,87	16,11	11,41	1.130
1,88	16,02	11,35	1.490
1,89	15,94	11,29	1.850
1,90	15,85	11,23	2.210
1,91	15,77	11,17	2.570
1,92	15,69	11,11	2.930
1,93	15,61	11,06	3.290
1,94	15,53	11,00	3.650
1,95	15,45	10,94	4.010
1,96	15,37	10,89	4.370
1,97	15,29	10,83	4.730
1,98	15,21	10,78	5.090

Fonte: Calculado com base em informações de Brasil (2013)



**Figura 2.17: Valor da multa prevista no Inovar-Auto em função da eficiência do veículo**

Fonte: Elaboração própria com base em informações de Brasil (2013)

Nota-se, portanto, que a multa ultrapassa o valor de cinco mil reais para o caso de carros com eficiência de 15,21 km/l a gasolina e 10,78 km/l a etanol hidratado, o que representaria cerca de 20% do valor de um carro popular com preço próximo a R\$ 25.000.

#### 2.2.4.4 Outros aspectos do Inovar-Auto

Existem, ainda, outros aspectos tratados pelo programa. Há, por exemplo, condições específicas que, além da meta de eficiência, devem ser cumpridas para a habilitação ao programa. Previstas no artigo 7º do decreto 7.819 de 2012, as condições são (BRASIL, 2012):

- I. Realizar, no país, indiretamente ou por terceiros, uma quantidade mínima de atividades fabris e de atividades de infraestrutura de engenharia definidas pelo decreto em pelo menos oitenta por cento dos veículos fabricados.
- II. Realizar, no país, dispêndios em pesquisa e desenvolvimento em percentuais mínimos definidos pelo decreto.
- III. Realizar, no país, dispêndios mínimos, definidos pelo decreto, em engenharia, tecnologia industrial básica e capacitação de fornecedores.

- IV. Aderir a Programa de Etiquetagem Veicular definido pelo MDIC e estabelecido pelo INMETRO com percentuais mínimos (definidos em decreto) de participação dos modelos fabricados (ou seja, nem todos os modelos necessariamente deverão participar do Programa de Etiquetagem).

Dessas quatro condições específicas, a empresa habilitada deve cumprir três, sendo que a condição I é obrigatória (BRASIL, 2012). Logo, cabe ao empreendedor escolher duas das três condições restantes. Visto que a realização de testes para verificar o atendimento do nível mínimo de eficiência energética é uma condição geral obrigatória, é razoável assumir que a condição específica IV (aderir ao programa de etiquetagem veicular) será cumprida por todas as empresas que participarem do programa. Com essas condições, a adesão ao PBEV torna-se obrigatória às empresas que se habilitarem ao Inovar-Auto. Restaria às montadoras a escolha de atender à condição II ou III. É importante ressaltar também que não há qualquer exigência de que tais dispêndios previstos nos itens II e III possuam qualquer relação com o tema de eficiência energética.

## **2.3 Conceitos de políticas públicas aplicados ao setor automotivo brasileiro**

### **2.3.1 Definição de políticas públicas**

Na opinião de Ruas (1997), a grande diversidade decorrente da vida em sociedade frequentemente resulta em conflito e, para que a mesma sociedade possa sobreviver e progredir, o conflito deve ser mantido dentro de limites administráveis. Segundo a autora, haveria dois meios para fazê-lo: a coerção pura e simples e a política. Tendo a coerção a desvantagem de que, quanto mais usada, menos efetiva e mais custosa se torna, a política seria o meio efetivamente disponível. A política pode envolver coerção – principalmente como possibilidade – e, no entanto, não se limita a ela. Política seria *“o conjunto de procedimentos formais e informais que expressam relações de poder e se destinam à resolução dos conflitos quanto a bens públicos”* (RUAS, 1997, p.1).

Dessa forma, as políticas públicas (em inglês, *policies*) são resultados da atividade política em si (em inglês, *politics*) (RUAS, 1997). Contudo, definir o que é uma política pública não é uma tarefa simples – diversas definições já foram propostas para o termo (SOUZA, 2006, p. 24) ::

- *“Campo dentro do estudo da política que analisa o governo à luz de grandes questões públicas”;*
- *“Conjunto de ações e inações do governo que irão produzir efeitos específicos”;*
- *“Soma das atividades dos governos, que agem diretamente ou através de delegação, e que influenciam a vida dos cidadãos”;*

De forma abrangente, políticas públicas podem ser entendidas como a totalidade de ações, metas e planos que os governos (sejam eles nacionais, estaduais ou municipais) traçam para alcançar o bem-estar da sociedade e o interesse público (SEBRAE, 2008).

Contudo, é interessante também incluir nessa definição as inações (ou omissões) do poder público como forma de manifestação de políticas, pois não deixam de representar opções e prioridades dos formadores de políticas (TEIXEIRA, 2002). Nas palavras de Ruas (1997, p.6): *“a não decisão não se refere à ausência de decisão sobre uma questão que foi incluída na agenda política. Isso seria, mais propriamente resultado do emperramento do processo decisório”*. Não-decisão significaria que determinada temática encontra obstáculos diversos e de variada intensidade à sua transformação em um problema político e, assim, à sua inclusão na agenda governamental (RUAS, 1997). Todas essas questões levam à compreensão da omissão igualmente como uma política pública.

### **2.3.2 Formatos de políticas públicas**

Compreendida a essência do conceito de política pública e suas causas originárias, pode-se, então, destringir os diferentes formatos que ela pode assumir. Para Lowi (1972), a política pública possui quatro formatos principais:

- **Políticas distributivas:** São aquelas que geram impactos mais individualizados ao privilegiar certos grupos sociais em detrimento do todo. Subsídios e transferências são um exemplo de política distributiva.
- **Políticas regulatórias:** Podem envolver a criação de normas para atingir objetivos específicos e, portanto, tendem a afetar determinados grupos de interesse. Um exemplo de política regulatória é o arcabouço legislativo para reprimir a concorrência desleal (cabe destacar que políticas regulatórias envolvem frequentemente a coerção).

- **Políticas constitutivas:** Tratam da criação e procedimentos do poder executivo e também de determinados aspectos do poder legislativo. Exemplos fornecidos pelo autor são a criação de uma nova agência governamental (poder executivo) e decisões acerca da distribuição federativa de senadores e deputados (poder legislativo).
- **Políticas redistributivas:** Em geral, são políticas sociais, universais, que impõem perdas concretas no curto prazo a certos grupos sociais na esperança de obter ganhos futuros para outros. Exemplos incluem imposto de renda progressivo e a seguridade social.

Em se tratando de uma política de eficiência energética veicular, não há dúvida de que, entre os formatos apresentados, trata-se de uma política regulatória. Diversos objetivos específicos poderiam ser levantados, como: uso racional de recursos energéticos; economia de energia, capital e divisas (no caso da importação de combustível); aprimoramento do planejamento energético do país; desenvolvimento tecnológico da indústria automotiva; etc.

### **2.3.3 Atores envolvidos em uma política pública**

Quando definidas as políticas regulatórias, foi dada ênfase à existência de grupos de interesse. Discutir os grupos de interesse de uma política de eficiência veicular envolve levantar os atores existentes. Ruas (1997) e SEBRAE (2008) definem dois tipos principais de atores envolvidos em uma política pública: públicos (oriundos do Estado) e privados (oriundos da sociedade civil). O primeiro tipo são aqueles que exercem funções públicas no estado, tendo sido eleitos para cargos temporários (os políticos) ou atuando de forma permanente (servidores públicos); o segundo tipo inclui empresários, trabalhadores, imprensa, lobistas, sindicatos, associações da sociedade civil, agentes internacionais e outros (SEBRAE, 2008).

Alguns dos atores estatais de destaque no setor automotivo são o Ministério da Fazenda (MF), do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (CNM/CUT, 2012). O setor automotivo é relevante ao Ministério da Fazenda devido à relevância econômica desse setor; e ao MDIC e à ABDI, por ser uma indústria importante para o Brasil. Mereceria ainda destaque, apesar de não configurar um ator tradicionalmente associado ao setor

automotivo, o Ministério de Minas e Energia (MME) – como mencionado, o setor de transporte tem representado mais de 30% do consumo de energia final do Brasil. Na mesma linha de raciocínio, caberia mencionar a Petrobras (uma espécie híbrida de ator público e privado), pois uma política de eficiência energética veicular pode afetar diretamente a demanda por seus produtos e, da mesma forma, a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA, com a ressalva de que seja um ator privado).

Entre os atores privados destaca-se o empresariado. São atores dotados de grande capacidade de influir nas políticas públicas, controlam atividades de produção e a oferta de empregos. Podem atuar de forma isolada ou como atores coletivos, geralmente mobilizam seus *lobbies* para encaminhar suas demandas e pressionar os atores públicos (RUAS, 1997).

Nesse contexto, destaca-se a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). Fundada em 1956, é a entidade que reúne as empresas fabricantes de autoveículos (automóveis, veículos comerciais leves, caminhões e ônibus) e máquinas agrícolas (tratores, colheitadeiras e retroescavadeiras) com instalações industriais e produção no Brasil (ANFAVEA, 2014b). Entre suas atribuições, merece destaque a de “*coordenar e defender os interesses coletivos das empresas associadas*” (ANFAVEA, 2014b), o que coloca a entidade como um ator relevante no setor. A relevância da ANFAVEA reside também no poder econômico da indústria automotiva, conforme destrinchado na Seção 2.1. Destacam-se ainda, no setor, o Sindipeças (Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores) e a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ).

Quanto aos trabalhadores, são notórios a Confederação Nacional dos Metalúrgicos da Central Única dos Trabalhadores (CNM/CUT), a Federação dos Sindicatos Metalúrgicos da CUT/SP, o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC e demais sindicatos do gênero. A existência de movimentos organizados dos trabalhadores confere poder a esses atores.

Outro ator de importância no processo político são os agentes internacionais. Podem ser agentes financeiros como o Fundo Monetário Internacional e o Banco Mundial ou governos de países com os quais se mantém relações de troca importantes (RUAS, 1997). O setor automotivo brasileiro é composto principalmente por empresas

transnacionais e as exportações e importações são importantes para a economia do setor, o que confere destaque a agentes internacionais. A título de ilustração, em 2007 o setor foi responsável por 7% do superávit da balança comercial brasileira (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008), entretanto, a situação se inverteu após a crise de 2009, gerando déficits comerciais em 2010 e 2011, respectivamente, de cerca de US\$ 4 e US\$ 6 bilhões (CNM/CUT, 2012). Argentina, México, EUA, China, Coreia do Sul e União Europeia são alguns dos agentes internacionais de interesse à indústria automotiva (CNM/CUT, 2012). Especial destaque deve ser dado à Argentina e ao México, países com os quais o Brasil tem acordos comerciais que isentam parcialmente o setor das tarifas de importação (CASOTTI; GOLDENSTEIN, 2008).

Cabe citar ainda os consumidores de automóveis, que, apesar de não constituírem um grupo organizado, são afetados diretamente por políticas do setor.

As posições prováveis de cada ator identificado em relação a uma política de eficiência energética veicular estão dispostas na Tabela 2.3:

**Tabela 2.3: Atores relevantes e posição provável em relação a uma política de eficiência veicular**

Ator	Posição provável	Justificativa
MMA	Favorável	Uma política de eficiência veicular representaria menores impactos ambientais, o que seria desejável ao MMA.
MME	Favorável	Eficiência energética é uma ferramenta útil ao planejamento energético.
MDIC/ABDI	Favorável	Tenderia a gerar investimentos em tecnologia no país e possivelmente incrementar exportações.
MF e MPOG	Favorável	A medida poderia ser vantajosa à balança comercial, reduzindo a necessidade de importação de derivados de petróleo.
UNICA	Desfavorável	Reduziria a demanda por um de seus produtos, etanol.

Ator	Posição provável	Justificativa
Petrobras	Indefinida	Apesar de o CONPET, um programa de eficiência energética, ser coordenado pela Petrobras, a empresa provavelmente seria desfavorável à política em um cenário que a venda de derivados de petróleo seja uma atividade rentável e favorável no caso de ser uma atividade deficitária. Isso dependeria, em última instância, da política de precificação de derivados definida pelo governo.
Empresas do setor automotivo	Desfavorável	Provavelmente desfavorável se acreditar que irá requerer investimentos e custos além dos que estiverem dispostas a realizar/arcas. Possivelmente a favor caso vislumbrem ganhos de competitividade em geral, como redução de impostos, ou se empresas individuais acreditarem ser possível obter uma vantagem competitiva sobre as demais. Contudo, como as montadoras inicialmente se opuseram à criação do PBEV (BASTIN, 2010), seria esperado que se opusessem a outra política de eficiência energética veicular.
Trabalhadores	Indefinida	Possivelmente desfavoráveis caso acreditem que a política possa prejudicar empregos e favoráveis caso contrário.
Consumidores	Indefinido	Por um lado, quanto mais eficiente, menor o custo do ciclo de vida do veículo, o que é favorável ao consumidor. Por outro, montadoras podem repassar o custo de tecnologias eficientes sob a forma de um maior preço e, caso os consumidores não realizem a compra tendo em consideração o custo do ciclo de vida ou utilizem taxas de desconto muito altas para avaliar a aquisição, os consumidores tenderiam a ser desfavoráveis.
Agentes internacionais	Indefinida	A posição pode depender do agente em questão. Países que exportam para o Brasil serão, sem dúvida, contrários ao aumento em 30 pontos percentuais do IPI <sup>24</sup> , sem que haja possibilidade de abatimento sem investimentos dentro do país. Países importadores, por outro lado, poderão desfrutar de veículos mais eficientes sem aumento de tributação, devido ao crédito presumido.

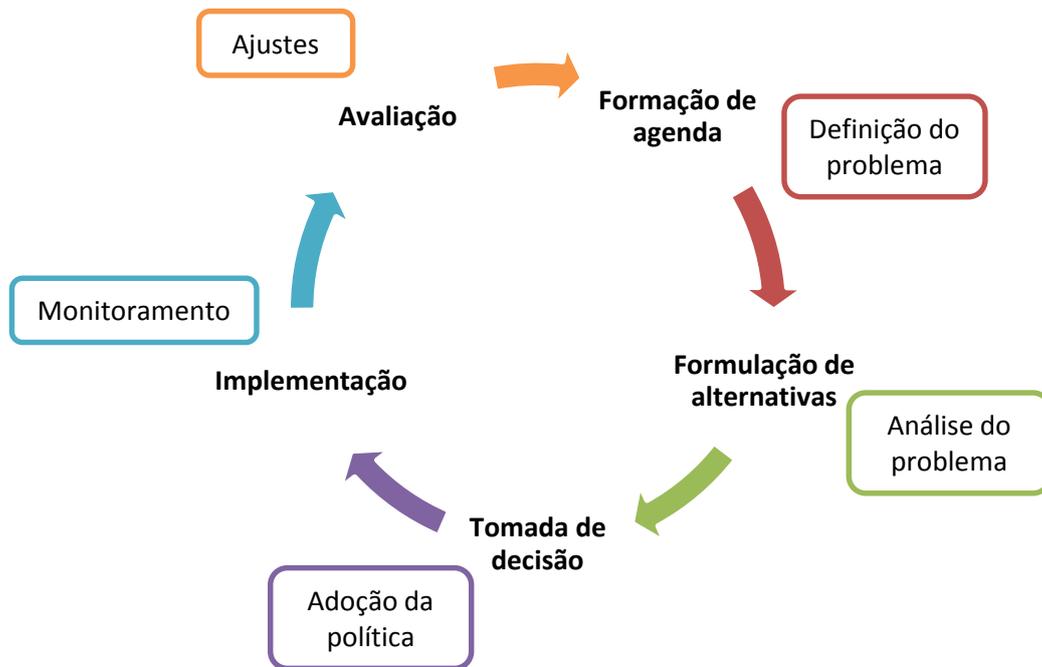
Fonte: Elaboração própria

<sup>24</sup> Fato marcante desse ponto de vista foi a possibilidade de a União Europeia ter aberto uma frente de questionamento ao Brasil na Organização Mundial do Comércio (OMC). A esse respeito, ver Gazeta do Povo (2013).

### 2.3.4 Ciclo de uma política pública

O modelo do ciclo de política aborda as políticas públicas mediante sua divisão em etapas sequenciais. Ruas (2009) estabelece cinco principais fases (ilustradas também na Figura 2.18) no ciclo de política:

1. **Formação de agenda:** Ocorre quando uma situação é reconhecida como problema político e a sua discussão passa a integrar atividades de grupos de atores públicos e privados.
2. **Formulação de alternativas:** Após a inclusão do problema na agenda política, segue-se alguma análise deste e os atores apresentam propostas para sua resolução. Essas propostas representam interesses diversos, os quais devem ser combinados de modo a atingir uma solução aceitável para o maior número de partes envolvidas.
3. **Tomada de decisão:** Sucede a formação das alternativas. Não significa, porém, que todas as decisões referentes à política pública em questão foram tomadas, mas sim que foi possível chegar a uma decisão sobre o núcleo da política que está sendo formulada. Dependendo da complexidade do tema e do grau de conflito, essa decisão pode ser mais ou menos abrangente.
4. **Implementação:** São rotinas executivas das organizações envolvidas na política pública, transformando as intenções da política em intervenções de fato. Normalmente, é acompanhada do monitoramento (conjunto de procedimentos de apreciação dos processos adotados e dos resultados preliminares e intermediários obtidos).
5. **Avaliação:** Conjunto de procedimentos de julgamento dos resultados de uma política, segundo critérios que expressam valores, com base nas informações coletadas no monitoramento. Destina-se a subsidiar as decisões dos gestores da política quanto aos ajustes necessários para que os resultados esperados sejam obtidos.



**Figura 2.18: Ciclo de uma política pública**

Fonte: Adaptado de Ruas (2009)

É importante ressaltar que apesar de, vistas dessa forma, as etapas serem compreendidas como um processo linear, em um processo real, atividades de etapas distintas podem ocorrer simultaneamente e é natural que haja alguma sobreposição entre as próprias etapas (RUAS, 2009).

#### **2.3.4.1 Formação de agenda**

Para um melhor entendimento do complexo processo de formação da agenda, alguns aspectos relativos às demandas devem ser considerados em maior detalhe. Nem todas as demandas são iguais, nem cumprem a mesma trajetória. Basicamente, pode-se distinguir em três os tipos de demandas: demandas novas, demandas recorrentes e demandas reprimidas (RUAS, 2009).

Demandas novas podem resultar de mudanças sociais e/ou tecnológicas, do surgimento de novos atores políticos ou de novos problemas. Novos atores são aqueles que já existiam no subsistema político, mas não eram suficientemente organizados (RUAS, 2009). Não há motivos para crer que uma política brasileira de eficiência energética veicular seja resultado do surgimento de novos atores – à exceção da ABDI (fundada em 2004), os principais atores levantados na Seção 2.3.3 (ministérios, Petrobras, ANFAVEA, CUT, agentes internacionais) existem e são organizados há tempo

razoável. Novos problemas, por sua vez, são aqueles que existiam ou não efetivamente antes ou que não chegavam a pressionar o subsistema político e se apresentam como problemas políticos a exigirem solução (RUAS, 2009). Se for entendido que o Inovar-Auto surgiu a partir de uma demanda nova, pode-se dizer que houve motivações para a sua criação a partir de mudanças tecnológicas e de novos problemas. Mudanças tecnológicas relevantes seriam as políticas de eficiência veicular adotadas em países como os EUA e a Europa, colocando cada vez mais a questão de economia de combustível em debate, e as necessidades de maior segurança aos veículos utilizados nesses países (como a obrigatoriedade de *air-bags* e freios ABS), aspecto também contemplado no programa. De certa forma, essa mudança tecnológica criou um novo problema.

As demandas recorrentes são aquelas que expressam problemas não resolvidos ou mal resolvidos, e que voltam a aparecer no debate político e na agenda governamental (RUAS, 2009). É possível encontrar alguma recorrência na questão da política de eficiência energética veicular brasileira. Por exemplo, as crises energéticas ocorridas na década de 70 afetaram fortemente a indústria automobilística (BARROS; PEDRO, 2012), o que motivou a criação do PECO (NOGUEIRA; BRANCO, 2005), conforme descrito na Seção 2.2.1. À época, porém, a principal abordagem do governo brasileiro não foi primordialmente baseada em eficiência energética e foi mais eficaz em termos de reduzir o consumo de derivados de petróleo, com a introdução do carro a álcool. Atualmente, o tema voltou a surgir à tona por causa dos motivos anteriormente citados.

Por fim, demandas reprimidas correspondem ao que Ruas (2009) chama de “estados de coisas” ou “não decisões”. Um “estado de coisas” é *“uma situação que se arrasta durante um tempo razoavelmente longo, incomodando grupos de pessoas e gerando insatisfações sem, entretanto, chegar a mobilizar as autoridades governamentais”* (RUAS, 2009, p.70) . Trata-se de uma situação incômoda, porém, sem que constitua um item da agenda governamental, por não se encontrar entre as prioridades dos tomadores de decisão (RUAS, 2009).

Segundo Ruas (2009), para que um “estado de coisas” se torne um problema político e torne-se um item da agenda governamental, é necessário que apresente pelo menos uma das seguintes características:

- Mobilize ação política;

- Constitua uma situação de crise, de maneira que o ônus de não dar uma resposta ao problema seja maior que o ônus de ignorá-lo;
- Constitua uma situação de oportunidade – uma situação na qual algum ator relevante perceba vantagens a serem obtidas com o tratamento daquele problema.

Ao deixar de ser um “estado de coisas” e se transformar em um “problema político”, uma questão qualifica-se à inclusão na agenda governamental (RUAS, 2009).

Dentre essas três possibilidades apresentadas, aquela mais aplicável ao Inovar-Auto seria uma situação de oportunidade. Tendo sido um programa criado pelo governo federal pouco depois de um aumento expressivo na incidência do IPI, é provável que tenha sido identificada uma oportunidade não só de tratar da eficiência veicular, mas também de inserir na agenda governamental as demais questões tocantes ao Inovar-Auto, como o próprio adensamento da cadeia produtiva no Brasil, investimentos locais em tecnologia e outros.

Pode-se, portanto, identificar fatores novos, recorrentes e reprimidos associados à criação da política de eficiência energética veicular brasileira.

#### **2.3.4.2 Formulação de alternativas**

Para Ruas (1997), a formulação das alternativas é um dos mais importantes momentos do processo decisório. É nele que os atores se posicionam claramente a respeito de seus interesses e então entram em confronto. Cada ator possui recursos de poder como influência, capacidade de afetar o funcionamento do sistema, meios de persuasão etc. e cada um possui preferências. A preferência do ator é, logicamente, a alternativa de solução para um problema que mais lhe beneficia – o que leva a existência de opiniões conflituosas (RUAS, 1997).

Na opinião do SEBRAE (2008), três passos são necessários a um bom processo de formulação de alternativas: conversão de estatísticas em informação relevante para o problema; análise das preferências dos atores; e ação baseada no conhecimento adquirido.

#### **2.3.4.3 Tomada de decisão**

Durante todo o ciclo de políticas públicas é necessário tomar decisões. Entretanto, na fase de tomada de decisões esse processo ocorre de forma mais intensa e é nela que se

escolhe as alternativas de ação em resposta às questões identificadas. Nela se define, por exemplo, os recursos e o prazo temporal de ação da política. As escolhas feitas nesse momento são expressas em leis, decretos, normas, resoluções, dentre outros atos da administração pública (SEBRAE, 2008).

Existem diferentes formas de colocar em prática uma alternativa definida como solução para uma demanda específica. Há dois principais utilizados por tomadores de decisão: o modelo incremental e o modelo racional-compreensivo<sup>25</sup> (RUAS, 1997).

Simplificadamente, o modelo incremental representa uma tentativa de solucionar problemas de maneira gradual, sem introduzir grandes modificações nas situações já existentes e sem provocar rupturas de qualquer natureza (RUAS, 2009).

Assim, os formuladores decidem o seu curso de ação considerando também quais das alternativas enfrentarão menos restrições e melhor podem produzir os resultados esperados. Dessa forma, a melhor decisão não é aquela que maximiza os valores e objetivos dos tomadores de decisão, mas aquela que oferece menos dificuldade de implantação e, possivelmente, assegura o melhor acordo entre os interessados. Uma constatação importante para esse tipo de abordagem é que, por mais adequada que seja a fundamentação técnica de uma alternativa, a decisão envolve relações de poder, o que pode fazer soluções tecnicamente perfeitas tornarem-se politicamente inviáveis (RUAS, 2009).

O incrementalismo pode ser uma estratégia interessante para a adoção de políticas com alto potencial de conflito. Pode também viabilizar a adoção de políticas que possuam limitação de recursos ou de conhecimentos, permitindo que sejam obtidos gradualmente e que a política seja assim ajustada ao longo de sua implantação. Entretanto, por vezes, a própria implementação pode ser prejudicada pelo gradualismo incrementalista (RUAS, 1997).

Essa faceta se opõe à do modelo racional-compreensivo no qual, em geral, pretende-se realizar grandes mudanças a partir de objetivos e cursos de ação previamente definidos. Resumidamente, neste modelo de tomada de decisão, os decisores estabelecem quais os

---

<sup>25</sup> A autora apresenta ainda o modelo de “*mixed-scanning*”, que consiste em uma combinação dos modelos incremental e racional-compreensivo. Contudo, esse modelo não será abordado aqui pois pretende-se apenas capturar o conceito fundamental de cada um dos modelos, e não realizar uma extensa revisão do tema.

valores a serem maximizados (por exemplo, a eficiência energética veicular) e quais as alternativas que melhor poderão maximizá-los. A seleção da alternativa a ser adotada é feita então a partir de uma análise abrangente e detalhada de cada alternativa e suas consequências (RUAS, 1997).

Enquanto no modelo incremental existe a convicção de que o conhecimento da realidade é sempre limitado e que as decisões envolvem conflitos de poder, no modelo racional-compreensivo, parte-se do princípio de que é possível conhecer o problema de tal forma que se possa tomar decisões de grande impacto (RUAS, 1997).

Para uma política de eficiência energética veicular, parece ser mais adequado utilizar o modelo incremental, devido principalmente ao poder dos atores envolvidos e nas incertezas de ordem tecnológica (não é possível saber a longo prazo quais tecnologias de eficiência veicular serão desenvolvidas ou o seu potencial de economia de energia) e econômica (não é possível inferir perfeitamente os impactos econômicos de tal política).

#### **2.3.4.4 Implementação**

A implementação pode ser compreendida como o conjunto de ações direcionadas à consecução dos objetivos estabelecidos mediante decisões anteriores (RUAS, 1997). É o momento em que o planejamento e a escolha são transformados em atos (SEBRAE, 2008). Ruas (1997) destaca dez condições para que a implementação de uma política tenha sucesso, das quais algumas são apresentadas e comentadas a seguir, pois possuiriam particularidades se aplicadas a uma política de eficiência veicular:

- i. Deve haver uma só agência responsável pela implementação da política. Essa agência não deve depender de outras agências para ter sucesso – se outras agências estiverem envolvidas, a relação de dependência deverá ser mínima (RUAS, 1997).*

SEBRAE (2008) também destaca a questão da quantidade de agências envolvidas no acompanhamento e controle da política. A extensão da cadeia de comando afeta o grau de cooperação entre as organizações, tornando o controle e monitoramento do processo de implementação mais complexo e difícil. Quanto mais elos (agências e organizações da administração pública envolvidas na execução de tarefas) possuir a cadeia de comando, mais sujeita a deficiências estará a implementação de políticas (SEBRAE, 2008).

No caso do Inovar-Auto, pode-se identificar dois atores públicos principais envolvidos na implementação da política: o MDIC, principal responsável pela política, e o INMETRO, responsável pela parte de metrologia. Como a medição da eficiência de cada veículo deve ser baseada em testes específicos e o MDIC é um órgão executivo, parece inevitável a existência de dois elos na cadeia do Inovar-Auto.

*ii. O programa deve dispor de tempo e recursos suficientes (RUAS, 1997).*

Qualquer sistema no qual a formulação e a implementação são separadas oferece oportunidades para a adoção simbólica de políticas. Isso ocorre quando uma instância toma determinada decisão sabendo antecipadamente que os custos de sua implementação recairão sobre outro ator (RUAS, 2009), o que pode prejudicar a eficácia da política.

Em se tratando de uma política de eficiência energética veicular, tempo e recursos suficientes podem ser interpretados como metas técnica e economicamente viáveis de serem alcançadas no horizonte de tempo proposto.

*iii. Os atores que exercem posições de comando devem ser capazes de obter efetiva obediência dos seus comandados (RUAS, 1997).*

Dada a relevância dos fabricantes de automóveis para a economia brasileira, pode ser difícil para o MDIC obter sua efetiva obediência. Um fato ocorrido no final do ano de 2013 pode servir como exemplo. No momento em questão, como parte das condicionantes do Inovar-Auto, todos os veículos comercializados a partir de então deveriam possuir freio ABS e *air-bags*. O que se seguiu foi uma disputa entre montadoras, que ameaçavam demitir trabalhadores, e o poder executivo. Afirmava-se que a medida teria impacto sobre o preço de veículos e sobre a inflação, contudo, a condicionante foi mantida pelo governo e acatada pelos fabricantes<sup>26</sup>.

#### **2.3.4.5 Avaliação**

A avaliação é um elemento crucial para qualquer política pública. Apesar de apresentada como última etapa, ela não deve ser realizada apenas quando o tempo de atuação da política se encerra – pelo contrário, ela deve ser feita em todos os momentos do ciclo da política (SEBRAE, 2008). Ruas (1997), por exemplo, defende que a fase de

---

<sup>26</sup> Para detalhes, ver O Globo (2013).

implementação é "a formulação em processo", e assim deve trazer sempre contribuições para o esforço de acompanhamento e controle.

Quando alimentado constantemente por um processo de avaliação, a implementação pode ser uma continuação da formulação, de maneira que compreenda um contínuo processo de interação e negociação ao longo do tempo (RUAS, 1997).

Em relação ao Inovar-Auto, a Portaria MDIC nº 113/2013 prevê a apresentação de relatórios trimestrais de acompanhamento do atendimento às metas. Esse acompanhamento é, inclusive, necessário para verificar se o fabricante tem direito a abatimento adicional em seu IPI devido ao atendimento às metas superiores à habilitação, conforme descrito na Seções 2.2.4.1.

## **2.4 Características de políticas de eficiência energética veicular**

Conforme visto na Seção 2.3, o conceito de uma política pública pode envolver também a omissão. Ao não tratar de um assunto diretamente, o poder público está manifestando sua opinião quanto à prioridade de determinado tema na agenda política (RUAS, 2009). No caso da eficiência energética veicular, poderia ser esperado que ela fosse obtida de forma espontânea, pelas forças de mercado, e fosse esse o caso, não seria imperativa a criação de uma política pública com esse fim.

Inicialmente, a questão deve voltar-se ao alvo da política: para alcançar maior eficiência no transporte, diversas abordagens seriam possíveis – tratar da eficiência da frota existente de veículos é uma possibilidade, por exemplo. Todavia, seria antiprático e custoso aumentar a eficiência dos veículos em circulação e, adicionalmente, a frota de veículos se renova em um intervalo de tempo em torno de 10 a 15 anos, o que favorece uma política voltada a novos entrantes (IEA, 2012b). Outra forma de efficientizar o transporte seria incentivar um maior uso do transporte público; contudo, ainda assim haveria demanda por transporte individual e nada impede que ambas as ações (eficiência no transporte público e no individual) sejam perseguidas em conjunto.

Segundo a IEA (2012b), economias significativas de combustível podem ser alcançadas por meio de tecnologias atualmente disponíveis, porém ainda não difundidas em larga escala. Na opinião dos autores, a intervenção pública nessa temática é justificável, pois os benefícios de veículos mais eficientes para a sociedade superam expressivamente seus custos de implementação (benefícios à sociedade incluem: mitigação das mudanças

climáticas, economia de combustíveis, segurança energética, menor emissão de poluentes e outros). Mesmo a um nível individual, um maior custo relacionado a tecnologias eficientes é, em geral, facilmente compensado pelas economias decorrentes do menor consumo de combustível. Entretanto, barreiras sob a forma de falhas comportamentais e de mercado se traduzem em uma menor demanda por veículos eficientes (IEA, 2012b). Compreender a necessidade de regular em favor da eficiência energética veicular envolve compreender as falhas associadas à demanda por veículos eficientes.

Falhas de mercado ocorrem quando uma ou mais condições necessárias para que um mercado opere de forma eficiente não são atendidas. No contexto da eficiência veicular, isso significa que uma quantidade maior de combustível é consumida para percorrer uma dada distância do que seria justificado por uma alocação racional de recursos. Falhas comportamentais são aquelas que comprometem a racionalidade dos atores, levando-os a escolhas sub-ótimas para a sociedade (IEA, 2012b).

Uma primeira falha de mercado no mercado de automóveis eficientes é informacional. É possível que não haja informações suficientes a respeito da eficiência dos veículos ou, ainda que haja informação disponível, os consumidores não compreendam plenamente os benefícios de veículos eficientes. IPCC (2014) destaca a possibilidade de haver excesso de informação, o que poderia confundir compradores. Além disso, poucos consumidores buscam minimizar o custo do ciclo de vida do veículo<sup>27</sup> ao realizar a compra (IPCC, 2014), o que seria uma falha comportamental.

Em segundo lugar, consumidores podem possuir pouco incentivo a comprar automóveis eficientes se o preço dos combustíveis for mantido artificialmente baixo e pode ser difícil realizar uma análise de fluxo de caixa que incorpore o preço dos combustíveis devido à incerteza associada ao preço do petróleo (IEA, 2012b). Outra falha de mercado é uma externalidade associada à apropriação dos custos e benefícios da eficiência: as montadoras arcam com o custo do desenvolvimento de tecnologias e os consumidores e a sociedade usufruem da maior parte dos benefícios da eficiência, sob a forma de economia de gastos com combustíveis (essa questão é chamada de “*split incentives*”, ou incentivos cruzados, em tradução livre). Embora, a princípio, as montadoras possam

---

<sup>27</sup> Em uma análise de custo do ciclo de vida, seriam calculados todos os custos incorridos durante o uso do veículo, incluídos gastos com aquisição, manutenção, combustível, seguro etc.

repassar os custos de desenvolvimento tecnológico ao consumidor, pode não ser interessante fazê-lo, especialmente se os consumidores não derem o valor adequado a veículos eficientes (IEA, 2012b).

Há evidências, por exemplo, que alguns consumidores não estariam dispostos a pagar por tecnologias de eficiência veicular ainda que isso represente uma economia de combustível (IEA, 2012b) – em outras palavras, ao avaliar o custo de aquisição do veículo, consumidores podem utilizar taxas de desconto muito elevadas, o que reduz a relevância de economias financeiros em prazos mais longos (como aquelas advindas da economia de combustível) e desloca o foco da análise ao custo de aquisição (o preço do carro, propriamente dito).

Caberia, portanto, ao Estado a responsabilidade de incentivar o desenvolvimento e adoção de tecnologias voltadas à eficiência veicular. Segundo a IEA (2012b), para contornar tais falhas, os três principais componentes que deveriam ser considerados em uma política integrada de eficiência energética veicular são:

- i. Medidas informacionais, como etiquetagem veicular e outras medidas de conscientização dos consumidores.
- ii. Padrões de eficiência energética veicular.
- iii. Medidas fiscais, como incentivos tributários a veículos eficientes, taxaço de combustível e taxas de uso de veículos.

Um elemento comum a todas as medidas é a necessidade da medição do desempenho dos veículos, seja para que os resultados possam ser divulgados, para averiguar que os padrões estão sendo cumpridos ou para que os automóveis ineficientes sejam taxados (IEA, 2012b). A Tabela 2.4 apresenta os objetivos, resultados esperados e questões associadas à implantação de cada um desses grupos de medidas:

**Tabela 2.4: Características de diferentes tipos de políticas de eficiência veicular**

<b>Tipo de medida</b>	<b>Objetivo(s)</b>	<b>Resultados</b>	<b>Implantação</b>
Medidas informacionais (etiquetagem)	Superar a lacuna informacional e divulgar a eficiência veicular	Permite a compra de veículos mais eficientes	Implementação e resultados rápidos
Padrões de eficiência veicular	Contornar a falha de mercado em que consumidores dão pouco valor à eficiência veicular	Fornecer um nível mínimo de eficiência aos veículos vendidos	Maior planejamento e tempo são necessários. Fornece metas de longo prazo aos fabricantes
Medidas fiscais	Fazer com que consumidores dêem maior valor à eficiência veicular. Fornecer incentivos à compra de veículos eficientes	Taxação de combustíveis estimula o uso de veículos eficientes Maior incentivo a aquisição de veículos eficientes que aquele alcançado por meio de padrões	É possível obter resultados rapidamente, porém pode ser difícil mantê-los a longo prazo

Fonte: Adaptado de IEA (2012b).

Em complemento à Tabela 2.4, cabe mencionar que, à exceção da taxa de combustíveis, todas as demais medidas estão sujeitas ao *rebound effect*, em que o aumento de eficiência reduz o preço do serviço energético e isso leva a um aumento de atividade que corrói os ganhos de eficiência. A taxa de combustíveis não sofre desse efeito por tributar o uso do veículo.

Nas seções que se seguem, cada uma das tipologias é tratada em maior detalhe. Posteriormente, serão analisadas as experiências de países que aplicaram essas medidas.

### **2.4.1 Medidas informacionais**

O desenvolvimento de métodos padronizados para medir a eficiência energética dos veículos é um elemento essencial a qualquer política de eficiência veicular, seja qual for a forma da política elaborada. Uma etapa posterior à medição é a divulgação dos resultados, que pode ser realizada sob diferentes formatos. Em geral, o principal formato utilizado é a etiquetagem veicular, em que etiquetas propriamente ditas são fixadas aos veículos vendidos.

Segundo Mahlia *et al.* (2013), os principais benefícios da implementação de um sistema de etiquetagem são:

- i. Permite que consumidores obtenham mais informações a respeito da eficiência dos veículos;
- ii. Ajuda consumidores a escolherem veículos mais eficientes;
- iii. Pode levar a uma transformação do mercado em direção a veículos mais eficientes;
- iv. Motiva fabricantes a produzirem veículos mais eficientes.

A etiquetagem pode ser realizada sob diferentes formas, dependendo do foco dado pelo programa. Até o momento, três abordagens têm sido adotadas na etiquetagem veicular (IEA, 2012b):

1. Classificação gráfica (*e.g.* de A a E);
2. Comunicação direta da eficiência do veículo;
3. Divulgação da eficiência do veículo em relação a um padrão ou a uma média.

Cada uma dessas abordagens possui vantagens e desvantagens. Por exemplo, um sistema gráfico de comparação pode atrair a atenção do consumidor e fazer com que a eficiência veicular seja incorporada à sua escolha no momento da compra. Esse é o sistema adotado no PBEV (representado na Figura 2.10, na seção 2.2.3) e também em outros países, como o Reino Unido (cuja etiqueta está representada na Figura 2.19, a seguir). Por outro lado, a classificação do veículo pode ser controversa, especialmente se for dividida em diferentes categorias. Em casos nos quais a classificação é segmentada por um atributo do veículo (tal como a massa do veículo ou sua área projetada no solo), veículos menos eficientes podem receber uma melhor classificação por causa de características alheias à eficiência veicular (IEA, 2012b). A título de exemplo, nos critérios do PBEV, um veículo Kia Picanto, de eficiência igual a 12 km/l, recebe a classificação C, enquanto um Suzuki Grand Vitara, de eficiência igual a 7,3 km/l, recebe a classificação A (INMETRO, 2014b). Isso ocorre pois os veículos são enquadrados em diferentes categorias por possuírem diferentes usos ou área projetada sobre o solo.

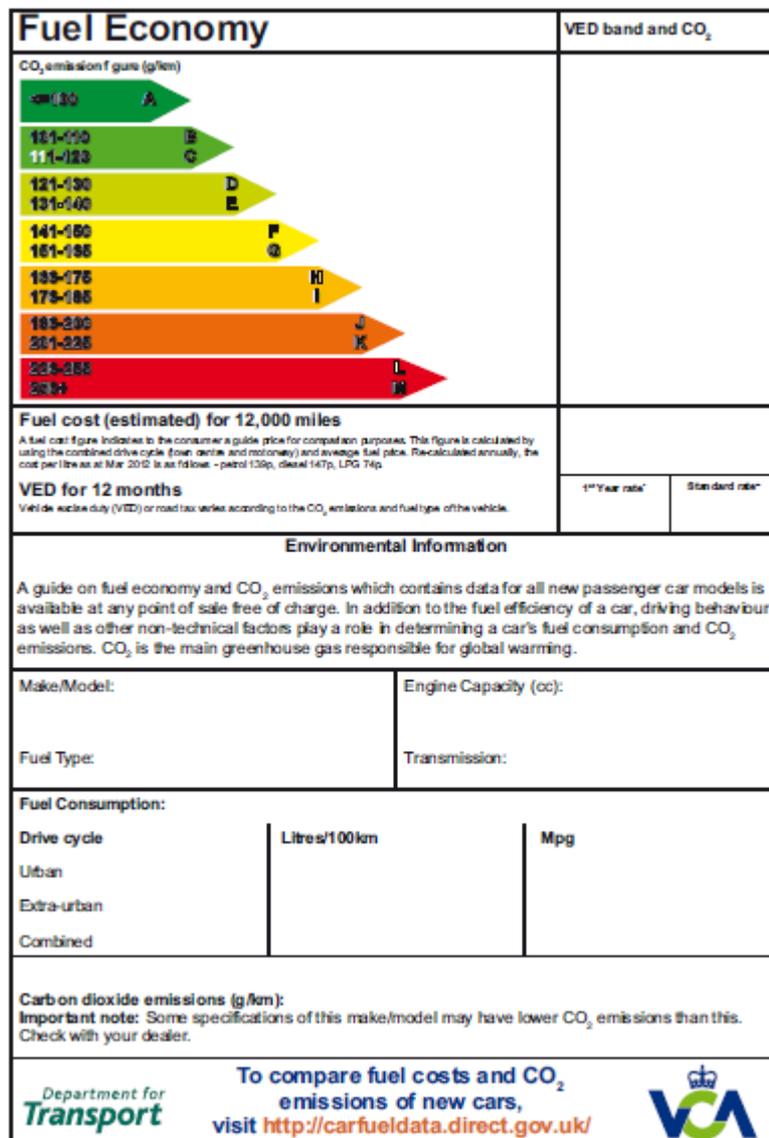


Figura 2.19: Etiqueta de veículos leves no Reino Unido

Fonte: IEA (2012b).

A comunicação direta da eficiência do veículo incentiva os consumidores a incorporarem essa variável ao adquirir o carro, especialmente se divulgada em conjunto com informações palpáveis, como a economia de combustível. Um exemplo desse tipo de etiqueta é utilizado nos Estados Unidos, conforme disposto na Figura 2.20. Contudo, como pode haver disparidade entre o consumo de combustível nas condições de medição e o consumo observado em situações reais, os consumidores podem ser levados ao erro. Por esse motivo, governos que utilizem esse tipo de etiqueta devem procurar retratar o mais fielmente possível as condições reais de trânsito em seus testes

de medição. Outra possível desvantagem dessa abordagem é que, na falta de informações mais visuais, os consumidores podem ignorar a etiqueta (IEA, 2012b).



**Figura 2.20: Etiqueta de veículos leves nos Estados Unidos**

Fonte: Mahlia *et al.* (2011).

Uma abordagem mais simples é adotada no Japão (Figura 2.21), em que apenas os veículos com performance acima da média para sua classe de veículo recebem a etiqueta, a qual informa o percentual em que o automóvel supera a média. Esse tipo de etiqueta informa de forma simples que o veículo é mais eficiente que a média, porém não fornece informações detalhadas a respeito do seu consumo de combustível (IEA, 2012b).



**Figura 2.21: Etiqueta de veículos leves no Japão**

Fonte: IEA (2012b).

Um último ponto a ser mencionado é a possibilidade de estender a etiquetagem a veículos usados, como ocorre na Nova Zelândia e no Reino Unido. Essa medida pode

ser interessante se veículos usados tiverem participação significativa nas vendas totais de automóveis do país (IEA, 2012b).

#### **2.4.2 Padrões de eficiência veicular**

Padrões de eficiência veicular tipicamente definem um limite máximo legal de consumo de combustível (ou energia, ou emissões de CO<sub>2</sub> etc.) por quilômetro percorrido pelo veículo em um determinado ciclo de teste.

Geralmente, a eficiência veicular não tem sido regulada da mesma forma que outros equipamentos – em que a eficiência é definida como um mínimo a ser atingido que todo aparelho, individualmente, deve alcançar. Como a eficiência do veículo depende de características específicas do automóvel, como sua aerodinâmica, peso, características do motor e outras, a maioria das políticas existentes é baseada em uma média da frota vendida por cada empresa (IEA, 2012b)<sup>28</sup>. Dessa forma, as montadoras possuem maior flexibilidade para atender às metas, pois podem aumentar significativamente a eficiência de um grupo menor de veículos ou melhorar a eficiência de sua frota como um todo em menores valores.

O estabelecimento de padrões de eficiência veicular trata de algumas das falhas de mercado tratadas anteriormente, como incentivos cruzados (*split incentives*) e o uso de altas taxas de desconto por consumidores de veículos, porque todos os fabricantes são legalmente obrigados a atenderem o nível de eficiência determinado (IEA, 2012b).

Para Mahlia *et al.* (2013), os principais objetivos de um padrão de eficiência veicular são:

- i. Proibir que veículos ineficientes entrem no mercado;
- ii. Aumentar a eficiência de novos veículos e reduzir suas emissões;
- iii. Incentivar a adoção de tecnologias mais eficientes;
- iv. Influenciar os fabricantes locais a produzirem gradualmente veículos mais eficientes.

IEA (2012b) levanta dois principais grupos de abordagens para a definição de um padrão de eficiência veicular, os quais são subdivididos em dois grupos adicionais:

---

<sup>28</sup> Uma exceção é a política chinesa, em que há metas por categoria e nenhum veículo pode deixar de atender à meta (MAHLIA; TOHNO; TEZUKA, 2011).

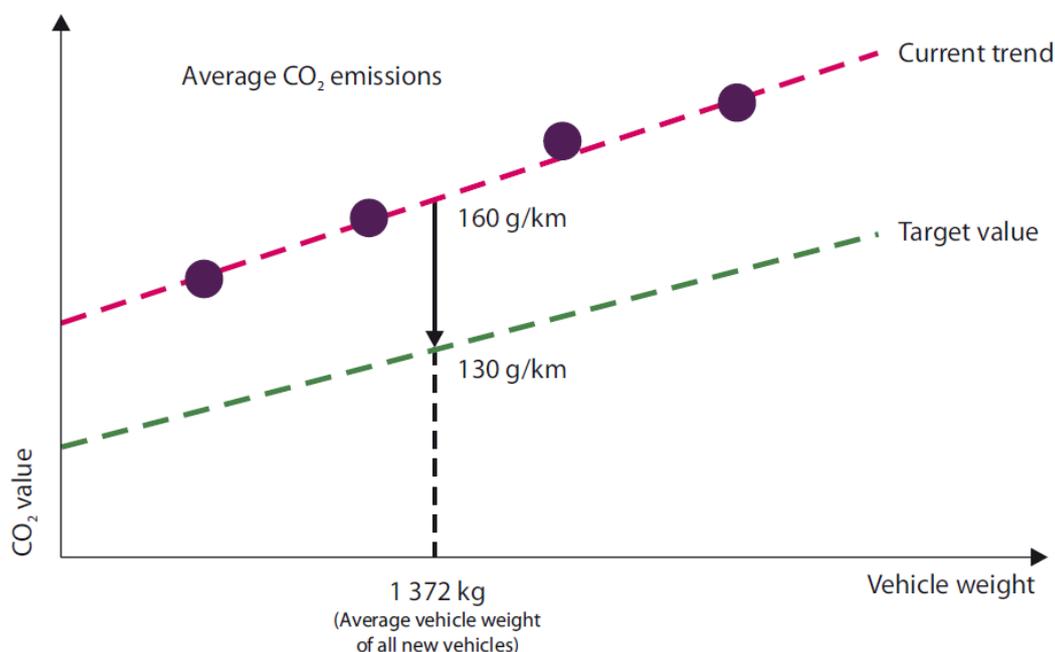
- **Meta baseada em atributos:** aplicável a todos os veículos de cada empresa, onde a meta varia em função de uma dada característica (peso, tamanho etc.) dos veículos vendidos pela empresa. As duas formas possíveis de alinhar as médias com os atributos do veículo são:
  - **Curva contínua:** metas são estimadas em função de uma curva contínua definida em função do atributo do veículo.
  - **Metas por categoria:** veículos são separados em categorias discretas definidas pelos atributos e há um padrão diferente para cada categoria.
- **Meta uniforme (não baseado em atributos):** aplicável a todos os veículos e todas as empresas independentemente de qualquer característica do automóvel. Esse valor pode ser definido de duas formas:
  - **Absoluta:** a média da frota vendida de todas as empresas deve cumprir uma meta absoluta igual (*e.g.* baseada em km/l).
  - **Melhoria de eficiência:** todas as empresas devem obter uma melhoria de eficiência, em porcentagem.

Essas diferentes modalidades serão abordadas separadamente a seguir.

#### 2.4.2.1 Metas baseadas em atributos

A meta baseada em atributos tem sido a mais frequentemente adotada, incluindo Japão, União Europeia, Estados Unidos e, mais recentemente, o Brasil (por meio do Inovar-Auto). Dentro dessa abordagem, impõe-se uma meta relacionada a um atributo do veículo, tal como seu peso ou tamanho.

Se for utilizada uma curva contínua, verifica-se se a empresa cumpriu a meta se ela se situar na região permitida da curva, dada a média ponderada pelas vendas do atributo em questão. A Figura 2.22 permite esclarecer melhor a questão. Nela, está representada a curva de definição da meta da União Europeia para o ano de 2015 (IEA, 2012b).



**Figura 2.22: Meta da União Europeia para 2015**

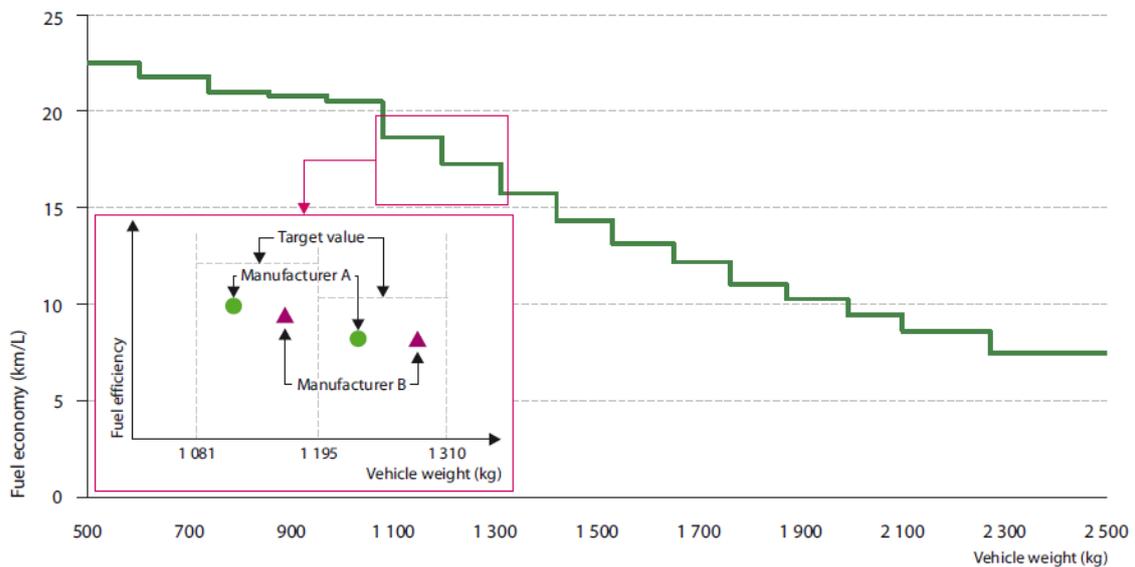
Fonte: IEA (2012b).

As metas da União Europeia foram definidas tendo em conta uma massa média dos veículos igual a 1.372 kg. Caso essa média matenha-se até 2015 e todos os fabricantes cumpram exatamente a meta, a média do desempenho dos veículos europeus será igual a 130 g de CO<sub>2</sub> por quilômetro. Independentemente do peso médio dos veículos vendidos, todo fabricante deve situar-se abaixo da curva, ou seja, a emissão média por quilômetro de seus veículos deve ser inferior à ditada pela regulação. Dessa forma, fabricantes de veículos mais pesados que a média podem possuir emissões acima de 130 g/km e fabricantes de veículos mais leves devem possuir emissões mais baixas. Para que um fabricante verifique se está cumprindo a meta, ele deve calcular a média de peso de seus veículos, ponderada pelas vendas, e então checar se a média de suas emissões (também ponderada pelas vendas) está abaixo da curva (caso estivesse sendo tratada a quilometragem por litro de combustível, a relação seria inversa: o fabricante deveria estar acima da linha – assim percorreria maior distância com a mesma quantidade de combustível, e seria mais eficiente).

Nessa modalidade, a inclinação da curva é um fator fundamental para determinar se há um incentivo à venda de veículos mais pesados. Uma curva relativamente plana (baixo coeficiente angular) significa que veículos pesados não são favorecidos (IEA, 2012b) –

dado que veículos mais pesados tendem a ter maior dificuldade para cumprir suas metas, se a curva for pouco inclinada, eles possuem uma margem pequena para aumentar seu consumo específico de combustível e ainda cumprir a meta.

Outra forma de regulação baseada em atributos é o uso de categorias, cada uma delas com uma dada eficiência. Tal modelo é adotado no Japão, cujas metas para 2015 estão ilustradas na Figura 2.23.



**Figura 2.23: Meta do Japão para 2015**

Fonte: IEA (2012b).

Nesse caso, ao avaliar se uma empresa cumpriu a meta, não é realizada uma média para todos os veículos da montadora, e sim médias por categoria. Essa modalidade se assemelha a uma curva discretizada, entretanto a existência de degraus pode gerar algumas distorções. Por exemplo, a meta japonesa para um veículo de peso igual a 1.301 kg é de 15,8 km/l, enquanto a de um com peso igual a 1.299 kg é de 17,2 km/l. Próximo à troca de categoria, há um incentivo perverso para aumento de peso.

#### 2.4.2.2 Metas absolutas

A modalidade de uma meta absoluta uniforme impõe o mesmo valor de meta para todas as montadoras, as quais devem aumentar a eficiência de seus veículos até a meta-alvo (definida, por exemplo, em km/l, g CO<sub>2</sub>/km, MJ/km, milhas por galão e outros). Trata-se da modalidade inicialmente utilizada pelo CAFE nos EUA que, todavia, atualmente utiliza uma abordagem baseada em atributos (IEA, 2012b).

Já com uma meta uniforme de melhoria de eficiência, toda empresa deve aumentar a eficiência de seus veículos em um determinado percentual, em relação a uma data-base. Dessa forma, cada empresa possui uma meta absoluta diferente, que será função da eficiência de sua frota vendida na data-base e da melhoria de eficiência determinada pela política.

### **2.4.2.3 Comparação entre formatos de padrões de eficiência veicular**

Como seria de se esperar, cada formato de padrão pode ser considerado vantajoso sob determinados aspectos e desvantajoso sob outros.

Com uma meta absoluta uniforme, fabricantes de veículos mais pesados terão mais dificuldade em atingir a meta, já que veículos mais pesados tendem a ser mais ineficientes. Entretanto, dessa forma, se cumpridas as metas, há a certeza de que a eficiência média da frota foi aumentada (IEA, 2012b).

De maneira semelhante, uma meta uniforme de melhoria de eficiência também garante avanços para todas as montadoras, independentemente de seu ponto de partida ou segmento de mercado que ocupe. Por outro lado, empresas que já tenham realizado esforços para aumentar a eficiência de sua frota são penalizadas, porque terão de gastar recursos adicionais (possivelmente a custos marginais maiores) para aumentar ainda mais os seus veículos. Além disso, haveria o desafio de estabelecer as metas para novos entrantes no mercado (IEA, 2012b).

Sob a ótica das montadoras, sistemas baseados em atributos podem ser mais justos, pois não prejudicam aqueles que ocupam segmentos específicos do mercado (por exemplo, de veículos mais pesados). Independentemente do tamanho, peso ou potência dos veículos fabricados pela empresa, os esforços a serem empreendidos tendem a ser semelhantes, com custos semelhantes. Apesar disso, há um defeito fundamental nesse tipo de regulação: mesmo com o padrão, a eficiência média de novos veículos pode diminuir se as vendas migrarem para veículos maiores ou mais pesados (IEA, 2012b). Pode haver, ainda, um incentivo à fabricação de veículos mais pesados, de modo a aproveitar-se de metas menos rigorosas (essa desvantagem, porém, pode ser controlada se a inclinação da curva que define as metas for adequadamente definida – seja a curva contínua ou discretizada por categorias). À exceção de a curva contínua permitir maior flexibilidade às montadoras e, possivelmente, menos distorções, há poucas diferenças entre a modalidade de curva contínua e por categorias (IEA, 2012b).

A Tabela 2.5 apresenta uma comparação entre as diferentes modalidades de padrão:

**Tabela 2.5: Comparação entre diferentes formatos de padrões de eficiência veicular**

	Meta uniforme		Baseada em atributos	
	Absoluta	Melhoria de eficiência	Curva Contínua	Por categorias
Garantia de melhoria de eficiência da frota	<b>Certa</b>	<b>Relativamente Certa</b> (não há garantia caso o perfil de vendas se altere significativamente)	<b>Incerta</b> (mudanças nas características dos veículos podem piorar a eficiência média da frota)	<b>Incerta</b> (mudanças nas características dos veículos podem piorar a eficiência média da frota)
Justo com as montadoras?	<b>Injusto</b> (determinados segmentos de mercado terão maior dificuldade)	<b>Injusto</b> (desconsidera esforços anteriores das empresas em aumentar a eficiência)	<b>Justo</b>	<b>Relativamente Justo</b> (dependendo da definição das categorias)
Flexibilidade das montadoras para atender à meta	<b>Boa</b>	<b>Boa</b>	<b>Boa</b>	<b>Potencialmente limitada</b> (dependendo da definição das categorias)

Fonte: Elaboração própria com base em IEA (2012b).

O que se pode depreender da Tabela 2.5 é que nenhum formato de padrão é perfeito e todos eles terão vantagens e desvantagens.

#### 2.4.2.4 Definição da meta-alvo e implementação

Talvez um dos pontos mais críticos do estabelecimento de um padrão de eficiência veicular seja a definição da meta a ser atingida, seja qual for o formato adotado para a meta.

Se a meta for muito rigorosa, algumas empresas podem enfrentar custos muito altos, o que pode reduzir sua competitividade e causar perdas de empregos. Isso é particularmente possível caso os consumidores não dêem o devido valor a tecnologias eficientes e a maior parte dos custos incrementais dessas tecnologias sejam absorvidos pelas empresas (IEA, 2012b). Na opinião da IEA (2012b), idealmente, os custos das tecnologias eficientes deveriam ser integralmente repassados aos consumidores, pois os

mesmos seriam “ressarcidos” sob a forma de economia de combustível ao longo da vida útil do veículo. Se a meta for muito baixa, a segurança energética fica prejudicada e os objetivos ambientais não serão atingidos.

Mesmo com a definição de metas rigorosas, existem mecanismos que podem tornar seu atendimento mais suave. Três mecanismos são promissores nesse aspecto: a estocagem de créditos, a venda de créditos e os “super créditos”. No primeiro dos mecanismos, caso um fabricante exceda a meta em um ano, ele poderia utilizar esse crédito em outro ano, e não cumprir a meta. No segundo deles, os créditos poderiam ser não só utilizados entre anos, mas também comercializados entre empresas. Por fim, a criação de “super créditos” seria uma espécie de recompensação para veículos extremamente eficientes – na regulação europeia, por exemplo, montadoras recebem créditos extra caso produzam veículos que emitam menos de 50 g CO<sub>2</sub>/km (IEA, 2012b). Os “super créditos” têm um objetivo demonstrativo e de incentivo tecnológico.

Segundo a IEA (2012b), uma política bem elaborada deveria obter um equilíbrio entre mudança e previsibilidade, o que seria alcançado por meio de metas de longo prazo bem definidas, de modo que os fabricantes possam gradualmente adaptarem-se a elas. Metas mais rigorosas devem ser definidas para prazos mais longos, ao passo que metas menos audaciosas podem ser obtidas em intervalos de tempo mais curtos.

Outro ponto relevante diz respeito à verificação do cumprimento da meta. Para que as empresas obedeçam ao padrão, é necessário estabelecer penalidades ao não-cumprimento das metas. Em última análise, o valor da penalidade fornece um valor máximo ao qual as montadoras estarão dispostas a investir em tecnologias eficientes. Se a multa for pequena, os fabricantes optarão por pagá-la (IEA, 2012b).

### **2.4.3 Medidas fiscais**

Medidas fiscais são aquelas que envolvem taxaço ou subsídios sobre o veículo, sobre o combustível ou sobre o uso do veículo (*e.g.* pedágios urbanos, licenciamento anual).

#### **2.4.3.1 Taxações sobre a venda de veículos**

A maior parte dos países exige que taxas sejam pagas por possuidores de veículos, seja anualmente ou no momento de sua aquisição (IEA, 2012b). Taxas sobre os veículos podem ser combinadas com metas energéticas de forma que veículos eficientes tornem-se fiscalmente mais atraentes (ou seja, menos taxados ou mais subsidiados que os

demais), incentivando consumidores a demandarem esses veículos e encorajando fabricantes a aumentarem a eficiência de suas frotas. Uma importante vantagem de sistemas de taxaço de veículos é que são relativamente simples de adotar (especialmente se já houver alguma taxaço sobre veículos) e isso pode ser feito sem envolver custos adicionais ao Estado, se a taxaço for adequadamente implementada (IEA, 2012b).

Historicamente, taxaço sobre veículos têm sido aplicadas com base em características técnicas, como potência, peso etc. (IEA, 2012b) e seria possível adequar tais taxas para que fossem diretamente voltadas para a eficiência energética. No Brasil, de acordo com a Tabela de Incidência de Imposto sobre Produtos Industrializados (TIPI), as taxaço são progressivas de acordo com a cilindrada do veículo e segregadas em: veículos 1.0 (7% de IPI); veículos maiores que 1.0 e menores que 2.0 (13%); e veículos maiores que 2.0 (25%)<sup>29, 30</sup> (MF, 2012).

Em alguns casos, a taxaço de veículos ineficientes é combinada a um abatimento de impostos sobre veículos eficientes, mecanismo que é chamado de *feebate*<sup>31</sup>. Na maioria dos casos, o objetivo é manter a medida neutra em termos de receitas e custos, de forma que o orçamento público não perca arrecadaço e nem se impute custos adicionais à sociedade (ICCT, 2010). Para que esse objetivo seja atingido, o sistema de taxaço e abatimento deve ser cuidadosamente dimensionado pelo formulador da política.

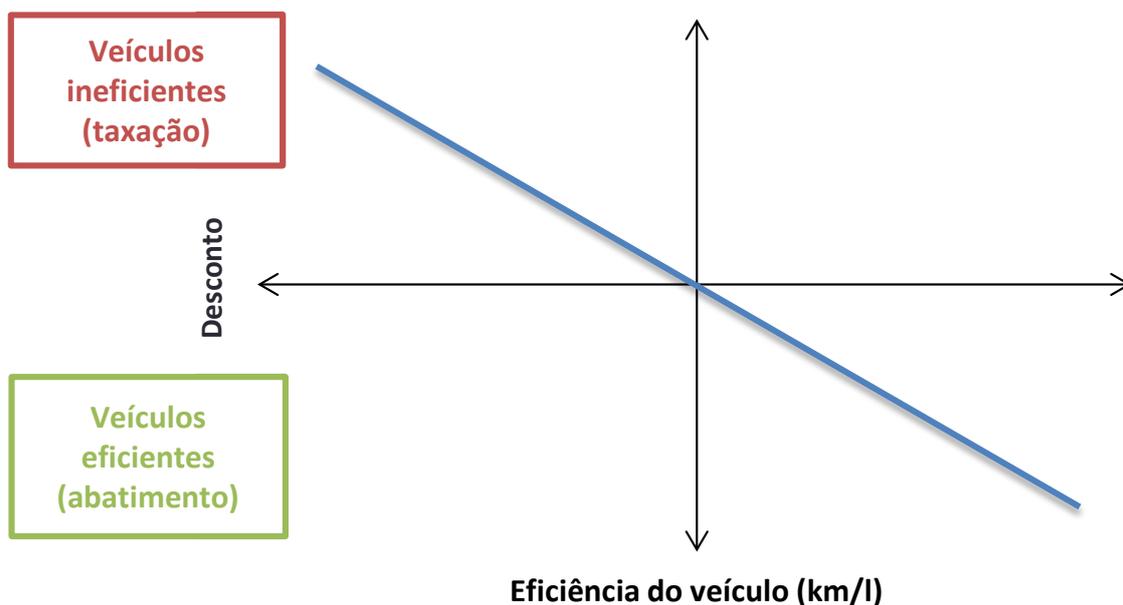
*Feebates* podem ser projetados sob a forma de uma curva que relacione a incidência da taxa/abatimento com base na eficiência do veículo sob forma contínua ou discreta, de forma semelhante ao estabelecimento de padrões contínuos ou por categorias. Um exemplo de *feebate* pode ser observado na Figura 2.24:

---

<sup>29</sup> Essas alíquotas podem ser alteradas por meio de decretos.

<sup>30</sup> Além do IPI, incidem também sobre os automóveis ICMS (estadual), PIS e COFINS, porém sem diferenciaço de alíquota em função do tipo de veículo. Após a compra do veículo, o proprietário deve pagar anualmente: (i) a taxa de licenciamento anual; (ii) o IPVA (Imposto Sobre Propriedades de Veículos Automotores); e (iii) o seguro DPVAT (Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre, cuja cobrança pode ser realizada em conjunto com o IPVA). O IPVA é um imposto que incide sobre o valor do veículo; os demais possuem valores fixos.

<sup>31</sup> *Feebate* é uma conjunço entre as palavras taxa (*fee*), referindo-se à taxaço dos veículos ineficientes, e abatimento (*rebate*), referindo-se ao abatimento fiscal sobre veículos eficientes (GREENE, 2010).



**Figura 2.24: Exemplo de um sistema de feebate**

Fonte: Adaptado de ICCT (2010).

Dois variáveis são especialmente relevantes na definição de um *feebate* (ICCT, 2010):

- **Benchmark**<sup>32</sup>: É o ponto onde não há nenhuma taxa ou abatimento adicional. Idealmente, seu valor deve ser definido de forma que as taxas e abatimentos do *feebate* se anulem porque isso tende a tornar a manutenção do programa mais sustentável ao longo do tempo – isso pode exigir que o *benchmark* seja redefinido periodicamente (ICCT, 2010).
- **Inclinação da reta**: Seu valor determina os custos e benefícios marginais do investimento em eficiência energética. A recomendação do ICCT (2010) é que a inclinação da reta seja contínua e não categorizada. Nenhum país que tenha aplicado um *feebate* até o momento o fez dessa forma, já que a maioria dos programas utiliza categorias que variam sob forma de degraus ou, ainda, com inclinações distintas para as taxas e abatimentos (ICCT, 2010).

Cabe destacar que, caso as taxações e abatimentos advindos do *feebate* se anulem, o programa deixa de ser uma taxa (ou subsídio) – por ser neutro em receitas/custos, há somente algo análogo a uma transferência de poder de compra entre potenciais

<sup>32</sup> Também referido como “*pivot point*” (ICCT, 2010).

compradores (ICCT, 2010). Outro ponto digno de nota é que, embora não seja necessário, um *feebate* pode comportar ajustes baseados em atributos do veículo (ICCT, 2010), de forma semelhante aos padrões de eficiência veicular.

Caso seja utilizada uma inclinação constante para o *feebate*, o valor da taxa é calculado da seguinte forma (ICCT, 2010):

**Equação 2-6: Fórmula para cálculo da taxa em um *feebate***

$$Taxa = \beta(\text{Benchmark}(km/l) - \text{Eficiência do veículo}(km/l))$$

Onde  $\beta$  é a inclinação da reta do programa de *feebate*. Se o veículo for mais eficiente que o *benchmark*, a taxa é negativa e o veículo recebe um abatimento.

Padrões de eficiência veicular e *feebates* possuem efeitos similares – o primeiro fixa a meta a ser alcançada enquanto o segundo corrige custos, porém ambos possuem como objetivo primordial inserir novas tecnologias no mercado (ICCT, 2010). Mesmo possuindo efeitos semelhantes, ambos podem coexistir de modo a formar uma política robusta de eficiência veicular. Para tal, ICCT (2010) lista algumas vantagens do uso complementar entre padrões e *feebates*.

Primeiramente, *feebates* fornecem um sinal de preço mais claro para o desenvolvimento avançado de tecnologias, devido à incerteza a respeito do comportamento dos padrões dali a 10 ou 20 anos (ICCT, 2010).

Em segundo lugar, a imprevisibilidade dos preços de energia e o uso de altas taxas de desconto por consumidores criam um *gap* na percepção dos ganhos de eficiência energética para o consumidor (que tende a subvalorizá-los) e para a sociedade (ICCT, 2010). Os benefícios para a sociedade justificam a existência de padrões e um *feebate* auxiliaria os consumidores a monetizarem futuras receitas incertas provenientes da economia de energia e convertê-las sob a forma de um menor custo de aquisição (ICCT, 2010).

Terceiro, *feebates* fornecem um incentivo para que os fabricantes excedam o padrão. Isso é especialmente relevante porque os fabricantes terão diferentes capacidades de atender às metas (fabricantes no segmento de luxo, por exemplo, podem ter maiores dificuldades) e, apenas com um padrão, as montadoras tendem a fazer apenas o mínimo

para atendê-lo. Com um *feebate*, todos fabricantes são estimulados a melhorar, inclusive além das metas (ICCT, 2010).

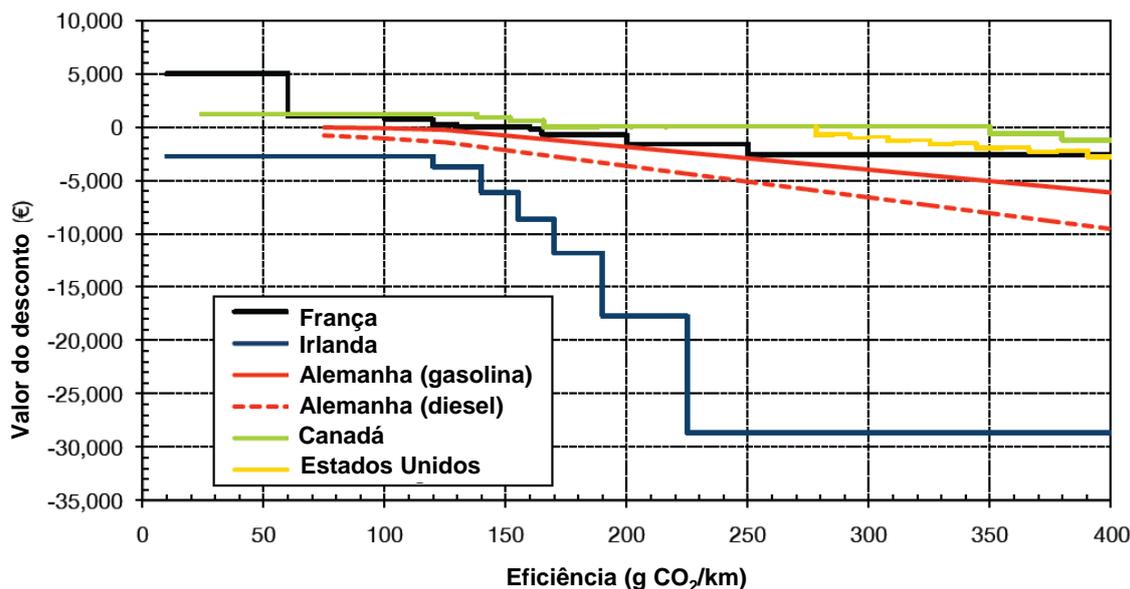
Se um programa de *feebate* for adequadamente construído e adotado, ele não necessita de grandes revisões, além de ajustes periódicos no valor do *benchmark* (ICCT, 2010). O uso de padrões requer projeções do desenvolvimento tecnológico, custos de tecnologias e comportamento do consumidor, o que são fatores com alta incerteza<sup>33</sup>. Por esse motivo, padrões são geralmente definidos por períodos limitados e revisados a cada 5 a 15 anos (ICCT, 2010). *Feebates* podem oferecer incentivos contínuos para o desenvolvimento tecnológico, ainda que a revisão de padrões esteja paralisada devido à natureza morosa das decisões políticas (ICCT, 2010).

Por fim, um *feebate* pode obter resultados de forma mais imediata que um padrão de eficiência veicular, por poder deslocar consumidores para segmentos de carros menores e com menor consumo de energia (GREENE, 2010; ICCT, 2010). No ano em que o programa de *feebate* francês entrou em operação (2008), a emissão de CO<sub>2</sub> média dos novos veículos foi reduzida em 6% em um ano (valor que correspondeu ao dobro dos demais países europeus no mesmo período) (ICCT, 2010). De fato, um *feebate* possui duas formas de proporcionar maior eficiência à frota: (1) deslocar o perfil de vendas para veículos mais eficientes; e (2) compensar fabricantes a adotarem tecnologias eficientes, ao obterem abatimentos (ICCT, 2010). Contudo, segundo o ICCT (2010), o efeito de redução no consumo de energia advém principalmente da adoção de tecnologias eficientes – a alteração no perfil de vendas teria menor impacto no consumo energético.

A Figura 2.25, adaptada de ICCT (2010), ilustra algumas medidas de taxação adotadas no mundo. O exemplo francês, embora não possua todos os aspectos de um *feebate* ideal, é o que busca chegar mais próximo à neutralidade de receita e custos.

---

<sup>33</sup> O argumento de que para o estabelecimento de padrões é necessário projetar o desenvolvimento tecnológico talvez não seja tão aplicável ao Brasil, que tende a ser um importador de tecnologias de eficiência energética em veículos leves, e não um desenvolvedor. As tecnologias a serem adotadas pelos fabricantes, em grande parte, já foram desenvolvidas e adotadas em outros países, de modo que não se faz necessário realizar projeções.



**Figura 2.25: Exemplos de programas de taxação e descontos**

Fonte: ICCT (2010).

### 2.4.3.2 Taxações sobre o combustível e uso do veículo

Em geral, taxações sobre o combustível existem na maior parte dos países, porém, em geral com fins arrecadatórios e não de eficiência (RYAN; FERREIRA; COVERY, 2009).

Taxações sobre a venda do veículo afetam somente a escolha do consumidor no momento de aquisição do mesmo e não tendem a afetar seu comportamento ao dirigir após a compra e nem a intensidade com que se decide utilizar o automóvel (IEA, 2012b). Já a taxação sobre o combustível e o uso do veículo (sob a forma, por exemplo, de pedágios urbanos) possuem o potencial de afetar ambos – Ryan *et al.* (2009), por exemplo, analisaram a frota europeia no período de 1995 a 2004 e concluíram que taxações sobre o combustível possuíam efeito significativo no comportamento de compra dos consumidores, reduzindo a venda de veículos novos e aumentando a eficiência média dos veículos vendidos. Avaliar a magnitude dessa influência *ex-ante*, entretanto, não é uma tarefa simples.

## 2.5 Experiências internacionais em políticas de eficiência energética veicular

As experiências internacionais que serão avaliadas nesse trabalho são a norte-americana, a europeia e a japonesa. O critério de seleção de experiências relevantes foi qualitativo – as experiências europeia e japonesa podem ser consideradas um *benchmark* no que diz respeito à eficiência energética de veículos leves e a experiência norte-americana representa um dos programas mais antigos ainda em atividade.

### 2.5.1 Estados Unidos

Em resposta ao aumento de preços de petróleo no início da década de 1970, o *Corporate Average Fuel Economy* (CAFE – economia de combustível corporativa média, em tradução livre) foi aprovado pelo congresso americano em 1975. A lei originalmente buscava dobrar a eficiência de veículos de passageiros, de 13,5 mpg (milhas por galão) para 27,5 mpg, dentro de 10 anos, meta que de fato foi atingida em 1985. No mesmo período, a eficiência de caminhões leves aumentou de 11,6 mpg para 19,5 mpg (PEW, 2011). Adicionalmente, no ano de 1978, foi instituída a “*Gas Guzzler Tax*”<sup>34</sup>, taxa incidente sobre a venda de veículos de baixa eficiência (EPA, 2012a).

Em meados da década de 80, contudo, por meio do *lobby* das empresas Ford e General Motors, os padrões de eficiência foram reduzidos para 26 mpg em 1986 e houve poucas mudanças na política de eficiência veicular norte-americana por duas décadas (PEW, 2011). Somente no ano de 2007, o congresso americano voltou a aumentar os requerimentos de eficiência do CAFE e, a partir de 2009, o governo passou a adotar padrões de eficiência progressivamente exigentes (PEW, 2011).

Atualmente, as metas americanas são determinadas em termos de emissões de CO<sub>2</sub> por distância percorrida e o objetivo proposto pelo programa é alcançar a emissão de 143 gramas de CO<sub>2</sub> equivalente por milha em 2025, para veículos de passageiros (EPA, 2012b). Cabe destacar, porém, que a regulação americana engloba também caminhões leves (EPA, 2012b).

---

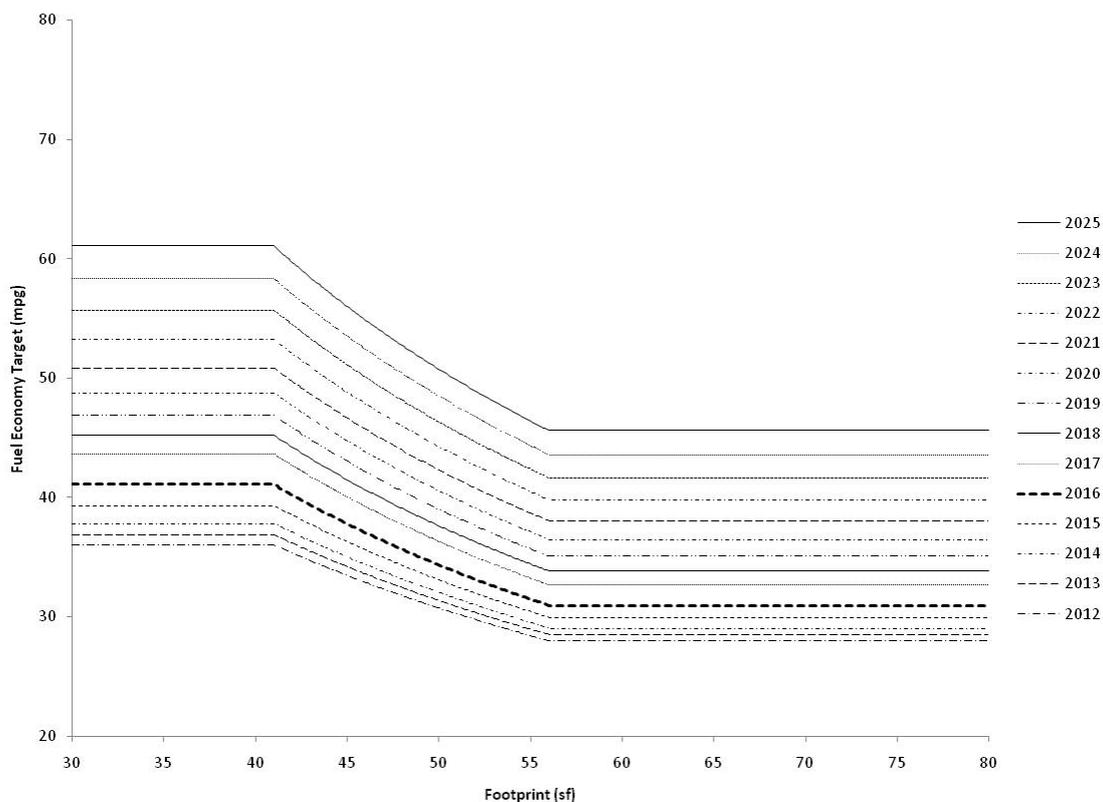
<sup>34</sup> Taxa de grande consumidor de gasolina, em tradução aproximada. “*Guzzler*” representa uma pessoa que bebe em excesso.

Os padrões de emissão dos EUA são determinados por curvas em função do tamanho do veículo, medido pela área projetada do veículo<sup>35, 36</sup>. Cada montadora possui uma meta específica, dependendo da média ponderada pelas vendas da área projetada de seus veículos (NHTSA, 2011). De forma semelhante ao Inovar-Auto, cada montadora possui uma meta para a sua frota e nenhum veículo é obrigado a cumprir individualmente os padrões de eficiência. O objetivo dessa forma de regulação é distribuir o ônus da meta por todos os veículos e todas as montadoras, de forma a não incentivar a construção de veículos de um determinado tipo ou tamanho (EPA, 2012b). As metas estadunidenses são progressivamente rigorosas até o ano de 2025, conforme indicam as curvas da Figura 2.26, em cuja abcissa está representada a área do veículo (em pés cúbicos – *sf*) e em cuja ordenada está sua eficiência (em milhas por galão – *mpg*):

---

<sup>35</sup> Não se trata da área total projetada pelo veículo, e sim da área determinada pelas suas rodas (HICKS, 2010).

<sup>36</sup> A área projetada do veículo também é referida como “*footprint*” (pegada, em inglês), conforme pode-se observar na Figura 2.26.



**Figura 2.26: Metas do CAFE até 2025**

Fonte: NHTSA (2011).

Como indicam as curvas, de modo geral, quanto maior o veículo, menor a sua meta. Contudo, a partir de aproximadamente 55 pés cúbicos as metas são iguais independentemente do tamanho do veículo (o mesmo pode ser dito de veículos de pequeno porte, os quais, caso menores que 40 pés cúbicos, possuem a mesma meta).

No cálculo da eficiência média de cada montadora, que no processo de regulação é posteriormente posicionado na Figura 2.26 para avaliar se a mesma cumpriu sua meta (*i.e.*, se a montadora encontra-se abaixo da curva), utiliza-se a média harmônica ponderada pelas vendas (EPA; NHTSA, 2012). A Equação 2-7, exemplificada para o caso de uma montadora que produza apenas três veículos A, B e C, ilustra a aplicação da média harmônica:

**Equação 2-7: Cálculo da média harmônica ponderada pelas vendas**

$$Eficiência_{montadora_{peso}} = \frac{Produção\ total\ de\ veículos}{\left(\frac{\#\ veículos_A}{Eficiência_A} + \frac{\#\ veículos_B}{Eficiência_B} + \frac{\#\ veículos_C}{Eficiência_C}\right)}$$

Onde  $\# \text{veículos}_A$  representa a produção total de veículos do tipo A e  $\text{Eficiência}_A$  representa a eficiência energética do veículo A (o mesmo pode ser dito para os veículos B e C). Se uma montadora não cumprir as metas determinadas pelo CAFE, há uma pena de US\$ 5,50 por cada 0,1 milhas por galão de eficiência que a média do fabricante estiver distante de sua meta, multiplicado pela sua frota de veículos vendidos (EPA; NHTSA, 2012).

É interessante notar que, devido às propriedades matemáticas da média aritmética e da média harmônica, quando se calcula a média aritmética da variável milhas por galão (ou ainda, quilômetros por litro – km/l), assume-se que os veículos consomem a mesma quantidade de combustível, enquanto quando calculada a média harmônica assume-se que a mesma quilometragem foi percorrida pelos veículos.

Para que seja possível o atendimento às metas propostas, novas tecnologias deverão ser incorporadas aos veículos fabricados. Segundo projeções da EPA (2012c), entre as tecnologias que serão adotadas pelas montadoras, incluem-se melhorias em motores a gasolina e nos sistemas de transmissão, redução de peso veicular, pneus com menor resistência ao rolamento, melhor aerodinâmica dos veículos, melhorias em motores a diesel e acessórios mais eficientes. A expectativa da EPA é de que a maior parte dos avanços de eficiência ocorram nos motores de combustão interna, sejam eles movidos a gasolina ou a diesel. Como a regulação dos Estados Unidos é definida em termos de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente por distância percorrida (apesar de as multas serem definidas em termos de milhas por galão), nem todas as tecnologias estão voltadas necessariamente a um melhor aproveitamento do combustível: espera-se também aperfeiçoamentos nos sistemas de ar-condicionado, cujos gases refrigerantes são, em geral, hidrofluorcarbonos (HFC) de alto potencial de aquecimento global (EPA, 2012c).

A Tabela 2.6 apresenta um resumo da política de eficiência veicular norte-americana:

**Tabela 2.6: Resumo da política de eficiência veicular dos EUA**

<b>Tipo de política de eficiência veicular</b>	<b>Pergunta</b>	<b>Resposta (Estados Unidos)</b>
<b>Medidas informacionais</b>	Possui programa de etiquetagem veicular?	Sim. Vide Figura 2.20.
<b>Padrões de eficiência veicular</b>	Possui padrão de eficiência veicular?	Sim.
	Como são definidas as metas?	Em gramas de CO <sub>2</sub> equivalente emitidas por milha, com base em uma curva contínua em seu centro e plana nas extremidades. Vide Figura 2.26.
	É utilizado um atributo para ponderação?	Sim, a área do veículo.
	Como são definidas as metas?	Com base na média ponderada da área dos veículos vendidos nos EUA pela montadora. Uma vez calculada a área média, é possível saber a meta da empresa com base na curva disposta na Figura 2.26.
	Como é avaliado seu cumprimento?	Calcula-se a eficiência média da montadora com base na média harmônica ponderada pelas suas vendas nos EUA. A eficiência média da montadora deve então situar-se abaixo da curva disposta na Figura 2.26.
	Há multas pelo não atendimento das metas?	Sim, no valor de US\$ 5,50 por 0,1 mpg distante da meta, por veículo.
<b>Medidas fiscais</b>	Taxação sobre combustível?	Não com fins declarados de eficiência veicular.
	Taxação sobre a aquisição do veículo?	Sim, por meio da Gas Guzzler Tax.

Fonte: Elaboração própria.

### **2.5.2 Europa**

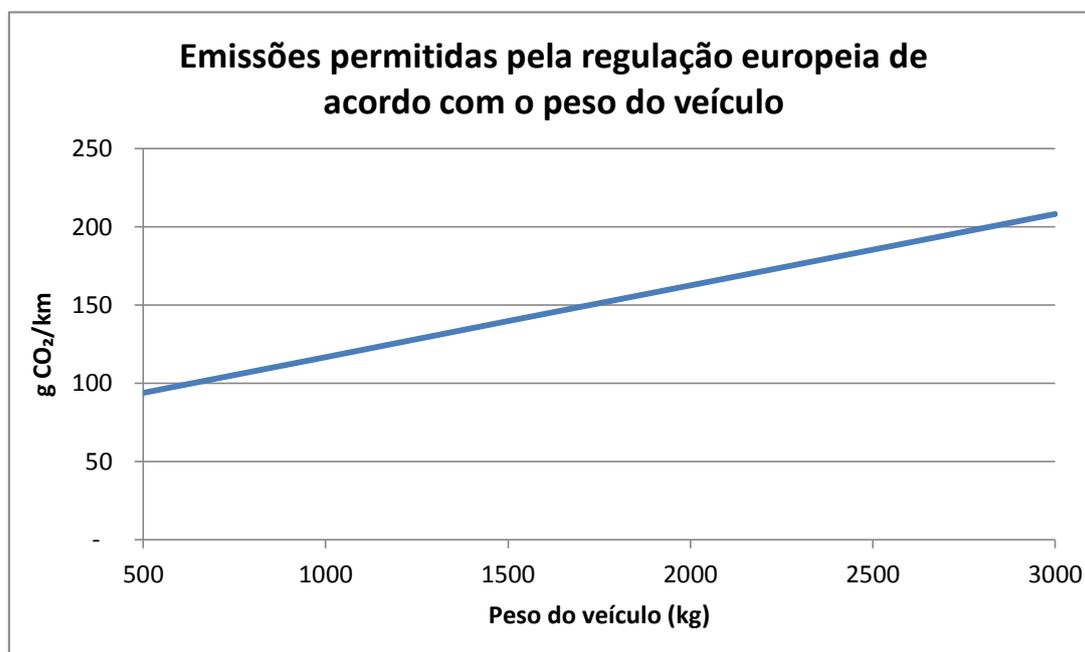
Inicialmente, a União Europeia buscou incentivar a eficiência da indústria automotiva por meio de acordos voluntários com as montadoras e o objetivo era de atingir uma eficiência média para a indústria de 140 gramas de CO<sub>2</sub> por quilômetro até o ano de 2008 (UNEP, 2011). Contudo, a meta não foi atingida e, em abril de 2009, a Comissão Europeia estabeleceu regulações mandatórias com o objetivo de atingir a emissão média de 130 g CO<sub>2</sub>/km para a frota no ano de 2015 (UNEP, 2011).

A regulação europeia, assim como a brasileira, é baseada em uma curva contínua dada em função do peso (massa) do veículo. O valor máximo médio permitido de emissões para cada montadora, para o ano de 2015, é dado pela “*limit value curve*”<sup>37</sup>, que pode ser calculada pela Equação 2-8 (UNEP, 2011):

**Equação 2-8: Cálculo da curva de metas (“*limit value curve*”) da União Europeia para 2015**

$$\text{Emissões permitidas (g CO}_2\text{/km)} = 130 + a \cdot (M - M_0)$$

Onde 130 é a emissão média que desejava-se alcançar em 2015;  $a$  é o coeficiente angular da reta, igual a 0,0457;  $M$  é a média ponderada da massa dos veículos pelas vendas, para cada montadora; e  $M_0$  é igual a 1289 kg, que era o peso médio dos veículos europeus no ano da regulação – esse valor é periodicamente atualizado para refletir adequadamente a frota europeia. Caso a média de peso da frota europeia mantenha-se constante (em outras palavras  $M = M_0$ ) a emissão média europeia em 2015 será de 130 gramas de CO<sub>2</sub> por quilômetro.



**Figura 2.27: *Limit value curve* europeia para 2015**

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

<sup>37</sup> Curva de valores limite, em tradução livre.

Tanto o cálculo da média de peso quanto de eficiência dos veículos vendidos por cada montadora é realizado por meio de uma média aritmética ponderada pelas vendas (UNEP, 2011).

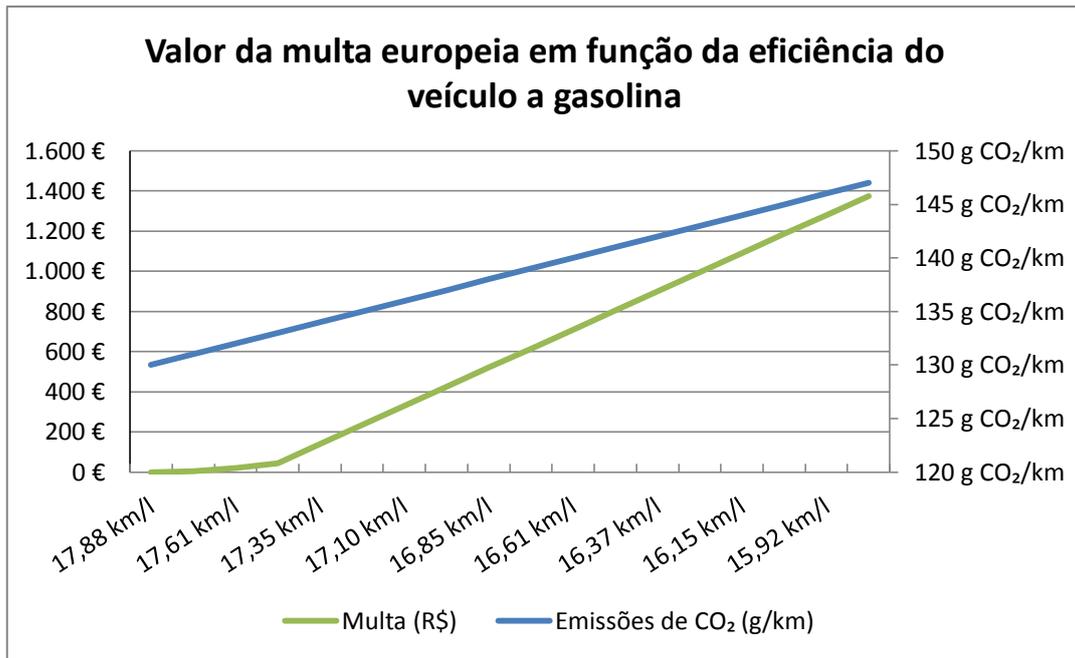
Como a *limit value curve* europeia é definida para um ano específico (no caso, o ano de 2015), há uma fase de *phasing-in*<sup>38</sup> em que uma parcela cada vez maior da frota deve atender às metas para o ano de 2015. Em 2012, 65%, dos veículos deveriam atender aos valores da curva limite. Esse percentual aumentou para 75% em 2013 e para 80% em 2014. Logicamente, em 2015, 100% da frota deve atender à curva (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

As multas referentes ao não atendimento das metas são de €5 para o primeiro g/km acima do valor estipulado, €15 para o segundo g/km, €25 para o terceiro e €95 para cada g/km adicional (EUROPEAN COMMISSION, 2014). O valor da multa em função das emissões e da eficiência de um veículo a gasolina<sup>39</sup> pode ser observada na Figura 2.28:

---

<sup>38</sup> Entrando gradualmente, em tradução livre.

<sup>39</sup> Vale ressaltar que veículos a diesel são parte significativa da frota europeia.



**Figura 2.28: Valor da multa da regulação europeia de 2015**

Fonte: Elaboração própria com base em European Commission (2014).

Novas metas foram posteriormente definidas pela União Europeia para o ano de 2021 (EUROPEAN COMMISSION, 2014). Seu objetivo é alcançar uma emissão média de 95 gramas de CO<sub>2</sub> por quilômetro. A inclinação da *limit value curve* foi mantida na regulação de 2021, tendo sido alteradas somente a massa média e a emissão média pretendida, para 95 g CO<sub>2</sub>/km (EUROPEAN COMMISSION, 2012). O *phasing in* foi tornado pontual e aplica-se somente ao ano de 2020, no qual 95% da frota deve atender à curva e a multa tornou-se constante e igual a €5 para cada g/km adicional (EUROPEAN COMMISSION, 2014).

Dada a natureza internacional da União Europeia, cada país possui políticas energéticas complementares. Alguns países, como a França, optaram por implementar um programa de *feebate*, enquanto a Noruega possui uma forte taxa sobre o combustível, representando aproximadamente 63% de seu preço final em 2007 (UNEP, 2011).

A Tabela 2.7 apresenta um resumo da política de eficiência veicular europeia:

**Tabela 2.7: Resumo da política de eficiência veicular europeia**

<b>Tipo de política de eficiência veicular</b>	<b>Pergunta</b>	<b>Resposta (União Europeia)</b>
<b>Medidas informacionais</b>	Possui programa de etiquetagem veicular?	Sim. Vide Figura 2.19.
<b>Padrões de eficiência veicular</b>	Possui padrão de eficiência veicular?	Sim.
	Como são definidas as metas?	Em gramas de CO <sub>2</sub> equivalente emitidas por quilômetro, com base em uma curva contínua. Vide Figura 2.27.
	É utilizado um atributo para ponderação?	Sim, o peso (massa) do veículo.
	Como são definidas as metas?	Com base na média ponderada do peso dos veículos vendidos pela montadora. Uma vez calculado o peso médio, é possível saber a meta da empresa com base na curva disposta na Figura 2.27.
	Como é avaliado seu cumprimento?	Calcula-se a eficiência média da montadora com base na média ponderada pelas suas vendas. A eficiência média da montadora deve então situar-se abaixo da curva disposta na Figura 2.27.
	Há multas pelo não atendimento das metas?	Sim, vide Figura 2.28.
<b>Medidas fiscais</b>	Taxação sobre combustível?	Sim, a depender do país em questão.
	Taxação sobre a aquisição do veículo?	Sim, a depender do país em questão.

Fonte: Elaboração própria.

### 2.5.3 Japão

Com o objetivo de encorajar a conservação de energia em atividades industriais, transportes e edifícios, a lei japonesa de uso racional de energia foi criada em 1976, pouco depois do aumento de preços de petróleo ocorrido em 1973. Maior atenção foi dada a essa lei após mais um aumento dramático de preços no ano de 1979 quando a mesma passou a incluir a eficiência energética de veículos, já com o estabelecimento de padrões (IGUCHI, 2008).

Durante as décadas de 80 e 90, a preocupação ambiental no Japão cada vez mais uniu-se às preocupações de conservação de energia, impulsionados pela criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, em 1992. Em 1993, foram estabelecidas novas metas para veículos a gasolina, as quais deveriam ser cumpridas até o ano de 2000. No ano seguinte após a adoção do Protocolo de Quioto, em 1998, a lei de uso racional de energia foi amplamente revisada e dentre as revisões mais notáveis está a introdução da abordagem *top runner* (IGUCHI, 2008).

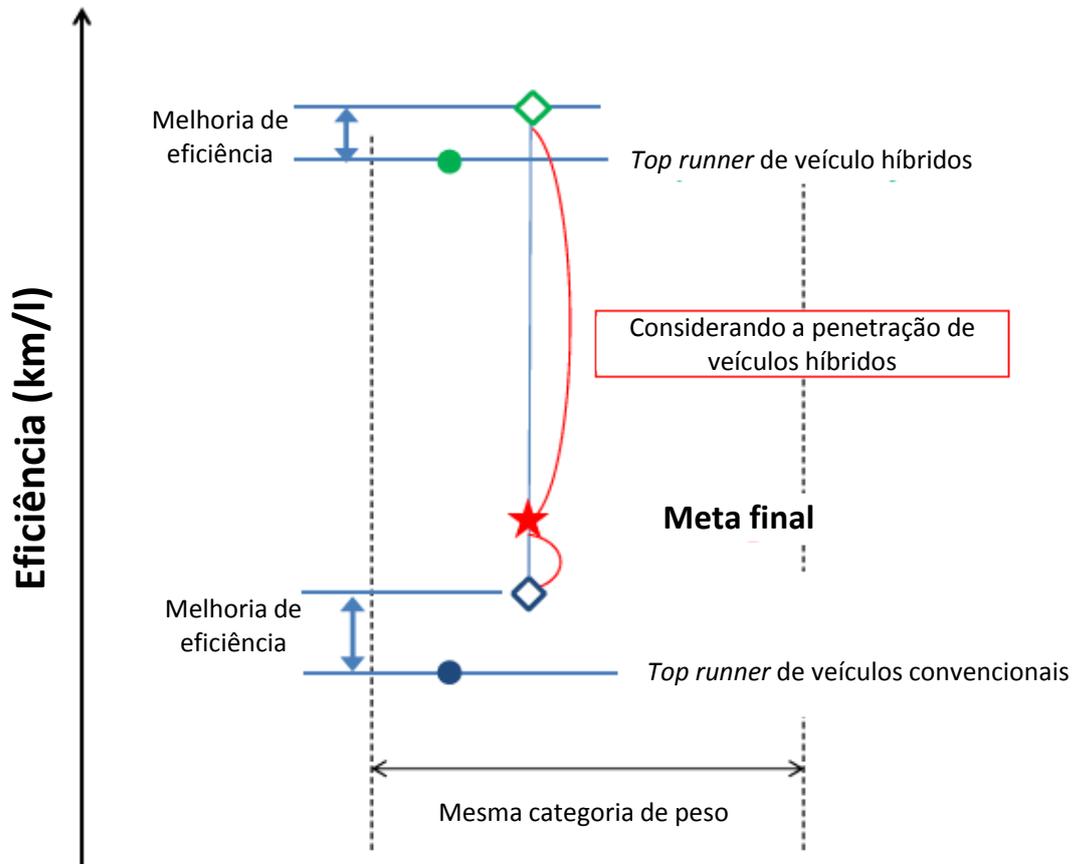
Segundo Kimura (2010), o escopo do programa *top runner* é baseado em três critérios: (1) produtos que envolvam produção doméstica significativa; (2) produtos que consomem uma quantidade substancial de energia na fase de uso; e (3) produtos com potencial considerável de melhoria em sua eficiência energética. Inicialmente o programa englobava nove produtos, entre os quais incluíam-se equipamentos de ar-condicionado, lâmpadas fluorescentes, televisões, computadores, geladeiras e veículos de passageiros e de carga. Esse escopo é revisado periodicamente e foi expandido para 21 produtos em 2009 (KIMURA, 2010).

As principais características da abordagem *top runner* podem ser resumidas nos seguintes pontos (KIMURA, 2010):

- O *top runner* (que representa o equipamento mais eficiente) torna-se o padrão, eventualmente acrescido de melhorias que consideram o potencial tecnológico. Esse padrão deve ser atingido por todas as empresas após um dado período de tempo.
- Padrões diferenciados são estabelecidos com base em diferentes parâmetros.
- O cumprimento dos padrões é avaliado em cada empresa com base em uma média ponderada.

Como o estabelecimento dos padrões é baseado no equipamento mais eficiente disponível à época da definição do padrão, a abordagem é essencialmente baseada em dados de mercado, o que torna factível o alcance dos níveis desejados de eficiência energética (KIMURA, 2010). Contudo, a abordagem *top runner* considera também a penetração de novas tecnologias no mercado que possam tornar os equipamentos ainda mais eficientes no futuro. Dessa forma, os padrões são frequentemente definidos em níveis de eficiência acima do atual *top runner* (KIMURA, 2010).

Em se tratando de veículos leves, há, atualmente, um fator adicional que é levado em conta, que é a penetração de veículos híbridos, cuja eficiência tem-se mostrado superior à dos demais veículos (KAJIWARA, 2012). De forma a contemplar essa particularidade, as metas japonesas para 2020 consideram uma determinada penetração de veículos híbridos, bem como aumentos de eficiência para veículos híbridos e veículos tradicionais (KAJIWARA, 2012). A Figura 2.29 ilustra esse processo:



**Figura 2.29: Processo de definição de metas da política japonesa para 2020**

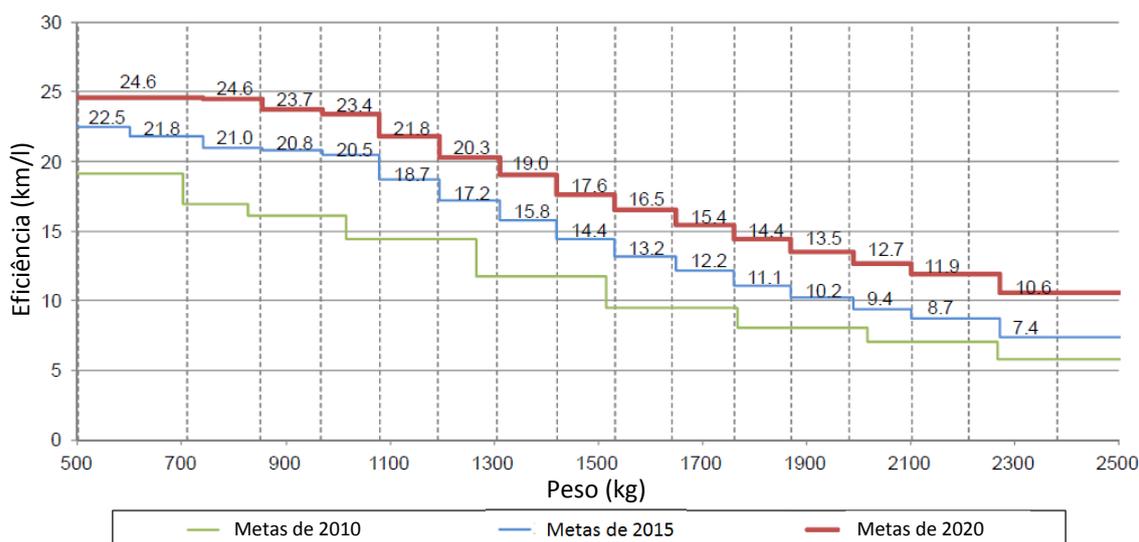
Fonte: Traduzido de Kajiwara (2012).

Outro importante aspecto da abordagem *top runner* é que os padrões são diferenciados com base em diversos parâmetros. No caso de veículos, o parâmetro utilizado é o peso dos veículos e, em algumas situações, o parâmetro é discretizado em categorias, e não é avaliado de forma contínua (KIMURA, 2010).

Nas metas definidas para o ano de 2020, apesar de haver uma discretização das metas de acordo com categorias, as montadoras não serão obrigadas a cumprir as metas individualmente em cada categoria (como ocorria anteriormente) contanto que, quando

calculada a média harmônica da montadora ponderada pelas vendas de veículos (da mesma forma que ilustrado na Equação 2-7), ela esteja acima do padrão definido (DAISHO et al., 2011). Antes de 2020, a média harmônica era aplicada em cada categoria e a montadora deveria cumpri-las individualmente (DAISHO et al., 2011).

As metas japonesas para os anos de 2010, 2015 e 2020 podem ser observadas na Figura 2.30. Espera-se que, com essas metas, a eficiência média da frota japonesa de veículos vendidos alcance 16.8 km/l em 2015 e 20.3 km/l em 2020 (IEA, 2012b).



**Figura 2.30: Metas japonesas para os anos de 2010, 2015 e 2020**

Fonte: Traduzido e adaptado de Kajiwara (2012).

Apesar de existirem multas no caso do não cumprimento de metas por parte das montadoras japonesas, elas possuem pouca importância (FEDERAL CHAMBER OF AUTOMOTIVE INDUSTRIES, 2011) – a multa é limitada ao valor de 1 milhão de ienes (equivalente a pouco menos de 10 mil dólares), e é apenas aplicada como último recurso (DAISHO et al., 2011). A primeira penalidade enfrentada pela montadora é uma advertência, seguida por uma declaração pública (caso após dado tempo ainda não tenha sido cumprida a meta), seguida por uma ordem direta (caso ainda não tenha sido cumprida) e, por fim, quando esgotados todos esses mecanismos, a multa de 1 milhão de ienes é aplicada (DAISHO et al., 2011).

Além do padrão de eficiência veicular, outros aspectos notáveis da política japonesa envolvem medidas fiscais, tais como taxações na aquisição do veículo, com base em sua categoria, e taxas anuais baseadas no peso e na potência do veículo (ICCT, 2011).

A política japonesa tem obtido bons resultados, visto que seus objetivos têm sido cumpridos com certa antecedência em relação à data limite. Os padrões de 2010 para veículos leves a gasolina foram atingidos (com base na média da frota) em 2005 e, no ano de 2008, mais de 90% da frota já havia alcançado o padrão definido (KIMURA, 2010).

A Tabela 2.8 resume os principais aspectos da política de eficiência veicular japonesa:

**Tabela 2.8: Resumo da política de eficiência veicular japonesa**

<b>Tipo de política de eficiência veicular</b>	<b>Pergunta</b>	<b>Resposta (Japão)</b>
<b>Medidas informacionais</b>	Possui programa de etiquetagem veicular?	Sim, vide Figura 2.21.
<b>Padrões de eficiência veicular</b>	Possui padrão de eficiência veicular?	Sim.
	Como são definidas as metas?	Em km/l, com base em uma curva discreta. Vide Figura 2.30.
	É utilizado um atributo para ponderação?	Sim, o peso (massa) do veículo.
	Como são definidas as metas?	Até 2015, a meta era definida por categorias. A partir de 2020, é definida com base na média ponderada do peso dos veículos vendidos pela montadora, que é confrontada com a Figura 2.30.
	Como é avaliado seu cumprimento?	Calcula-se a eficiência média da montadora com base na sua média harmônica ponderada pelas vendas. A eficiência média da montadora deve então situar-se acima da curva disposta na Figura 2.30.
	Há multas pelo não atendimento das metas?	Há, porém são pouco relevantes. As maiores penalidades não são financeiras, como advertências e divulgação pública do não cumprimento de metas.
<b>Medidas fiscais</b>	Taxação sobre combustível?	Não com fins explícitos de eficiência veicular.
	Taxação sobre a aquisição do veículo?	Sim, com base em sua categoria (há também taxas anuais com base em potência e peso).

Fonte: Elaboração própria.

#### **2.5.4 Particularidades do Brasil**

Ao comparar as características brasileiras, no que tange automóveis leves, com as experiências internacionais, é possível observar algumas particularidades dos veículos brasileiros e também da política brasileira (esta, abordada na Seção 2.5.5 a seguir).

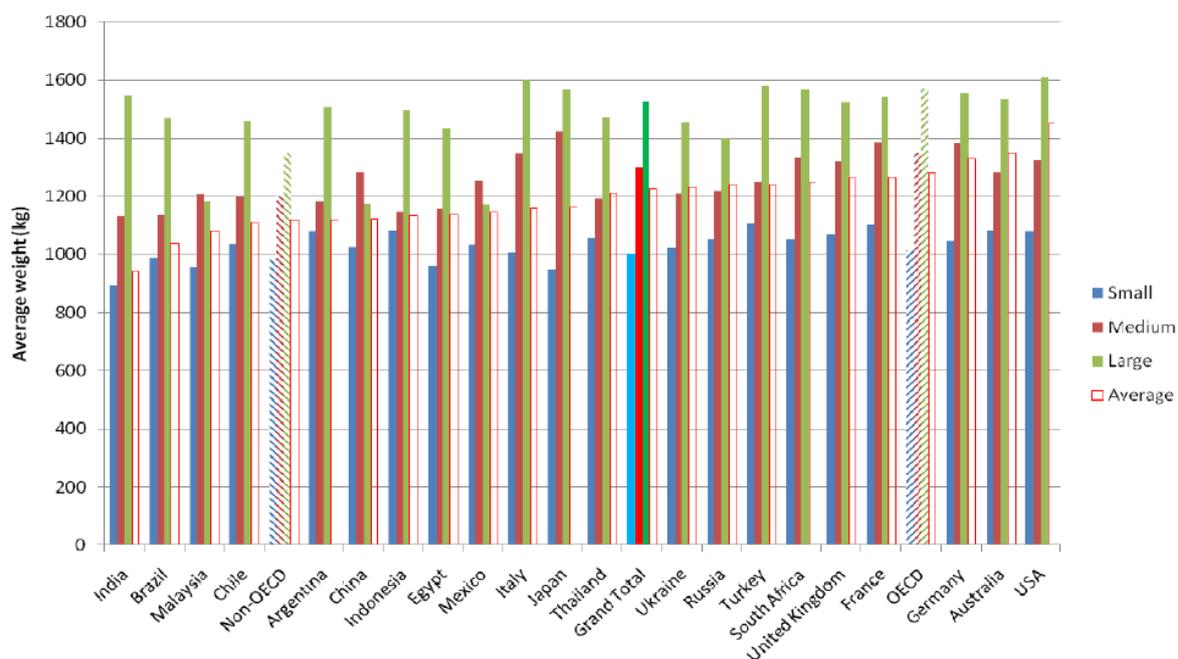
Em se tratando de particularidades dos veículos brasileiros, uma característica importante é a forte penetração dos veículos *flex*: 92% das vendas em 2014 foram desse tipo de veículo (ANFAVEA, 2014a). Automóveis bicompostíveis permitem o uso de gasolina C (composta por etanol anidro e gasolina A, fóssil) e etanol hidratado. Como o etanol é um combustível biogênico, ainda que contabilizadas as emissões de todo o ciclo de vida do biocombustível, as emissões de gases de efeito estufa dos veículos leves brasileiros, mesmo menos eficientes que os europeus ou japoneses, podem ser menores que as emissões de veículos da Europa ou Japão utilizando apenas combustíveis fósseis. Além disso, há uma certa volatilidade na emissão de CO<sub>2</sub> dos veículos brasileiros (se descontada a parcela biogênica das emissões), seja pela possibilidade de escolha do combustível por parte do consumidor ou pela alteração do percentual de etanol anidro na gasolina A, que variou dentro de uma faixa de 20% a 27% em anos recentes. Logo, estabelecer uma meta de eficiência energética em termos de g CO<sub>2</sub>/km faria pouco sentido no caso brasileiro.

Embora o modelo bicompostível possa ser interessante do ponto de vista de emissões de CO<sub>2</sub>, há desvantagens energéticas. Há uma ineficiência maior no motor *flex*, que se reflete em um maior consumo de combustível por distância percorrida (RODRIGUES, 2012). Rodrigues (2012), por exemplo, estima que um veículo exclusivo a etanol possua um consumo de combustível correspondente a cerca de 79% a 85% do consumo de um veículo *flex* utilizando etanol.

No Brasil, diferentemente dos demais países, veículos de passeio a diesel são proibidos pela Portaria nº 346, de 19 de novembro de 1976, do Ministério da Indústria e Comércio. Em termos de eficiência energética, isso pode ser prejudicial, dado que o ciclo diesel é mais eficiente que o ciclo Otto (os dois ciclos mais utilizados em motores de combustão interna).

Por outro lado, os veículos brasileiros possuem uma característica vantajosa a seu favor. Em comparação com as outras frotas analisadas nesse trabalho, a brasileira é folgadoamente a mais leve. Como a Figura 2.31 indica, no ano de 2008, os veículos brasileiros possuíam uma massa média pouco superior a 1.000 kg, enquanto a massa média da frota dos países da OCDE é próxima de 1.300 kg (GFEI, 2011). Parte disso pode ser reflexo da característica de baixa cilindrada dos modelos brasileiros: segundo

dados da ANFAVEA (2014a), dos cerca de 3 milhões de automóveis vendidos em 2013, aproximadamente 36% possuíam motor de 1.000 cm<sup>3</sup>.



**Figura 2.31: Massa da frota de veículos de países selecionados, em 2008**

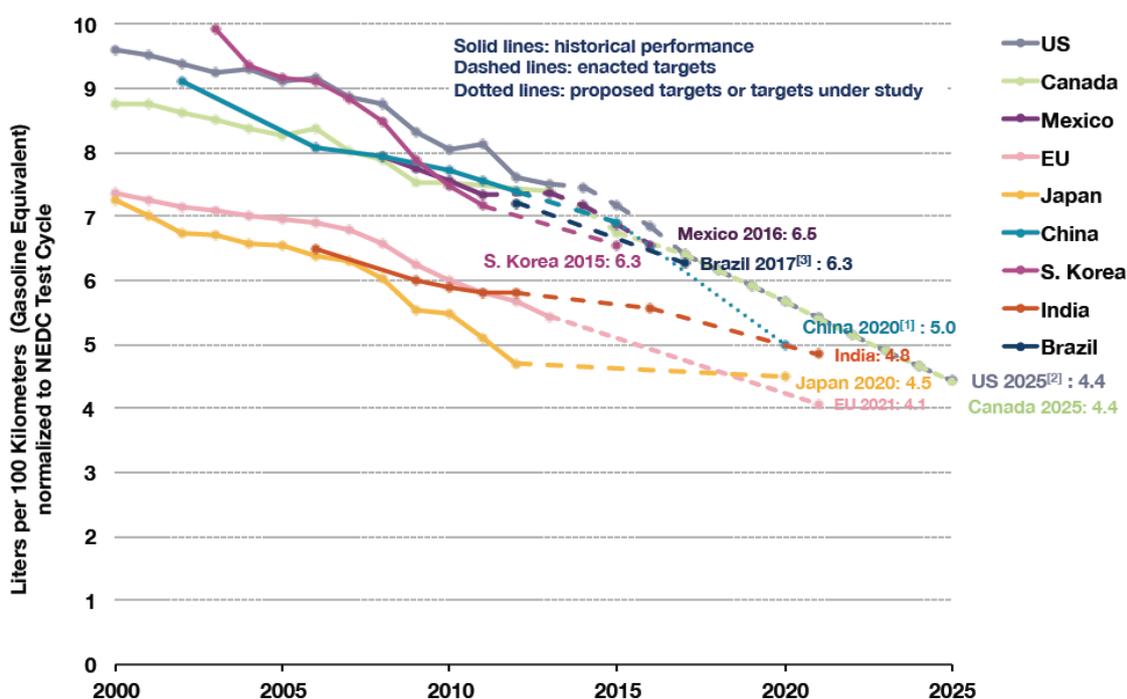
Fonte: GFEI (2011).

### 2.5.5 Comparação entre países

A comparação entre programas de eficiência energética de diferentes países não é uma tarefa simples, pois depende de alguns fatores particulares a cada país: o formato de política adotado (se é um padrão de eficiência, taxaçoão de combustível, taxaçoão da aquisição do veículo, taxaçoão de uso do veículo etc.), o formato da meta (se é uma meta compulsória a todos os veículos, uma média ponderada pelas vendas por montadora, se é uma meta a partir da qual há benefícios fiscais etc.) e o valor da meta (que também irá depender fortemente do ciclo de condução utilizado na medição da eficiência dos veículos).

A esse respeito, ICCT (2014b) realizou uma comparação entre os diferentes padrões de eficiência veicular existentes no mundo e a eficiência histórica dos veículos de cada país/grupo de países. Na Figura 2.32, linhas tracejadas representam metas já estabelecidas de forma oficial; linhas pontilhadas representam metas sob estudo ou propostas e ainda não oficializadas; e linhas cheias indicam o desempenho histórico. A

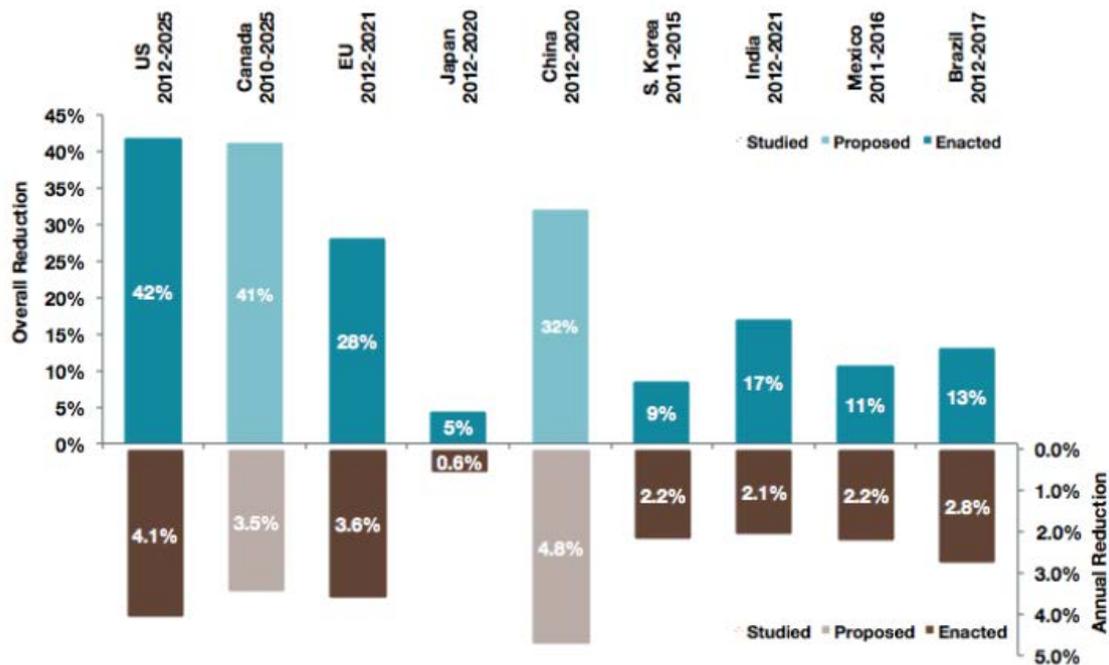
unidade em que a eficiência está representada é litros por 100 quilômetros (ou seja, quanto menor o indicador, mais eficiente a frota) e o ciclo de condução para o qual os valores foram convertidos é o europeu. A meta brasileira disposta na Figura 2.32 é a de habilitação ao Inovar-Auto, porém em outro ciclo de condução – o ciclo brasileiro se assemelha ao americano, que é menos exigente que o europeu (o mesmo veículo, se testado no ciclo americano e europeu terá, em geral, uma eficiência maior medida no ciclo americano).



**Figura 2.32: Comparação absoluta entre padrões de eficiência veicular e eficiência histórica dos veículos de cada país**

Fonte: ICCT (2014b).

Também é possível observar os padrões de forma relativa à frota existente e é isso o que a Figura 2.33 ilustra. Nela, o trecho acima do eixo horizontal (em tons de azul) indica a redução no consumo energético (emissões) específico(as) durante todo o período da política vigente em cada país. Abaixo do eixo horizontal está apresentada a redução de consumo energético específico anual e, ao lado do nome de cada país, está o período em que tais reduções devem ser alcançadas.



**Figura 2.33: Comparação relativa entre padrões de eficiência veicular de cada país**

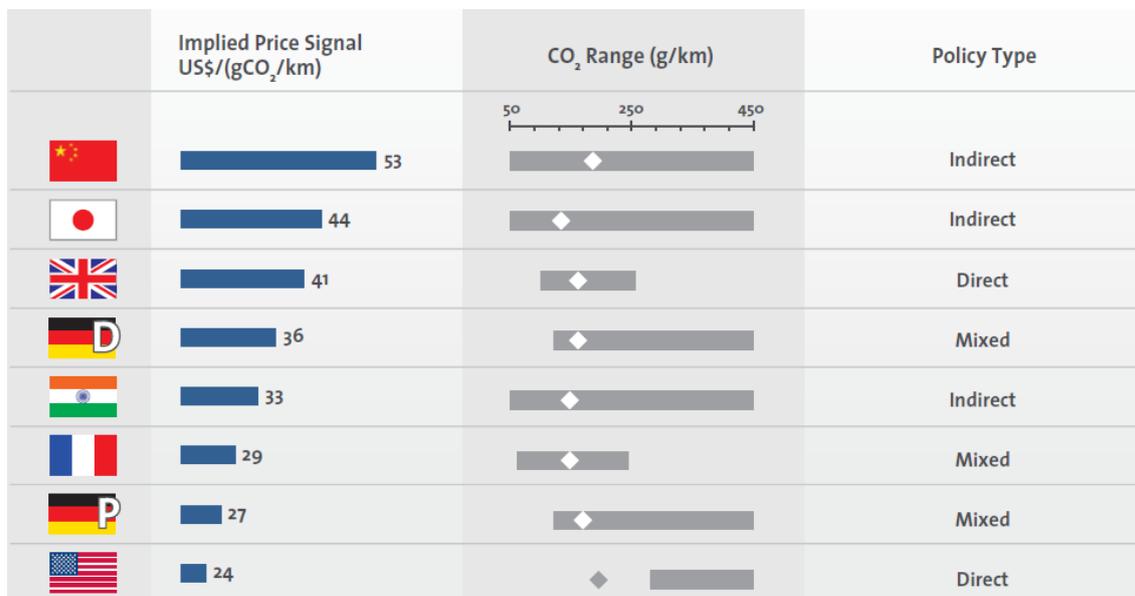
Fonte: ICCT (2014b).

Nota-se assim que a redução anual média de consumo energético específico é razoável se comparada à de outros países em desenvolvimento, como México e Índia<sup>40</sup>. Por outro lado, são menos robustas que a meta chinesa e a frota brasileira é significativamente menos eficiente que a coreana ou indiana (vide Figura 2.32). Além disso, a redução de consumo energético específico está aquém daquela de países desenvolvidos (à exceção do Japão, cuja frota é atualmente a mais eficiente do mundo).

Outra comparação interessante entre políticas é a agregação das medidas fiscais relacionadas à eficiência veicular. A esse respeito, ICCT (2011) avaliou as medidas relacionadas à eficiência dos veículos em sete países, seja essa relação direta (taxas e subsídios que variam diretamente com as emissões específicos de CO<sub>2</sub> ou o consumo de combustível do veículo) ou indireta (taxas e subsídios que variam com atributos do veículo – como cilindrada do motor ou tamanho do veículo – que estão relacionados à sua eficiência). O resultado pode ser observado na Figura 2.34 – a primeira coluna representa o preço implícito na política (em US\$ por grama de CO<sub>2</sub> por km), que é uma

<sup>40</sup> Segundo dados da ABDI (2013a), o incremento médio anual do Inovar-Auto seria de 2,2%.

boa aproximação do custo marginal da eficiência energética definido pela política; a segunda coluna indica a amplitude de eficiência da frota desses países (em 2011); e a terceira indica se as medidas fiscais são diretas, indiretas ou uma combinação de ambas.



**Figura 2.34: Comparação entre medidas fiscais de sete países**

Fonte: ICCT (2011).

Por fim, a Tabela 2.9 apresenta, para os países estudados em detalhe nesse capítulo (Estados Unidos, União Europeia e Japão), como cada aspecto da política de eficiência veicular é tratado, resumindo as tabelas apresentadas anteriormente.

**Tabela 2.9: Resumo da política de eficiência veicular dos EUA, União Europeia e Japão**

Tipo de política de eficiência veicular	Pergunta	Estados Unidos	União Europeia	Japão
<b>Medidas informacionais</b>	Possui programa de etiquetagem veicular?	Sim. Vide Figura 2.20.	Sim. Vide Figura 2.19.	Sim, vide Figura 2.21.
<b>Padrões de eficiência veicular</b>	Possui padrão de eficiência veicular?	Sim.	Sim.	Sim.
	Como são definidas as metas?	Em gramas de CO <sub>2</sub> equivalente emitidas por milha, com base em uma curva contínua em seu centro e plana nas extremidades. Vide Figura 2.26.	Em gramas de CO <sub>2</sub> equivalente emitidas por quilômetro, com base em uma curva contínua. Vide Figura 2.27.	Em km/l, com base em uma curva discreta. Vide Figura 2.30.
	É utilizado um atributo para ponderação?	Sim, a área do veículo.	Sim, o peso (massa) do veículo.	Sim, o peso (massa) do veículo.
	Como são definidas as metas?	Com base na média ponderada da área dos veículos vendidos nos EUA pela montadora. Uma vez calculada a área média, é possível saber a meta da empresa com base na curva disposta na Figura 2.26.	Com base na média ponderada do peso dos veículos vendidos pela montadora. Uma vez calculado o peso médio, é possível saber a meta da empresa com base na curva disposta na Figura 2.27.	Até 2015, a meta era definida por categorias. A partir de 2020, é definida com base na média ponderada do peso dos veículos vendidos pela montadora, que é confrontada com a Figura 2.30.

Tipo de política de eficiência veicular	Pergunta	Estados Unidos	União Europeia	Japão
	Como é avaliado seu cumprimento?	Calcula-se a eficiência média da montadora com base na média harmônica ponderada pelas suas vendas nos EUA. A eficiência média da montadora deve então situar-se abaixo da curva disposta na Figura 2.26.	Calcula-se a eficiência média da montadora com base na média ponderada pelas suas vendas. A eficiência média da montadora deve então situar-se abaixo da curva disposta na Figura 2.27.	Calcula-se a eficiência média da montadora com base na sua média harmônica ponderada pelas vendas. A eficiência média da montadora deve então situar-se acima da curva disposta na Figura 2.30.
	Há multas pelo não atendimento das metas?	Sim, no valor de US\$ 5,50 por 0,1 mpg distante da meta, por veículo.	Sim, vide Figura 2.28.	Há, porém são pouco relevantes. As maiores penalidades não são financeiras, como advertências e divulgação pública do não cumprimento de metas.
<b>Medidas fiscais</b>	Taxação sobre combustível?	Não com fins declarados de eficiência veicular.	Sim, a depender do país em questão.	Não com fins explícitos de eficiência veicular.
	Taxação sobre a aquisição do veículo?	Sim, por meio da Gas Guzzler Tax.	Sim, a depender do país em questão.	Sim, com base em sua categoria (há também taxas anuais com base em potência e peso).

Fonte: Elaboração própria.

## 2.6 Tecnologias de eficiência veicular

Tecnologias de eficiência buscam diminuir as dissipações de energia que ocorrem na conversão da energia química do combustível em deslocamento do veículo por uma dada distância. Essas perdas de energia ocorrem em diversas formas e locais, como por exemplo (EPA, 2012c):

- Perdas termodinâmicas inerentes à combustão do energético
- Perdas de calor do processo de combustão para o exaustor e o sistema de arrefecimento;
- Trabalho realizado pelo motor na compressão dos cilindros;
- Perdas por fricção no motor;
- Perdas na transmissão (associadas a fricção e outras perdas parasíticas da caixa de marcha, conversor de torque e outros componentes);
- Perdas aerodinâmicas e de resistência ao rolamento dos pneus;
- Energia dissipada como calor nos freios.

Todas essas perdas energéticas podem ser endereçadas para desenvolver carros de maior eficiência. O Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) resume em três principais grupos algumas das principais tecnologias de eficiência veicular disponíveis no mercado – tecnologias dos motores, do sistema de transmissão e outras, embora não trate de todas as possibilidades listadas anteriormente. A relação de tecnologias sugeridas pelo DOE e seu potencial ganho de eficiência energética estão listados a seguir (DOE, 2011):

- **Tecnologias nos motores**
  - **Desativação de cilindros:** economiza energia ao desativar cilindros que não estejam em uso – potencial economia de energia de 4% a 10%.
  - **Turbochargers:** aumentam a potência do motor, permitindo que fabricantes diminuam os motores (*downsizing*) sem sacrificar a performance ou aumentar a performance sem sacrificar a eficiência – potencial economia de energia de 2% a 6%.
  - **Sistemas *start-stop*:** Automaticamente desliga e liga o motor quando o veículo está parado – economia de 2% a 4%.
  - **Injeção direta de combustível:** em motores do ciclo Otto, com a injeção direta do combustível separada do ar, é possível inserir uma mistura ar-

combustível a temperaturas menores (usualmente, a mistura ar-combustível é injetada diretamente no cilindro), o que permite uma maior taxa de compressão e reduz o consumo de combustível – economia de 2% a 3%.

- **Válvulas com acionamento variável (*Variable-Valve Timing and Lift*):** o momento (*timing*) em que as válvulas (*valve*) são abertas e o quanto elas se movem (*lift*) afetam a eficiência do veículo. Normalmente, motores utilizam um *timing* e um *lift* fixo que, em geral, não é o ótimo para velocidades baixas ou altas – economia de 1% a 11%.

- **Tecnologias do sistema de transmissão**

- **Maior número de marchas:** permite que o motorista dirija a velocidades eficientes mais frequente e facilmente – economia de 2% a 8%.
- **Transmissão contínua:** ao invés de utilizar um número limitado de marchas, um sistema de transmissão contínua permite que o veículo esteja sempre operando com maior eficiência – economia de 1% a 7%.
- **Dupla embreagem (*automated manual transmission*):** funciona de forma semelhante à transmissão automática, porém garantido que a troca de marcha ocorra de forma eficiente – economia de 7% a 10%.

- **Outras tecnologias**

- **Redução de peso:** significa que menos energia é necessária para mover o veículo. Reduções de peso significativas podem ser obtidas com *downsizing* dos sistemas do motor – economia de 3% a 4% a cada 5% de redução no peso.
- **Pneus com baixa resistência ao rolamento:** reduzem a perda no contato com o solo – economia de 1% a 3%.

Merecem destaque, ainda, os veículos híbridos e elétricos. Veículos tradicionais possuem apenas um motor que, por meio da queima do combustível, transmite energia às rodas. Veículos híbridos possuem um motor elétrico adicional que possui uma bateria alimentada por esse motor e, dessa forma, especialmente a velocidades mais baixas (em que o motor tradicional opera longe da velocidade ótima) o veículo híbrido é mais eficiente que o tradicional (UNEP, 2009). IEA estima que um veículo híbrido seja de 25% a 30% mais eficiente que um veículo tradicional de combustão interna em um ciclo

de condução misto, com estradas e tráfego urbano (IEA, 2012a). Veículos elétricos operam com uma bateria recarregável tendem a ser ainda mais eficientes que veículos híbridos.

As tecnologias foram agrupadas em categorias para indicar o tipo de perda de energia que é reduzida. Contudo, quando uma tecnologia é aplicada, todos os demais potenciais são alterados e, ainda que o ganho energético houvesse sido representado em uma métrica absoluta (como km/l ou g CO<sub>2</sub>/km), a instalação de uma tecnologia alteraria o potencial das demais. Um veículo que aplicasse todas essas tecnologias não seria tão eficiente quanto a soma das porcentagens indicaria (EPA, 2012c). Depois de aplicada uma tecnologia de desativação de cilindros, um sistema *start-stop* teria um impacto menor, por exemplo, pois o veículo já consumiria menos energia quando parado.

A melhor forma de saber a real eficiência de um veículo após adotadas determinadas tecnologias de eficiência veicular seria o uso de uma modelagem física completa do veículo e seus componentes (EPA, 2012c). Essa abordagem é intensiva em recursos, pouco prática quando um grande número de veículos é analisado (EPA, 2012c) e está além do escopo desse trabalho. O objetivo de uma avaliação das tecnologias disponíveis para melhorar a eficiência dos veículos, no âmbito desse trabalho, é avaliar o quanto seria razoável esperar de aumento de eficiência dado um certo custo de implantação (ou o contrário – que custo esperar para um dado aumento de eficiência).

Nesse sentido, IEA (2012a) já realizaram um levantamento do gênero e afirmam que o custo de aumentar em 25% a eficiência de um veículo atual a gasolina estaria na faixa de US\$ 1.000 por veículo. O levantamento completo de custos e potenciais de economia de tecnologias eficientes realizado pelos autores está disposto na Tabela 2.10, com as devidas adaptações:

**Tabela 2.10: Tecnologias de eficiência veicular – custo e potencial (comparado a um veículo típico europeu de 2005)**

Tecnologia	Redução no consumo de combustível (%)	Custo adicional por veículo (R\$ 2012)
<i>Design</i> e uso de materiais de baixa fricção	2%	104
Pneus com baixa resistência ao rolamento	3%	107
Melhorias aerodinâmicas	2%	152
Redução de fricção na transmissão	1%	152

Tecnologia	Redução no consumo de combustível (%)	Custo adicional por veículo (R\$ 2012)
Uso de componentes leves	2%	152
Melhor isolamento térmico do motor	3%	305
Válvulas com acionamento variável	2%	701
Melhorias em sistemas auxiliares	5%	1.066
Melhorias no ciclo termodinâmico do motor	14%	1.219
<i>Downsizing</i> significativo	17%	1.584
Dupla embreagem	6%	2.133
Redução de peso significativa	12%	3.047
<b>Acumulado sem incluir hibridização</b>	<b>51%</b>	<b>10.725</b>
Veículo híbrido	25%	8.379
<b>Acumulado para um veículo híbrido</b>	<b>63%</b>	<b>19.104</b>

Fonte: Adaptado a partir de IEA (2012a)<sup>41</sup>.

Os ganhos de eficiência expressos pela IEA são em relação a um veículo típico europeu de 2005 e podem ser superestimados a depender das características da frota analisada. Dados do ICCT (2014b), porém, indicam que um veículo europeu médio de 2005 possui uma eficiência equivalente a aproximadamente um veículo brasileiro de 2013, o que se mostra uma aproximação interessante para esse trabalho.

Vale o comentário de que, caso as eficiências da Tabela 2.10 sejam consideradas cumulativas – por exemplo, que após a primeira tecnologia (*design* e uso de materiais de baixa fricção) ser adotada e reduzir o consumo energético em 2%, a segunda medida (pneus com baixa resistência ao rolamento) reduziria o consumo energético em 3% sobre uma base de 98%<sup>42</sup>, e assim progressivamente, a redução de consumo energético total sem incluir hibridização é de 52% - contra um resultado da IEA (2012a) de 51%. Para esse conjunto de medidas, portanto, essa é uma aproximação bastante razoável. Esse ponto é de grande relevância à modelagem energética e à elaboração de cenários.

Outras tecnologias que não foram abordadas incluem: veículos elétricos, híbridos *plug-in* e movidos a célula combustível. Não é esperado que no curto prazo haja mudanças significativas da frota em direção a essas tecnologias, por seu estágio inicial de maturidade. Mesmo a hibridização em larga escala da frota é improvável de ocorrer

<sup>41</sup> Foi considerada inflação acumulada do euro de aproximadamente 16,5% no período 2005-2012 (EUROPEAN CENTRAL BANK, 2015) e taxa de câmbio de R\$ 2,56 por euro (cotação de julho de 2012) (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015).

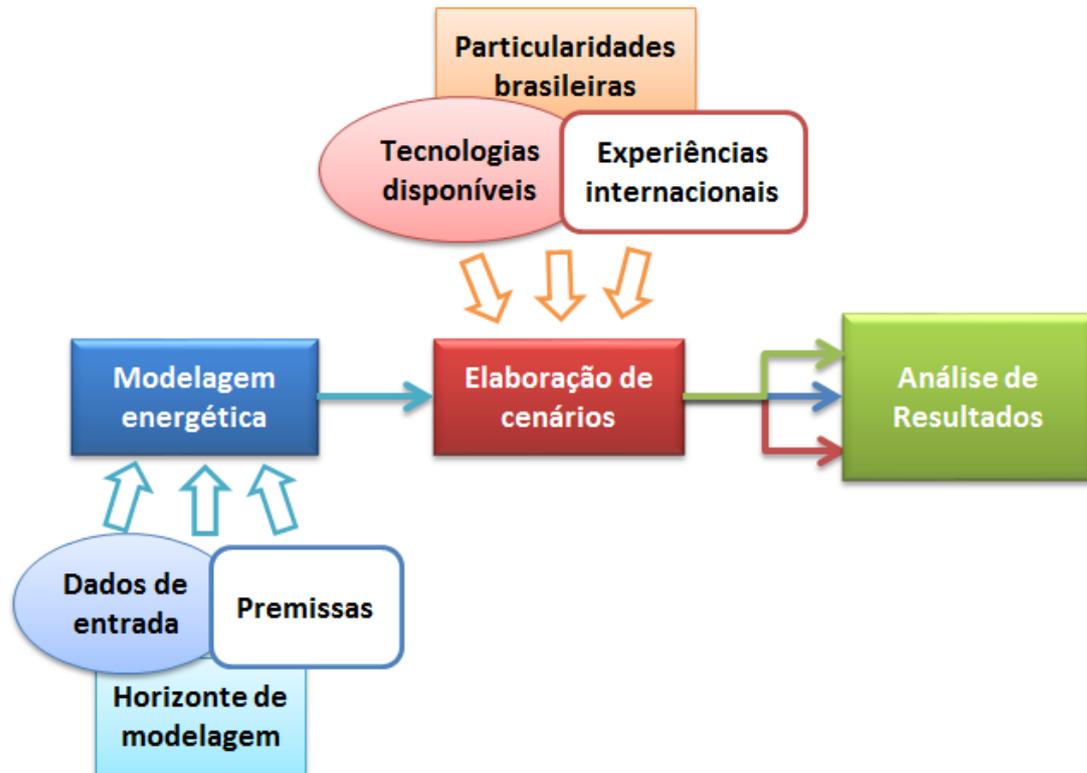
<sup>42</sup> Em termos matemáticos, seria o equivalente a dizer  $98\% \cdot (100\% - 3\%) \sim 95,1\%$ .

antes de 2030 (IEA, 2012a). Como exemplo, mesmo o cenário elaborado pela EPE (2014) no âmbito dos estudos do Plano Nacional de Energia 2050 – cuja inserção de híbridos e elétricos na frota pode ser considerada ambiciosa – prevê uma participação de menos de 10% desses veículos no licenciamento no ano de 2030 (e menos de 5% na frota circulante).

### 3. Procedimento Metodológico

O procedimento metodológico empregado na elaboração desse trabalho está representado simplificadaamente na Figura 3.1 e consiste em três etapas principais:

1. **Modelagem energética:** Criação de um modelo que simule o consumo de energia dos veículos leves brasileiros em um dado horizonte de tempo. Para tal, é necessário levantar dados de entrada e assumir premissas a respeito do comportamento futuro das variáveis-chave da modelagem.
2. **Elaboração de cenários:** Com base na revisão de políticas internacionais e nas tecnologias de eficiência veicular disponíveis, essa etapa consiste na concepção de diferentes trajetórias que poderiam ser adotadas na política brasileira de eficiência energética para veículos leves. Esses diferentes cenários também servem de insumo à modelagem energética.
3. **Análise de resultados:** De posse dos dados da modelagem energética e dos resultados dos cenários, a etapa posterior é a análise dos resultados simulados, de modo a avaliar vantagens e desvantagens presentes em cada um dos cenários.



**Figura 3.1: Fluxograma explicativo da metodologia empregada**

Fonte: Elaboração própria

### 3.1 Modelagem energética

#### 3.1.1 Modelo adotado

Em linhas gerais, modelos energéticos são divididos em modelos *bottom-up* e modelos *top-down*. Enquanto modelos *top-down* não necessariamente levam em conta a estrutura tecnológica e o uso final da energia, modelos *bottom-up* possuem o objetivo principal de criar uma descrição quantitativa da estrutura tecnológica de conversão e uso da energia (PEREIRA, 2008). A partir desse tipo de modelos é possível identificar potenciais tecnológicos e limitações de mercado, como taxas de reposição de equipamentos, que restringem a penetração de programas de eficiência energética (PEREIRA et al., 2008). Esse aspecto é especialmente relevante quando se trata da eficiência veicular, dado que padrões de eficiência afetam apenas os veículos novos e, em geral, nada fazem a respeito da frota circulante, já que a efficientização da frota circulante poderia ser demasiadamente custosa (IEA, 2012b).

Modelos *bottom-up*, por sua vez, podem ser divididos em modelos de otimização, modelos de simulação e modelos paramétricos, também conhecidos como modelos contábeis (PEREIRA et al., 2008). Modelos paramétricos englobam uma descrição física do sistema energético e podem incorporar elementos como custos e impactos ambientais. Tais modelos não simulam endogenamente as decisões dos consumidores e produtores de energia, esse papel cabe ao usuário do modelo, que define de forma exógena o desdobrar dos cenários. Por sua capacidade de explorar diferentes cenários energéticos, modelos paramétricos são adequados à análise “*what if*” de futuros alternativos (HEAPS, 2002). Essa funcionalidade é interessante para comparar-se cenários advindos da adoção de diferentes políticas energéticas e suas consequências, o que é o objetivo desse trabalho. Portanto, foi utilizado um modelo *bottom-up* paramétrico.

### **3.1.2 Ano base e horizonte de modelagem**

O ano base utilizado para a modelagem foi o de 2013 – ano mais recente em que os dados utilizados no presente trabalho estavam disponíveis à época do início de sua elaboração. Já o horizonte de modelagem foi definido até o ano de 2030.

Entre as políticas analisadas, aquela que possui metas mais longínquas é a estadunidense, cujo alcance é até o ano de 2025. Conforme foi observado na revisão bibliográfica, uma avaliação das tecnologias existentes (e das futuras) é necessária ao estabelecimento de metas factíveis. Assim, visto que o desenvolvimento tecnológico possui natureza por vezes disruptiva e, em geral, de difícil previsão, cabe não alongar demasiadamente o período de tempo analisado. Pesa ainda a possível penetração em larga escala de veículos híbridos, elétricos e a pilha combustível – cuja participação de mercado tende a ser maior quanto mais alongado o período avaliado.

Por outro lado, como as metas são aplicadas somente aos novos automóveis, e não alteram a eficiência da frota existente anteriormente ao padrão, é razoável expandir o período de análise em alguns anos para que se possa observar o efeito de tais metas.

Tendo em vista ambos os argumentos, o horizonte de modelagem determinado foi até o ano de 2030 – ligeiramente posterior ao último ano para o qual um dos países analisados estabeleceu metas.

### 3.1.3 Metodologia de cálculo

No setor de transportes, modelos *bottom-up* paramétricos de consumo de energia são, em geral, baseados em quatro variáveis-chave<sup>43</sup>:

- Vendas de veículos novos;
- Sucateamento da frota circulante;
- Intensidade de uso (ou quilometragem percorrida anualmente);
- Eficiências veiculares.

Todas as quatro variáveis devem ser obtidas ou estimadas para o histórico, de modo a permitir uma calibração adequada do modelo, para prosseguir à projeção.

Em primeiro lugar, deve-se calcular a frota circulante, desagregada conforme o interesse da modelagem, ou seja, o número de veículos de um determinado tipo que está em circulação em um dado ano. Para tal, utiliza-se duas informações: vendas históricas de veículos (entrada em circulação) e o sucateamento dos veículos existentes (saída de circulação).

Vendas históricas podem ser obtidas diretamente a partir de fontes como a ANFAVEA e FENABRAVE (Federação Nacional de Distribuição de Veículos Automotores)<sup>44</sup>, o que não é aplicável à projeção das vendas.

Uma das formas de estimar o desempenho futuro de uma indústria (no caso, a automobilística) sujeita a um cenário de expansão da economia nacional é utilizar uma medida que relacione a reação de uma variável em resposta a mudanças de outra variável. Geralmente, o conceito de elasticidade é aplicado para esse fim. Se, por exemplo, é possível afirmar que a quantidade demandada de um bem varia em função do seu nível de preço, pode-se dizer a demanda é sensível (ou elástica) ao preço (SCHAEFFER et al., 2008).

A partir da definição genérica de que a elasticidade é uma medida de sensibilidade entre duas variáveis, é possível levantar diferentes tipos de elasticidade, tais como

---

<sup>43</sup> Vide MCT (2006), MIT (2008), MMA (2011, 2014) e CETESB (2012).

<sup>44</sup> Detalhes a respeito dos dados de entrada podem ser vistos na Seção 3.1.4.

(SCHAEFFER et al., 2008): elasticidade-preço da demanda (relaciona a demanda por um bem e seu preço); elasticidade-renda da demanda (relaciona a demanda com a renda); elasticidade cruzada da demanda (avalia o impacto do preço de um bem com a demanda por um segundo bem); e elasticidade-preço da oferta (relaciona a oferta de um bem com seu preço).

Já que um veículo se torna parte do sistema energético somente quando é adquirido e utilizado, cabe focar a análise em medidas relacionadas à demanda, e não à oferta. Ademais, entre as medidas de elasticidade citadas, tendo em vista que preços podem ser voláteis e sua projeção complexa, a mais adequada à representação futura do setor automobilístico, dado um cenário macroeconômico nacional, é a elasticidade renda da demanda.

A elasticidade renda da demanda mede a variação na quantidade demandada de bens pelos consumidores em relação a variações em sua renda e pode ser representada pela Equação 3-1 (SCHAEFFER et al., 2008):

#### **Equação 3-1: Elasticidade renda da demanda**

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta q/q}{\Delta r/r}$$

Onde  $\varepsilon_r$  é a elasticidade renda da demanda;  $\Delta q$  é uma variação na quantidade demandada;  $q$  é a quantidade demandada;  $\Delta r$  é uma variação na renda; e  $r$  é a renda. Em termos simples, a elasticidade renda da demanda consiste na variação percentual na quantidade demandada face a uma mudança percentual na renda.

Para que fosse estimada a elasticidade renda da demanda dos veículos envolvidos no transporte de passageiros, o Produto Interno Bruto foi utilizado como uma aproximação da renda, e a demanda foi representada pela série histórica de vendas de automóveis. A metodologia consistiu em uma regressão linearizada do logaritmo natural dessas duas variáveis, conforme a Equação 3-2:

#### **Equação 3-2: Estimativa da elasticidade renda da demanda**

$$\ln(vendas) = \alpha + \beta \ln(PIB) + erro_t$$

Onde  $\alpha$  representa o intercepto da reta de regressão e  $\beta$  seu coeficiente linear. Observando-se a Equação 3-2, conclui-se que  $\beta$  representa a elasticidade das vendas em relação ao PIB (ou elasticidade renda da demanda) – se for realizada a derivada de ambos os lados da expressão, tem-se uma equação idêntica à Equação 3-1, disposta anteriormente (com  $\beta$  substituindo  $\varepsilon_r$ ). Assim, com dados históricos da venda de automóveis, elasticidade renda da demanda e projeções do PIB, é possível estimar o desempenho passado e futuro da indústria automobilística.

Já o sucateamento de veículos, tanto o histórico quanto sua projeção, na falta de estatísticas confiáveis, é geralmente estimado a partir de uma função matemática. Até o momento, uma das estatísticas mais confiáveis de estratificação etária da frota brasileira são os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 1988, a qual segue sendo utilizada<sup>45</sup>. Segundo MCT (2006), a função resultante que melhor descreve os dados da pesquisa é uma curva de Gompertz sob a seguinte forma:

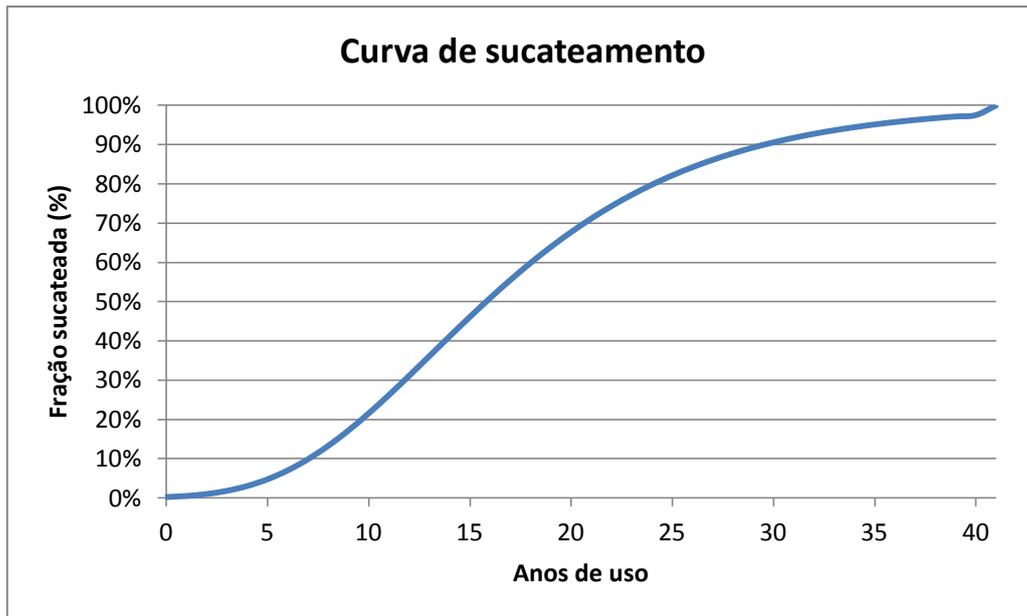
### **Equação 3-3: Função de sucateamento**

$$S(t) = e^{-e^{(a+bt)}}$$

Em que  $S(t)$  representa a fração de veículos sucateada na idade  $t$ ; e  $a$  e  $b$  são coeficientes calibrados com os valores de 1,798 e -0,397 com os dados da PNAD, para automóveis leves. Por consequência,  $1 - S(t)$  representa a fração de veículos com idade  $t$  remanescentes na frota. Vale destacar que MCT (2006) insere uma descontinuidade na função ao limitar a vida máxima do veículo a 40 anos, premissa que também foi adotada nesse estudo. A curva de sucateamento resultante da Equação 3-3 pode ser observada na Figura 3.2:

---

<sup>45</sup> Vide MCT (2006), MMA (2011, 2014) e CETESB (2012).



**Figura 3.2: Curva de sucateamento**

Fonte: Elaboração própria com base em MCT (2006).

Assim, para um dado ano, a frota circulante, desagregada de acordo com o combustível utilizado, é calculada segundo a Equação 3-4:

**Equação 3-4: Cálculo da frota circulante em um dado ano**

$$Frota_{i,t} = \sum_{j=1957}^t Vendas_{i,j} \cdot (1 - S(t - j))$$

Onde  $Frota_{i,t}$  representa a frota circulante no ano  $t$  que utiliza o combustível  $i$ ; 1957 é o ano mais antigo para o qual há disponibilidade de dados;  $Vendas_{i,j}$  representa as vendas de veículos com combustível  $i$  no ano  $j$ ; e  $1 - S(t - j)$  representa a parcela de veículos com idade  $t - j$  que ainda encontra-se em circulação no ano  $t$  (ou seja, a porcentagem de veículos vendidos no ano  $j$  que não sofreu sucateamento até o ano  $t$ ).

Uma vez obtida a frota circulante, o consumo de combustível é calculado utilizando-se a intensidade de uso e a eficiência veicular, conforme a Equação 3-5:

**Equação 3-5: Cálculo do consumo de combustível**

$$CC_{i,t} = \sum_{i,t} \frac{Frota_{i,t} \text{ (número de veículos)} \cdot Intensidade \text{ de uso}_t \text{ (km/veículo}_i)}{Eficiência \text{ veicular}_i \text{ (km/l)}}$$

Onde  $CC_t$  é o consumo de combustível  $i$  no ano  $t$  (em litros);  $Frota_{i,t}$  é a frota circulante de veículos que usam o combustível  $i$  no ano  $t$  (em número de veículos, dada pela Equação 3-4),  $Intensidade\ de\ uso_t$  é a quilometragem percorrida pelos veículos no ano  $t$  (em quilômetros); e  $Eficiência\ veicular_i$  é a eficiência média dos veículos que utilizam o combustível  $i$ .

A intensidade de uso foi calibrada por meio da comparação entre os resultados obtidos pelo modelo para o passado e dados históricos de consumo de combustível no mesmo período (detalhes nas Seções 3.1.4 e 3.1.5). Eficiências veiculares, por sua vez, tiveram como fonte dados históricos indicados em MMA (2011, 2014) até o ano de 2004, a partir do qual utilizou-se desagregações maiores e diferentes fontes e estimativas (vide Seções 3.1.4 e 3.2).

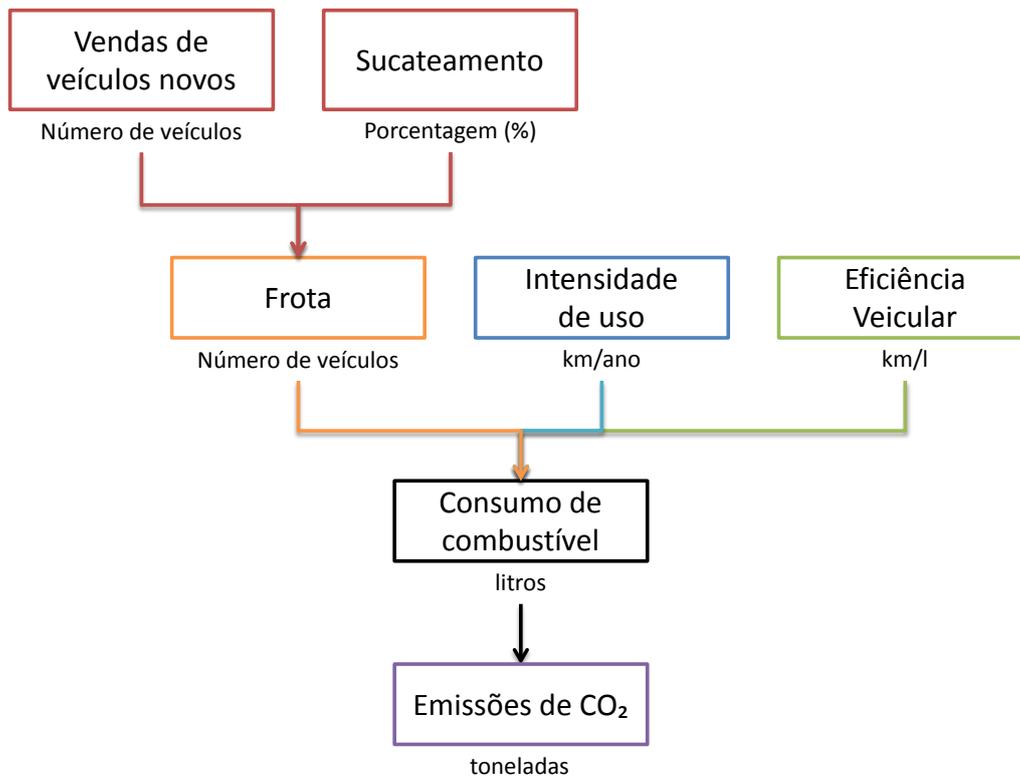
O último dado calculado é a emissão de  $CO_2$ , a qual parte do consumo de combustíveis. Foram desconsideradas as emissões dos demais gases estufa ( $CH_4$  e  $N_2O$ ) por simplificação e por representarem uma parcela significativamente menor das emissões de  $CO_2$  equivalente. Dito isso, as emissões de  $CO_2$  foram calculadas com base na Equação 3-6:

#### **Equação 3-6: Cálculo das emissões de $CO_2$**

$$Emissões\ de\ CO_2 = CC_t \cdot FE_{CO_2}$$

Onde  $CC_t$  é o consumo total de combustível e  $FE_{CO_2}$  é o fator de emissão de  $CO_2$  em termos volumétricos (toneladas de  $CO_2$  por metro cúbico de combustível). As emissões decorrentes do uso de etanol foram desconsideradas por tratar-se de um combustível derivado de biomassa, valendo-se da premissa de que suas emissões líquidas são nulas. Isso se aplica tanto ao etanol anidro (adicionado à gasolina A para formar gasolina C) quanto ao etanol hidratado. Por fim, foi utilizado o fator de emissão de 2,212 t  $CO_2/m^3$  de gasolina A, com base em MMA (2014), que por sua vez se baseia em MCTI (2010).

De forma resumida e ilustrativa, a Figura 3.3 ilustra a metodologia de cálculo:



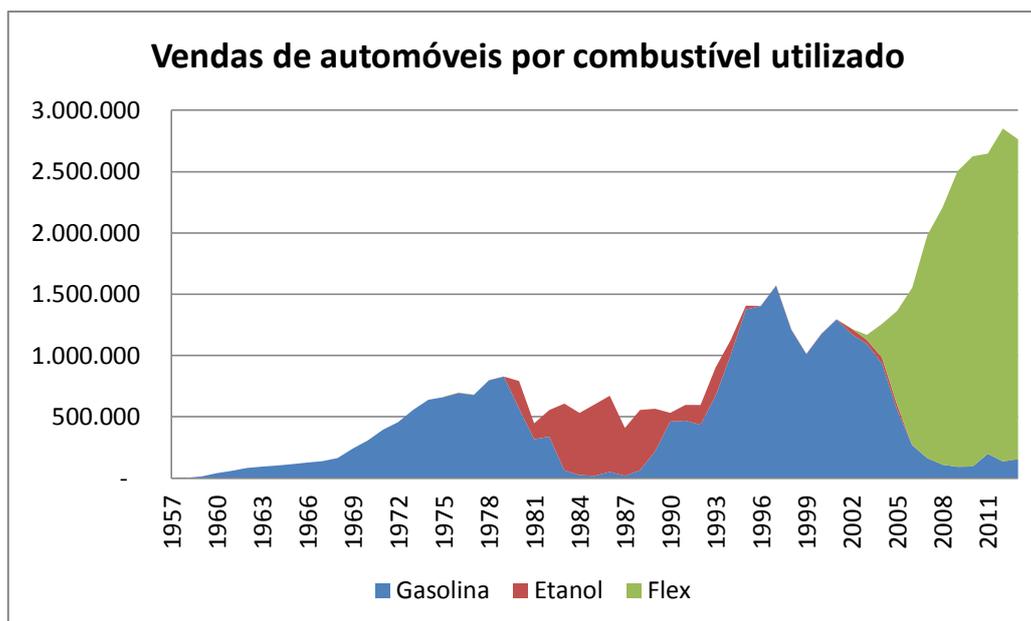
**Figura 3.3: Resumo da metodologia de cálculo**

Fonte: Elaboração própria.

### 3.1.4 Dados de entrada e premissas

Seguindo o fluxo disposto na Figura 3.3, vendas de veículos novos é um dos *inputs* iniciais da modelagem energética. Vendas<sup>46</sup> históricas são informadas pela ANFAVEA (2014b), conquanto sem especificação do combustível utilizado (*flex fuel*, etanol ou gasolina). Para complementar essa informação, tomou-se como base a distribuição de novos automóveis leves por tipo de combustível informada em MMA (2011, 2014). A Figura 3.4 apresenta os dados históricos utilizados (até 2013). As informações completas estão dispostas no Anexo I.

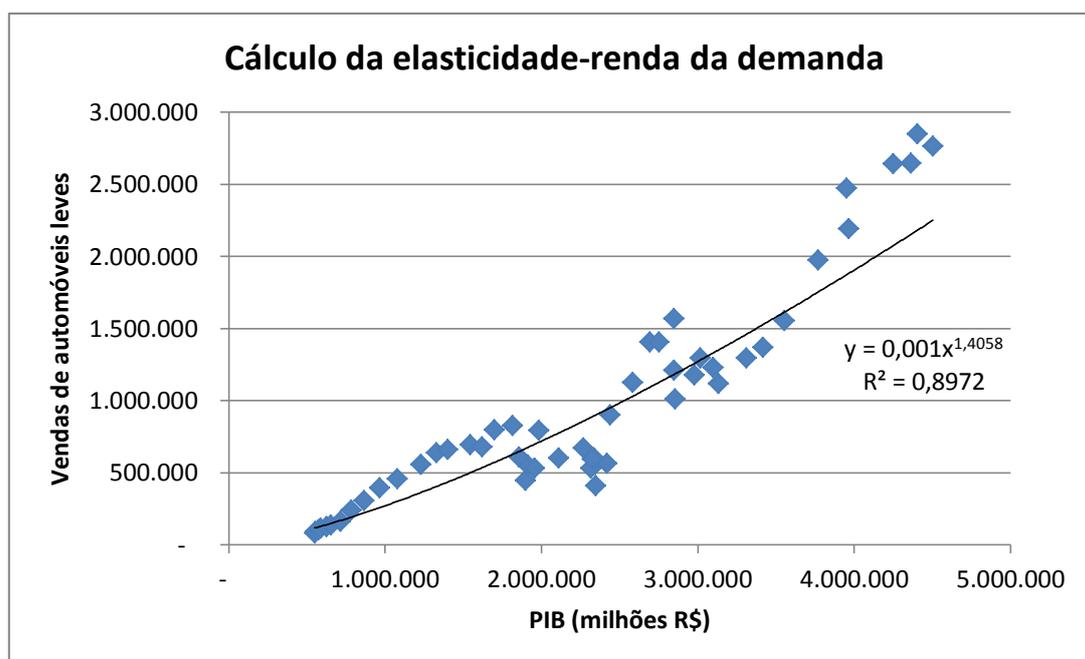
<sup>46</sup> Por simplificação, os termos “venda” e “licenciamento” são aqui utilizados como sinônimos e consistem nas vendas (ou licenciamentos) no mercado nacional, seja de veículos fabricados nacionalmente ou importados.



**Figura 3.4: Vendas de automóveis por combustível utilizado**

Fonte: Elaboração própria a partir de ANFAVEA (2014b) e MMA (2011, 2014).

Além dos dados históricos, é necessário estimar também a venda futura de automóveis. Seguindo a metodologia exposta na Seção 3.1.3 – Equação 3-2, utilizou-se uma regressão linearizada da relação entre o logaritmo natural das vendas de automóveis e do PIB brasileiro. Havendo uma estimativa para a evolução do PIB, é assim possível inferir a evolução do desempenho da indústria automotiva. A Figura 3.5 ilustra os resultados da regressão:



**Figura 3.5: Cálculo da elasticidade-renda da demanda**

Fonte: Elaboração própria a partir de ANFAVEA (2014b) e IBGE (2014a, 2014b).

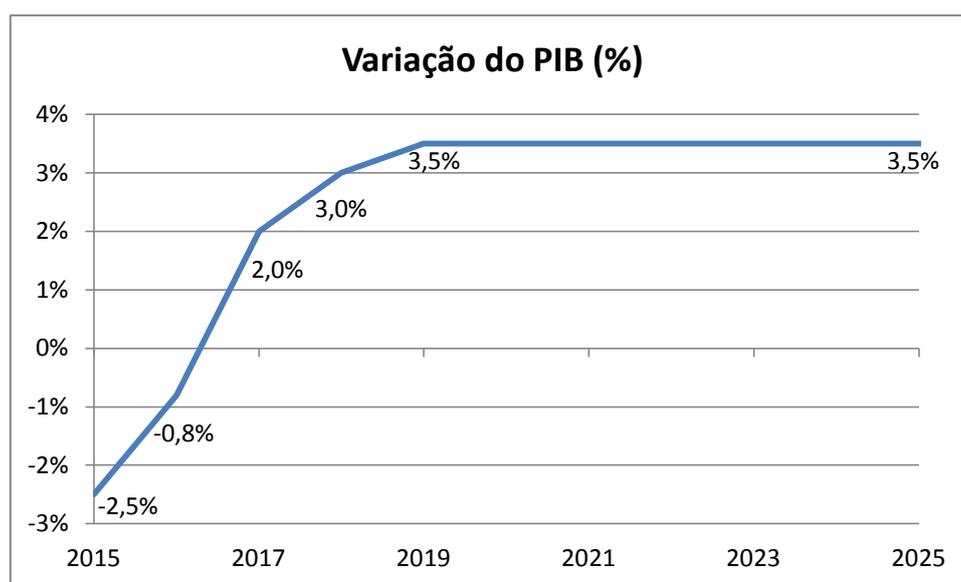
Como pode ser observado na Figura 3.4, a série histórica da ANFAVEA (2014a) apresenta dados até o ano de 1957. Entretanto, os anos iniciais da série histórica não foram utilizados por terem sido atípicos e apresentarem crescimento vertiginoso no nível de vendas (o que é esperado em um mercado em formação). O período utilizado na regressão abrangeu de 1962 a 2013, a elasticidade-renda da demanda calculada resultou em aproximadamente 1,4 e o coeficiente de determinação em 0,9. Além disso, o valor-p da elasticidade-renda calculada foi de  $2,3 \cdot 10^{-26}$ , o que é estatisticamente significativo ao nível de confiança de 5%<sup>47</sup>.

Segundo estudo realizado em 1998 pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), entre diferentes modelos utilizados, a elasticidade-renda calculada pelos autores situava-se entre os valores de 1,1 e 1,5, dependendo do modelo de cálculo utilizado (IPEA, 1998). O valor calculado de 1,4 situa-se, portanto, na faixa definida pelo IPEA. Em estudo mais recente, Fauth *et al.* (2009) estimaram a elasticidade-renda da demanda

<sup>47</sup> Para validar o cálculo da elasticidade-renda, seria recomendável testar a hipótese de normalidade dos resíduos da regressão, uma premissa da regressão linear. Todavia, dado que, como descrito adiante, a elasticidade-renda calculada se situou próxima à de outras referências, esse procedimento não foi adotado.

de automóveis em 1,19<sup>48</sup>. Ressalva-se que há ligeiras variações nas vendas em cada cenário elaborado, não por causa da elasticidade-renda da demanda, e sim por causa da elasticidade-preço da demanda – a Seção 3.2 descreve em detalhes essa questão.

Quanto ao crescimento do PIB, foram adotadas projeções de longo prazo realizadas pelo Bradesco (2015), a qual indica recessão em 2015 e 2016 e retomada gradual do crescimento até a economia atingir seu potencial de crescimento de 3,5% em 2019. As projeções do Bradesco indicam a manutenção desse crescimento até 2023, último ano para o qual os autores realizam a projeção, e nesse trabalho adotou-se o mesmo valor de crescimento até o final do horizonte de modelagem.



**Figura 3.6: Projeção de variação do PIB<sup>49</sup>**

Fonte: Elaboração própria a partir de Bradesco (2015).

O produto da elasticidade-renda pela variação do PIB indica o crescimento/decréscimo das vendas no mesmo ano. Cabe ressaltar que a elasticidade-renda de 1,4 – superior à unidade – significa que a magnitude da variação de venda de veículos leves é maior em módulo que a variação do PIB.

---

<sup>48</sup> Esse valor não foi adotado, pois Fauth *et al.* (2009) utilizaram dados mensais e um horizonte anual menor – de 1996 a 2008.

<sup>49</sup> Os gráficos de projeções contidos nesse trabalho que não possuam abcissa completa até o ano de 2030 foram dispostos dessa forma pois, após o período ilustrado, não há qualquer alteração na variável. No caso da Figura 3.6, por exemplo, a variação anual do PIB se mantém em 3,5% a.a. até 2030.

De maneira semelhante às premissas de vendas de veículos, as eficiências veiculares adotadas nesse trabalho foram parcialmente baseadas em MMA (2011, 2014): os dados de eficiência dos automóveis vendidos até o ano de 2004 foram inteiramente baseados no MMA (2011, 2014), enquanto os dados de 2005 a 2013 seguiram outra metodologia.

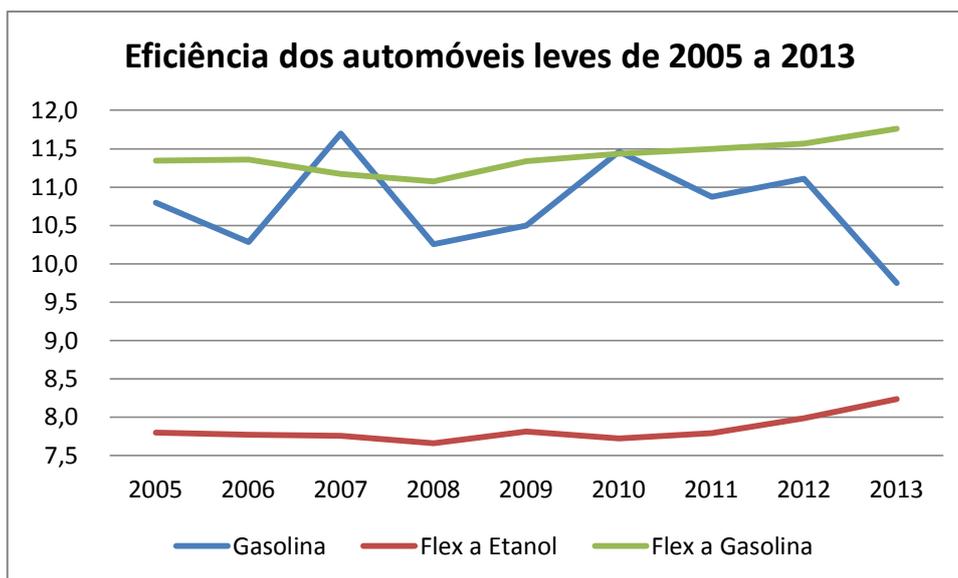
De modo a buscar maior precisão nos dados de eficiência veicular, tão importantes para o objeto desse estudo, realizou-se uma desagregação maior na obtenção das informações. Em cada um desses anos, a eficiência foi calculada por meio da média ponderada pelas vendas das eficiências individuais de cada um dos cinquenta modelos de veículos mais vendidos no ano, divulgada pela FENABRAVE (2015). As eficiências individuais foram obtidas na base de dados *online* Carros na Web (2015), a qual utiliza como base as eficiências dispostas nas fichas técnicas dos veículos – que são as mesmas do PBEV (quando disponível na base de dados do INMETRO para o modelo em questão). Como a denominação dos modelos fornecida pela FENABRAVE frequentemente é mais abrangente que a adotada pelas montadoras (e suas fichas técnicas), utilizou-se a média de eficiência dos veículos que pudessem ser enquadrados na denominação da FENABRAVE<sup>50</sup>. Os cinquenta veículos mais vendidos tiveram uma representatividade média pouco superior a 90% dos veículos totais vendidos nos anos em questão<sup>51</sup>, uma amostra representativa. O resultado da aplicação dessa metodologia, dividido pelo tipo de combustível utilizado, está disposto na Figura 3.7 e dados completos são encontrados no Anexo II<sup>52</sup>.

---

<sup>50</sup> Por exemplo, enquanto a FENABRAVE informa o modelo apenas como “Palio”, há fichas técnicas disponíveis para “Palio Fire”, “Palio Economy”, “Palio Attractive”, “Palio ELX” e diversos outros. Para o cálculo da eficiência do modelo “Palio”, usou-se a média de todos esses modelos descritos em maior detalhe.

<sup>51</sup> Como determinadas montadoras não aderiram ao PBE Veicular e não divulgam a eficiência de seus veículos, não foi possível sempre utilizar os 50 veículos mais vendidos. A representatividade aproximada de 90% foi calculada com base nos veículos de fato considerados no cálculo.

<sup>52</sup> São dispostos também dados adicionais que possam vir a ser úteis em futuras pesquisas ligadas à eficiência veicular, tais como área dos veículos, potência do motor e peso do automóvel.



**Figura 3.7: Eficiência dos automóveis leves de 2005 a 2013**

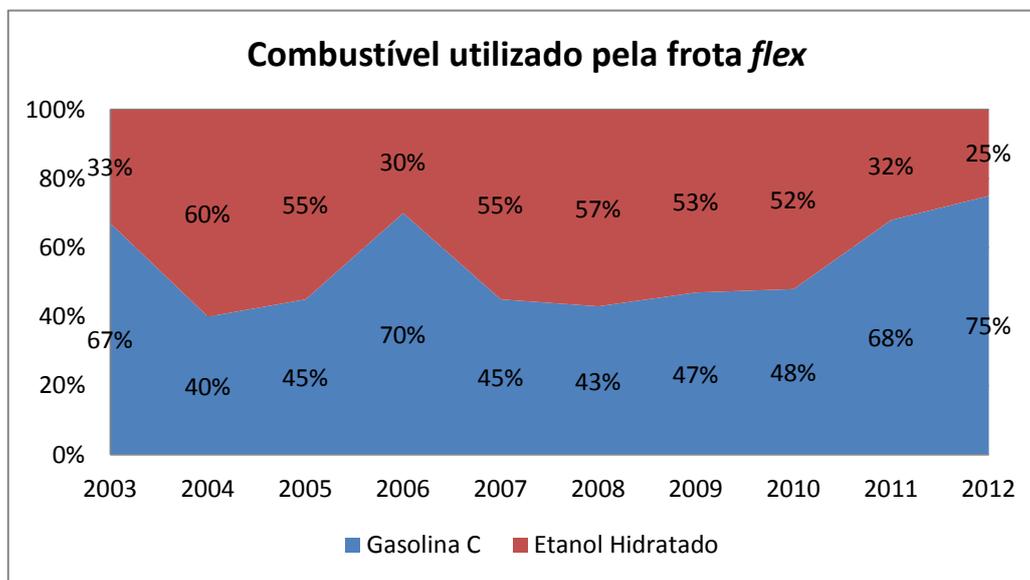
Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que, especialmente a partir de 2010, houve um decréscimo acentuado na eficiência dos veículos a gasolina. Tal movimento pode ter ocorrido porque, à medida que os veículos menores (de motorização de até 2000 cm<sup>3</sup>) foram cada vez mais adotando o motor *flex*, os veículos movidos exclusivamente a gasolina passaram a ocupar o nicho de veículos maiores (em geral acima de 2000 cm<sup>3</sup>) e menos eficientes (em termos de km/l). Por outro lado, em 2006 as vendas de veículos flex já superavam 80% do total (frente a pouco mais de 50% em 2005) e, em 2007, representavam mais de 90%. Com isso, é difícil creditar tal queda de eficiência de veículos a gasolina em função da migração da frota para modelos *flex*, posto que essa mudança já estava concretizada desde 2006-2007. Em geral, a eficiência dos veículos movidos exclusivamente a gasolina foi relativamente inconstante no período disposto na Figura 3.7. Veículos *flex*, por sua vez, apresentaram uma melhoria de eficiência relativamente constante a partir de 2010, sejam eles movidos a gasolina ou a etanol.

As eficiências a partir de 2013 são objeto da cenarização adotada nesse trabalho e descrita em detalhes na Seção 3.2.

Dado que o usuário de um veículo *flex* possui poder de escolha sob o combustível a utilizar, outra premissa do modelo é a parcela da frota *flex* que utiliza etanol. MMA (2011, 2014) foi utilizado como fonte de dado no período 2003-2012 e, a partir daí,

assumiu-se que não haveria alteração nesse perfil de escolha, inclusive no período de projeção. Grande parte do período disposto na Figura 3.8 a seguir, em que mais de 50% do combustível utilizado foi etanol, reflete condições de mercado bastante distintas das encontradas atualmente, nas quais o preço do etanol desvantajoso para o consumidor em grande parte dos estados brasileiros.



**Figura 3.8: Combustível utilizado pela frota flex**

Fonte: Elaboração própria a partir de MMA (2011, 2014).

Por fim, a intensidade de uso foi utilizada como variável de calibração do modelo e, por isso, não foi baseada em nenhuma referência. Detalhes a respeito da calibração e o motivo da utilização da intensidade de uso nesse processo são apresentados na seção seguinte.

### 3.1.5 Calibração do modelo

A calibração de um modelo consiste em um problema de otimização cujo objetivo é minimizar a distância entre o valor observado e o valor modelado, conforme disposto na Equação 3-7 (CIUFFO; PUNZO; MONTANINO, 2012):

#### Equação 3-7: Função objetivo de calibração do modelo energético

$$\min_{\alpha, \beta, \gamma} f(\text{Valor}_{\text{observado}}, \text{Valor}_{\text{modelado}})$$

Em que  $f()$  é uma função que mede a distância entre os valores observados e modelados; e  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são parâmetros do modelo a serem ajustados, que podem ou não

estar sujeitos a restrições. No caso de modelos energéticos, valores observados são existentes somente para o passado; assim, a comparação é realizada com dados históricos.

A especificação do problema de otimização depende de uma série de fatores, como (CIUFFO; PUNZO; MONTANINO, 2012):

- i. A qualidade dos dados de *input* do modelo;
- ii. Os parâmetros a calibrar;
- iii. As restrições adotadas; e
- iv. A função utilizada para medir a distância entre valores observados e modelados (a medida de “*goodness of fit*”, em inglês).

Os itens (i) e (ii) da lista foram tratados em conjunto. Conforme foi descrito na Seção 3.1.3, modelos energéticos *bottom-up* no setor de transporte dependem essencialmente de quatro principais variáveis: (1) vendas de veículos novos; (2) sucateamento da frota circulante; (3) intensidade de uso (ou quilometragem percorrida anualmente); e (4) eficiências veiculares. Todas essas variáveis possuem fontes de informação que podem ser utilizadas na construção do modelo. Dessa forma, a decisão do parâmetro a calibrar está intrinsecamente ligada à qualidade dos dados de *input*, já que a variável a calibrar deve ser selecionada de acordo com a confiabilidade dos dados.

Entre as quatro variáveis-chave, o mais confiável é provavelmente a venda de veículos novos, fornecida pela ANFAVEA (2014b). A eficiência média dos veículos em um dado ano é, por definição, um dado menos confiável que o primeiro, pois a eficiência individual de cada veículo deve ser ponderada pelas vendas, havendo assim um segundo dado passível de erro. Ainda assim, a existência do PROCONVE, do PECO (para os modelos mais antigos) e de outras publicações da área automobilística que serviram de base às informações do MMA (2011, 2014), permite uma razoável confiabilidade desses dados. Com isso, o sucateamento da frota circulante e a intensidade de uso são forçosamente as variáveis sujeitas a maiores incertezas.

Conforme abordado na Seção 3.1.3, a curva de sucateamento advém do ajustamento de uma função matemática a uma pesquisa realizada pelo IBGE em 1988 (MCT, 2006) – certamente um dado sujeito a uma incerteza significativa, especialmente por causa da defasagem dos dados.

Por outro lado, não há um estudo realizado a nível nacional que levante a intensidade de uso como dado primário<sup>53</sup> e ela foi utilizada como variável de ajuste em outros inventários rodoviários que poderiam ser utilizados como referência, a exemplo de MMA (2011, 2014). Haveria pouco sentido, portanto, em usar a intensidade de uso calibrada por outros autores em uma calibração da curva de sucateamento<sup>54</sup>. Optou-se assim, por utilizar a intensidade de uso como variável de ajuste.

Para a conveniência da calibração, a intensidade de uso pode ser descrita como uma função matemática. Diferentes autores adotam funções variadas, com diferentes justificativas teóricas. A premissa generalizadamente difundida é que há uma correlação entre a renda do proprietário e a idade do veículo e, por sua vez, haveria também uma correlação entre a renda do proprietário e a intensidade de uso do veículo. Assim, a maior parte dos autores estabelece uma correlação negativa entre a idade do veículo e seu uso.

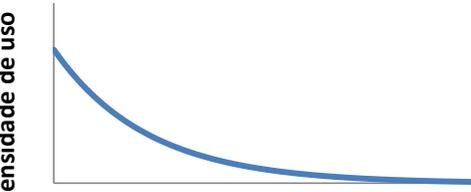
As funções testadas e referências consultadas nesse trabalho para a obtenção de intensidades de uso estão resumidas na Tabela 3.1. Os parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $t_0$  de cada curva foram as variáveis ajustadas na calibração;  $Vkm$  representa veículo-quilômetro (quanto cada veículo percorre num dado ano).

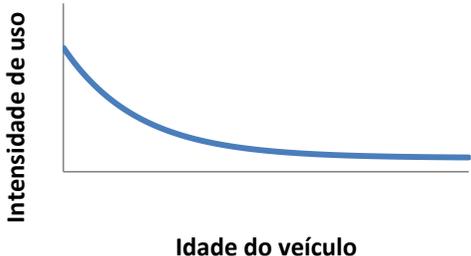
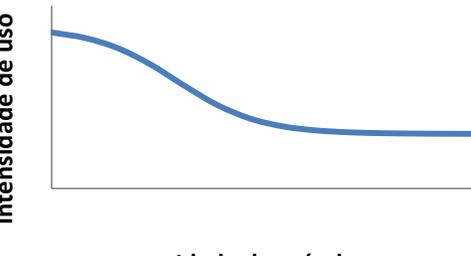
---

<sup>53</sup> CETESB (2013) realizou um levantamento de dados primários para a cidade de São Paulo. Embora seja, possivelmente, o melhor dado primário disponível a respeito da intensidade de uso no Brasil, utilizar a cidade de São Paulo como referência para todo o Brasil não parece razoável devido a diversas peculiaridades da cidade.

<sup>54</sup> Vale comentar que essa possibilidade foi testada. Todavia, o modelo permite uma calibração muito limitada se a curva de sucateamento for a única variável utilizada e o erro resultante, mesmo após a calibração, permaneceu elevado.

**Tabela 3.1: Modelos de intensidade de uso em diferentes referências**

Autor	Função matemática utilizada	Forma da função	Forma da função	Justificativa teórica
MMA (2011, 2014)	Função linear	$\begin{aligned} \text{Se idade} < t \\ Vkm &= \alpha + \beta \cdot \text{idade} \\ \\ \text{Se idade} \geq t \\ Vkm &= \gamma \end{aligned}$		<p>Para os autores, há uma relação linear entre o uso do veículo e sua idade, à medida que proprietários de maior renda vendem a propriedade do veículo aos de menor renda. Porém, essa função matemática engloba também a possibilidade de não haver nenhuma relação entre a idade do veículo e seu uso (caso <math>\beta = 0</math>). MMA (2011, 2014) utiliza uma descontinuidade na função – depois de um determinado tempo, a intensidade de uso do veículo torna-se constante.</p>
MIT (2008)	Função exponencial	$Vkm = \alpha \cdot e^{-\beta \cdot \text{idade}}$		<p>Nesse caso, <math>\alpha</math> é a distância percorrida por um veículo novo e o uso do veículo cai a uma taxa anual igual a <math>\beta</math>, convergindo para 0 em idades suficientemente elevadas.</p>

Autor	Função matemática utilizada	Forma da função	Forma da função	Justificativa teórica
Adaptado de MIT (2008)	Função exponencial	$Vkm = \alpha \cdot e^{-\beta \cdot idade} + \gamma$		<p>Esse formato permite maior flexibilidade à função exponencial. Parte da premissa que, mesmo que caia a uma taxa constante, o veículo pode nunca deixar de ser usado (enquanto funcional, o automóvel é utilizado, conquanto possa ser sucateado). Para idades elevadas, seu uso anual converge ao valor de <math>\gamma</math>. Cabe destacar que essa possibilidade engloba a anterior, no caso em que <math>\gamma</math> seja nulo.</p>
Elaboração própria	Função logística	$Vkm = \left(1 - \frac{1}{\alpha + e^{-\beta(idade-t_0)}}\right) \cdot \gamma$		<p>A curva logística permite um decréscimo menos acentuado nos primeiros anos do veículo (possivelmente no primeiro proprietário), que se acentua e posteriormente suaviza, convergindo para um valor inferior. Nesse modelo, <math>\gamma</math> é aproximadamente a intensidade de uso de um veículo novo; <math>t_0</math> é o ponto de inflexão da curva; <math>\beta</math> mede a velocidade de alteração na intensidade de uso próximo a <math>t_0</math>; e <math>\alpha</math> está relacionado ao patamar inferior de uso para o qual veículos de maior idade convergem.</p>

Fonte: Elaboração própria

Todas as funções apresentadas na Tabela 3.1 foram testadas na calibração do modelo e foi adotada a que permitiu melhor ajuste aos dados históricos.

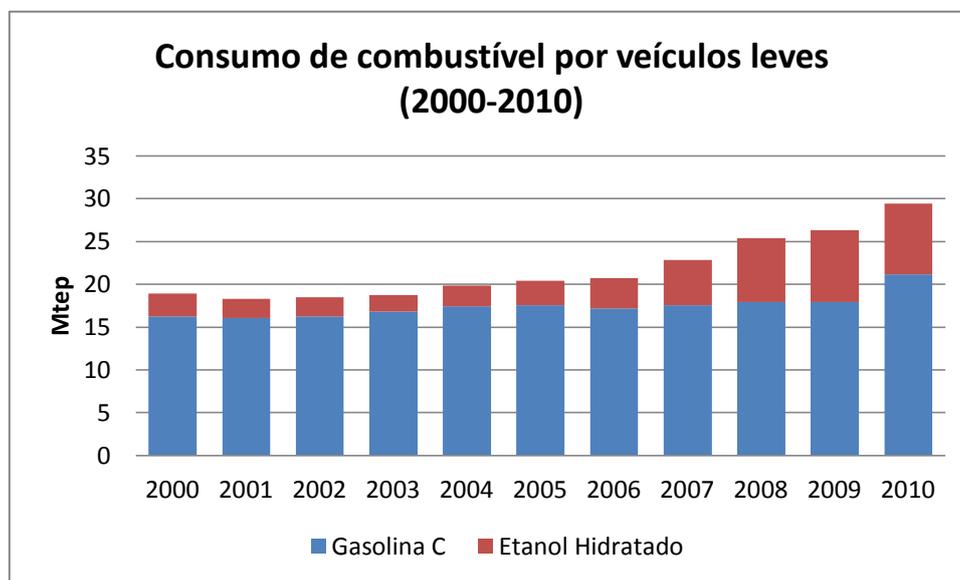
Uma vez determinadas as funções a serem testadas, deve-se definir a medida de ajustamento do modelo à série histórica. A medida mais largamente utilizada é o erro quadrático, que consiste na soma do quadrado da diferença entre os valores modelados e os valores observados (CIUFFO; PUNZO; MONTANINO, 2012). O erro quadrático é o estimador-base da técnica de mínimos quadrados, e trata-se do melhor parâmetro a utilizar em modelos lineares. Segundo Ciuffo *et al.* (2012), não haveria motivos adicionais para utilizar o erro quadrático ao invés de outras medidas em um modelo de transporte (que não é linear). Na opinião dos autores, medidas normalizadas como a raiz do erro quadrático médio normalizado (REQMN, ou NRMSE na sigla em inglês - *normalised root mean square error*) são as mais indicadas para modelos não-lineares (CIUFFO; PUNZO; MONTANINO, 2012). A REQMN possui ainda a vantagem de não penalizar tão fortemente os erros quanto o erro quadrático e isso impede que poucos anos com maior (ou menor) demanda de energia dominem o erro geral e a calibração do modelo (VAN RUIJVEN *et al.*, 2009). Por esses motivos, a REQMN, cujo cálculo está detalhado na Equação 3-8 (VAN RUIJVEN *et al.*, 2009; CIUFFO; PUNZO; MONTANINO, 2012), foi a medida de ajustamento de curvas adotada na calibração:

**Equação 3-8: Raiz do erro quadrático médio normalizado**

$$REQMN = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T \left(\frac{P_t - O_t}{O_t}\right)^2}{T}}$$

Onde  $P_t$  representa o valor projetado pelo modelo para o ano  $t$ ;  $O_t$  representa o valor efetivamente observado no ano  $t$ ; e  $T$  é o total de anos na série histórica que será comparada com o modelo. O REQMN fornece a porcentagem de desvio médio entre os resultados do modelo e a série de dados (VAN RUIJVEN *et al.*, 2009). Segundo Van Ruijven *et al.* (2009), um limite de 10% pode ser estabelecido para o REQMN de forma que modelos com erros menores podem ser considerados uma adequada representação da realidade, embora os autores reconheçam a dificuldade em estabelecer um limite numérico tão preciso.

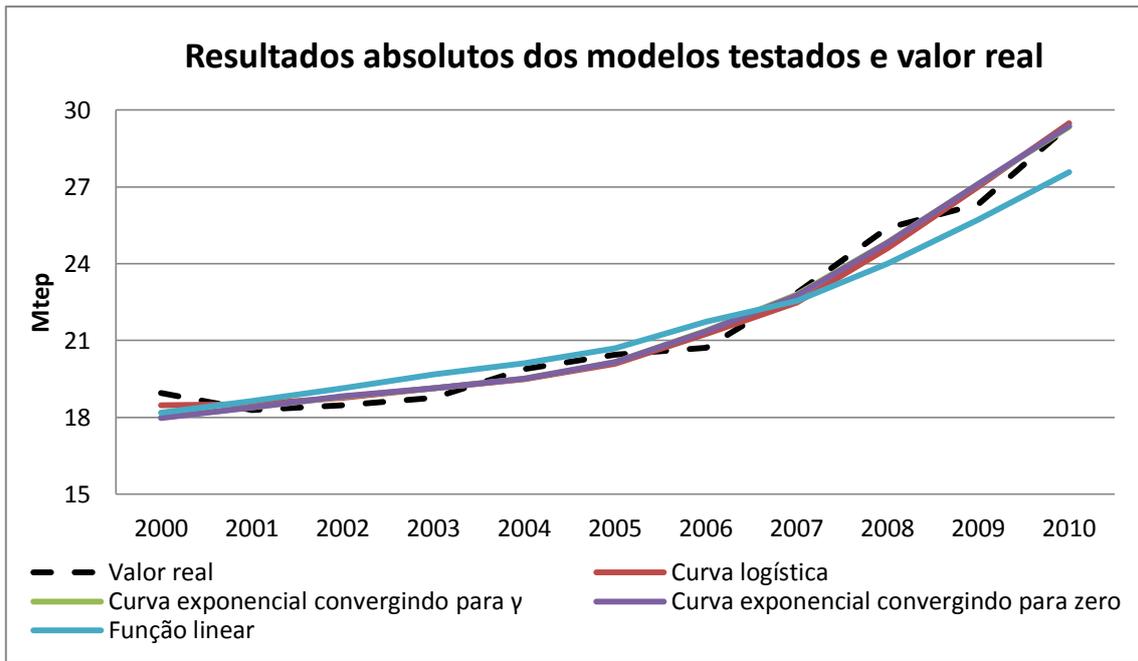
Os dados aos quais os resultados do modelo foram comparados foram extraídos de EPE (2012) e estão dispostos na Figura 3.9. É importante destacar que, por simplificação, o modelo foi calibrado somente com base no consumo total de combustível em Mtep, e não discriminado entre gasolina C e etanol hidratado, pois isso geraria dificuldades com a medida de “*goodness of fit*”, que em geral avalia apenas uma variável (no caso, o consumo total de combustível no período 2000-2010).



**Figura 3.9: Consumo de combustível por veículos leves (2000-2010) - dados utilizados na calibração do modelo**

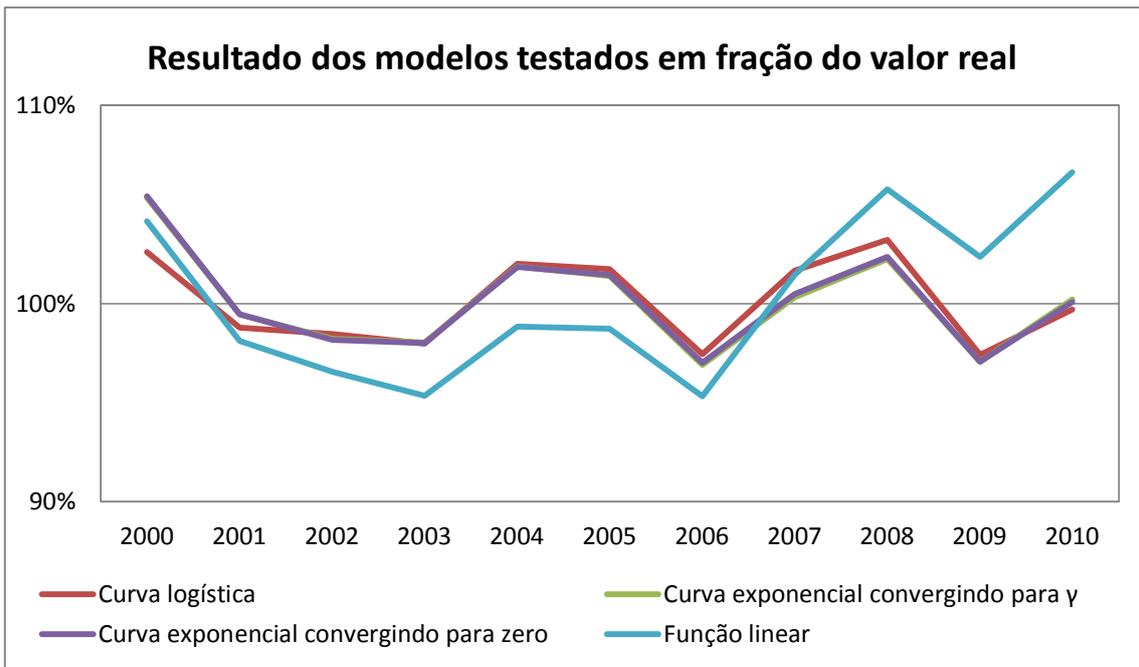
Fonte: Adaptado de EPE (2012).

Utilizou-se o suplemento Solver do *software* Excel na aplicação do modelo de otimização descrito anteriormente na Equação 3-7, sendo a função objetivo minimizar a REQMN de cada modelo proposto ajustando os parâmetros das funções matemáticas de intensidade de uso. Todos os modelos utilizados apresentaram ajustes razoáveis aos dados e erros relativamente baixos, se comparados ao limiar de 10%. A Figura 3.10 apresenta a comparação entre os diferentes modelos em valores absolutos e a Figura 3.11 em valores relativos à série histórica. Por fim, a Tabela 3.2 indica a REQMN e o valor dos parâmetros calibrados para cada curva testada.



**Figura 3.10: Resultados absolutos dos modelos testados e valor real**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 3.11: Resultados dos modelos testados em fração do valor real**

Fonte: Elaboração própria.

**Tabela 3.2: Resumo da calibração dos modelos de intensidade de uso testados**

Função matemática	REQMN	Parâmetros calibrados
Curva logística	2,09%	$\alpha = 1,526$ $\beta = 0,8$ $\gamma = 34.903$ $t_0 = 4,326$
Curva exponencial convergindo para $\gamma$	2,39%	$\alpha = 0,131$ $\beta = 23.535$ $\gamma = 6.935$
Curva exponencial convergindo para zero	2,41%	$\alpha = 0,081$ $\beta = 30.430$
Função linear	3,68%	$\alpha = 0$ $\beta = 18.702$ $\gamma = 18.702$ $t = 28,5$

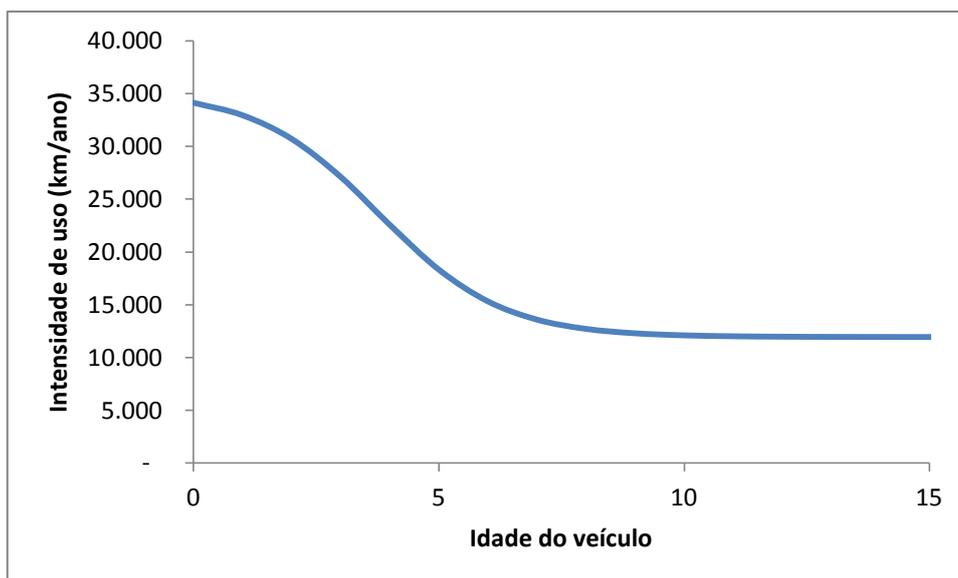
Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que a função logística foi a que apresentou o menor erro dentre os modelos utilizados, com um resultado cerca de 13% menor que o erro das curvas exponenciais e 45% menor que o da função linear. Curiosamente, o formato da função linear que apresentou melhor ajuste aos dados não implica em uma redução gradual do uso do veículo com o aumento de sua idade, o que não era esperado do ponto de vista teórico e nem se verificou nos demais modelos de curva (todos os demais apresentaram algum decréscimo no uso do automóvel com o tempo). Porém, a curva linear apresenta erros maiores, especialmente nos últimos anos da calibração.

Com isso, a intensidade de uso utilizada no presente trabalho foi o resultado da calibração da curva logística, ilustrada na Equação 3-9 e na Figura 3.12:

**Equação 3-9: Intensidade de uso adotada na modelagem energética**

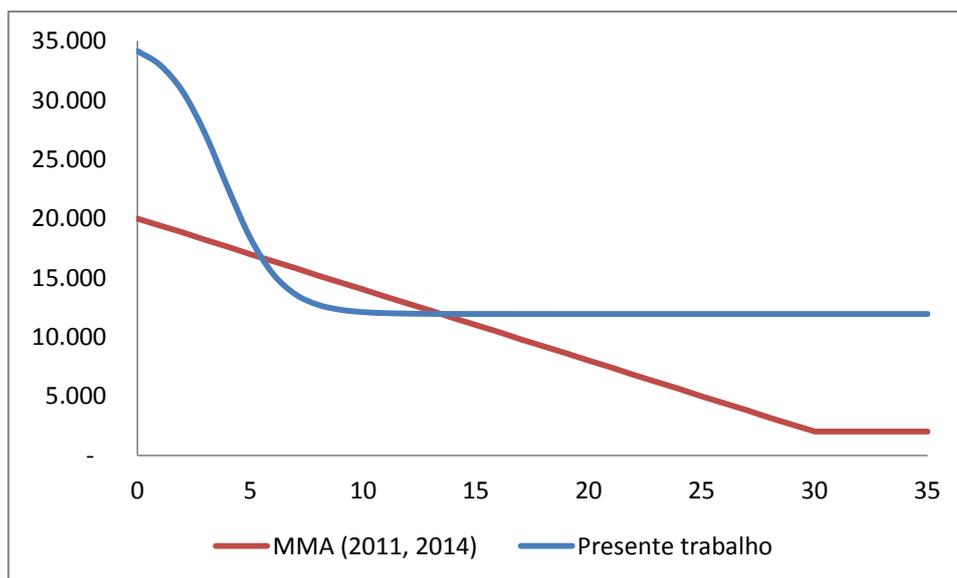
$$V_{km}(\text{idade}) = \left(1 - \frac{1}{1,526 + e^{-0,8 \cdot (\text{idade} - 4,326)}}\right) \cdot 34.903$$



**Figura 3.12: Intensidade de uso adotada na modelagem energética**

Fonte: Elaboração própria.

Esse resultado parece difere significativamente daquele utilizado em MMA (2011, 2014), cuja intensidade de uso inicia-se em 20.000 km/ano e decresce linearmente até alcançar 2.000 km/ano no trigésimo ano de uso do veículo. Nesse trabalho, a intensidade de uso é inicialmente mais alta, porém decresce rapidamente e após o quinto ano é ligeiramente mais baixa que a do MMA (2011, 2014), situação que permanece até o décimo teiceiro ano. A Figura 3.13 compara as intensidades de uso do presente trabalho e aquelas utilizadas em MMA (2011, 2014):



**Figura 3.13: Comparação entre intensidades de uso - presente trabalho e MMA (2011, 2014)**

Fonte: Elaboração própria.

Nos anos iniciais, há diferenças razoáveis entre as duas curvas, apesar de haver certa compensação posteriormente. Até o 13º ano, a intensidade de uso acumulada desse trabalho é, em média, pouco menos de 20% superior àquela do MMA (2011, 2014). Alguns dos motivos para essa diferença são a utilização de uma base de dados de vendas e eficiência ligeiramente diferentes e, talvez principalmente, o uso de metodologia e dados históricos (tanto em termos de valores quanto em termos de horizonte temporal) diferentes na calibração do modelo<sup>55</sup>. Principalmente nos veículos mais antigos, as duas intensidades diferem de forma mais acentuada; no entanto, essa diferença é minorada pelo sucateamento dos veículos mais antigos.

### 3.2 Elaboração de cenários

Para que possa haver diferentes opções de políticas de eficiência veicular, é necessário criar e modelar diferentes cenários que representem as diferentes alternativas de política. Nesse trabalho, são avaliados quatro cenários, além de uma linha de base.

A linha de base foi definida como um cenário de “*business as usual*”, ou seja, a ausência de políticas governamentais incisivas para o aumento da eficiência de

<sup>55</sup> MMA (2011, 2014) não detalha como foi realizada a calibração do modelo.

veículos<sup>56</sup>. O primeiro cenário, por sua vez, é uma política de comando e controle baseada no Inovar-Auto – ou seja, um aumento mandatório da eficiência de veículos<sup>57</sup>. De modo a explorar melhor as políticas de comando e controle, o segundo cenário também se baseia em um aumento mandatório de eficiência, porém com base na política europeia, mais audaciosa. O terceiro cenário envolve uma política de mercado e avalia a instituição de um *feebate*. O quarto e último cenário representa uma política de taxação de veículos ineficientes.

Entre os cenários, variam apenas o nível de vendas, no caso do *feebate* e da taxação, como efeito de alteração no preço dos veículos, e a eficiência média dos veículos, como reflexo das políticas em si. Todos os demais aspectos da modelagem energética são os mesmos, como já descritos na Seção 3.1.

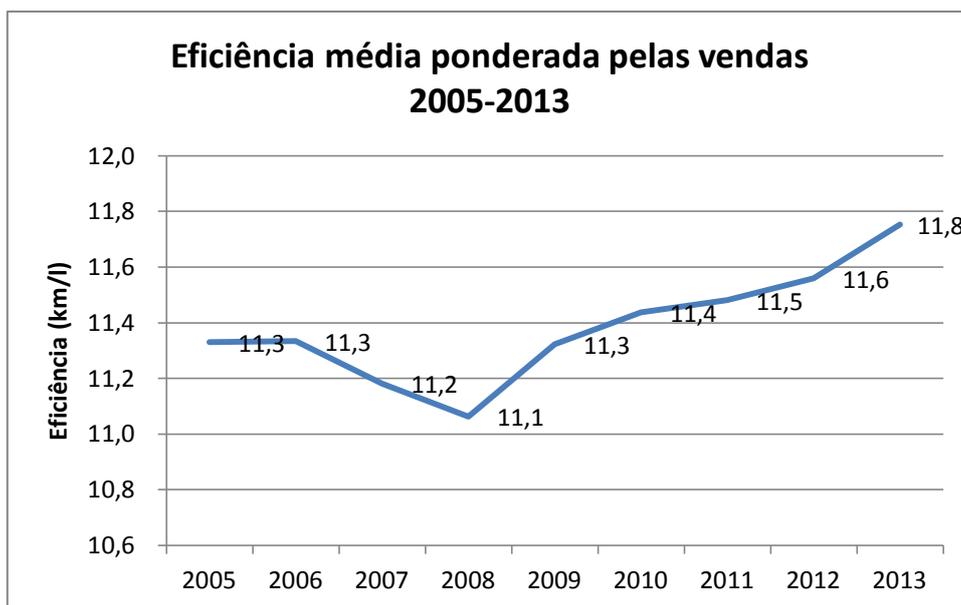
### **3.2.1 Linha de base**

A adoção de um valor de aumento na eficiência por todo o horizonte de projeção na ausência de qualquer política é uma tarefa sujeita a certa incerteza. Para tal, cabe analisar os dados históricos dispostos na Figura 3.14 para compreender o desempenho passado da indústria e assim conjecturar a respeito de seu futuro:

---

<sup>56</sup> Esse cenário permite a existência de um programa como o PBE Veicular – na realidade, até pressupõe a existência do PBE, já que os dados de eficiência foram baseados no período de 2005 a 2013 (o PBE Veicular foi criado em 2009).

<sup>57</sup> Conquanto a adesão ao Inovar-Auto seja facultativa, devido à diferença de isenção fiscal entre participar e não participar no Inovar-Auto, a habilitação ao programa pode ser considerada uma política mandatória.



**Figura 3.14: Eficiência média ponderada pelas vendas: 2005-2013**

Fonte: Elaboração própria.

É possível observar que houve algum progresso na eficiência média no período de 2005-2013, que foi de 11,3 km/l a 11,8 km/l. Entretanto, houve um decréscimo no período de 2005 a 2008 e um acréscimo no período 2008-2013, o que torna difícil afirmar que essa é uma tendência duradoura e não dependente de fatores específicos a esses anos. Se, por exemplo, diferentes períodos forem adotados, diferentes aumentos anuais na eficiência seriam obtidos, como indica a Tabela 3.3:

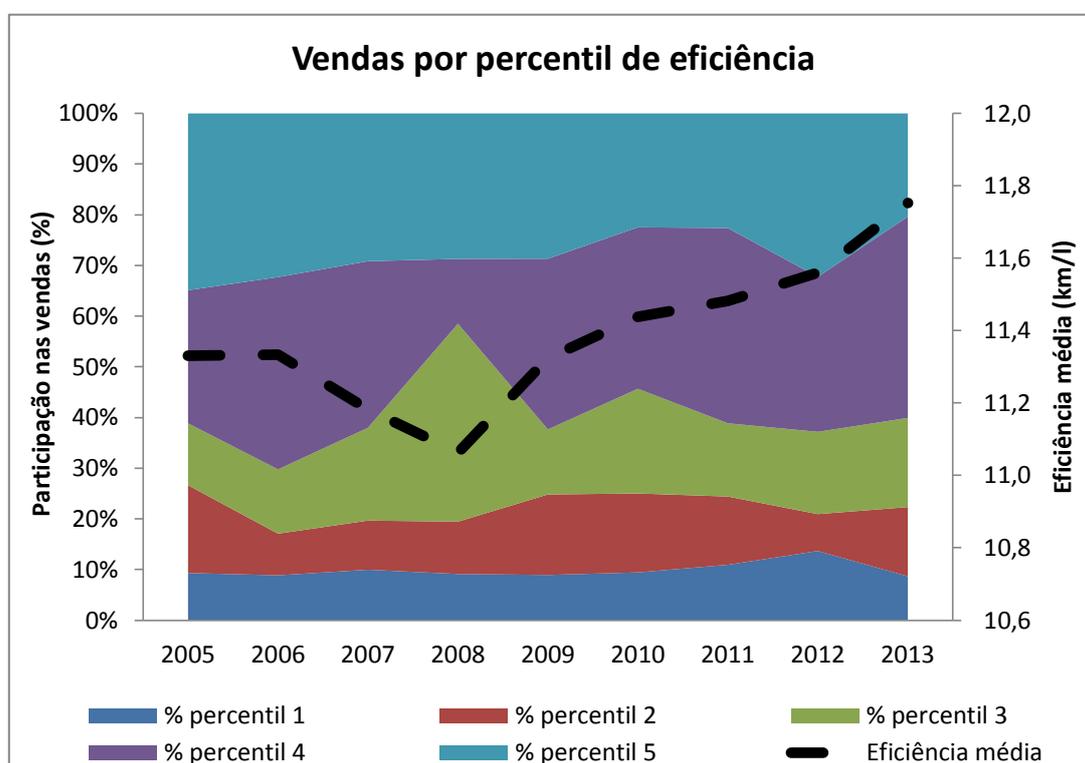
**Tabela 3.3: Aumento anual calculado de eficiência média ponderada pelas vendas em função do período-base adotado**

Período adotado	Aumento anual de eficiência
2005-2008	-0,8%
2005-2009	0%
2005-2013	0,46%
2008-2013	1,22%

Fonte: Elaboração própria.

Ressalta-se que tais aumentos anuais de eficiência da Tabela 3.3 foram calculados com base na Figura 3.14 e tratam da eficiência média em km/l somente. Caso, por exemplo, a eficiência dos motores tenha aumentado e os veículos tenham se tornado mais pesado, tal aumento de eficiência dos motores não se refletiria em um aumento da quilometragem por litro.

Isso ocorre porque a eficiência média ponderada pelas vendas depende fortemente do perfil de vendas. Para avaliar esse perfil no período de 2005-2013, as vendas foram divididas em cinco percentis em função da eficiência, isto é, do menos eficiente (percentil 1) ao mais eficiente (percentil 5). Com essa divisão, os percentis 1 e 2 estão abaixo da mediana de eficiência; o percentil 3 representa a mediana; e os percentis 4 e 5 estão acima da mediana (são os mais eficientes). A Figura 3.15 apresenta o percentual das vendas em cada percentil, em conjunto com a eficiência média em cada ano.



**Figura 3.15: Vendas por percentil de eficiência**

Fonte: Elaboração própria.

Conclui-se assim que a eficiência média nesse período foi fortemente afetada pelo perfil de vendas, tanto em seu máximo quanto seu mínimo. 2008, ano em que a eficiência atingiu seu valor mínimo, foi também o ano em que os percentis mais eficientes tiveram

a menor participação nas vendas globais. Apesar de o ano de 2013 ter apresentado a maior eficiência média ponderada pelas vendas, os dois percentis menos eficientes somavam 22% nesse ano, enquanto totalizavam 27% em 2005.

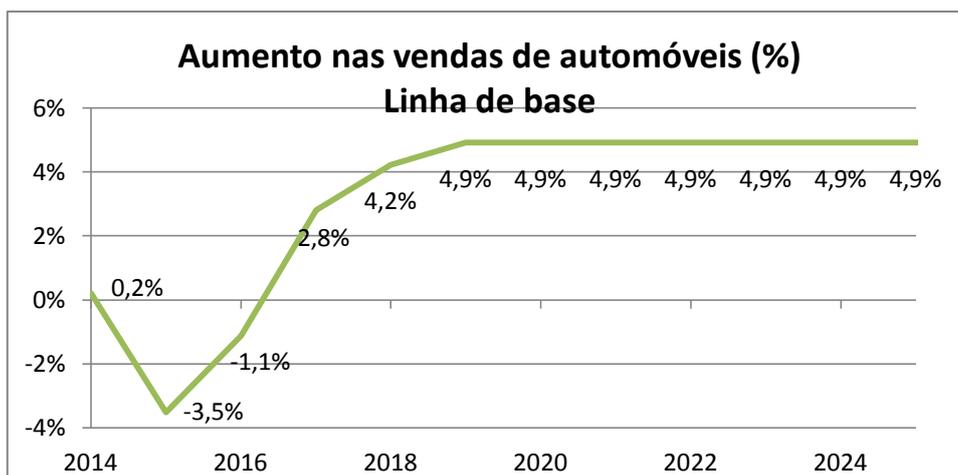
Em resumo, a conclusão que se pode retirar dessas informações é que, embora possa ter havido certo progresso na eficiência geral dos veículos, é questionável se ele ocorreu por conta de fatores ligados à melhoria na eficiência dos veículos. Face a essa incerteza, não seria aconselhável adotar um aumento constante na eficiência dos veículos na ausência de políticas de eficiência.

Em linha com essa afirmação, não foi adotada nenhuma variação na eficiência média dos veículos ao longo do tempo na linha de base. Em suma, a premissa é que, havendo progresso tecnológico e adoção de tecnologias eficientes, eles são compensados por um aumento em outras características do veículo que reduzem sua eficiência, como tamanho ou peso.

Quanto às vendas totais, elas seguem a metodologia descrita na Seção 3.1.4: sua variação é o produto da elasticidade-renda pelo PIB. A participação de veículos *flex* nas vendas foi mantida igual a 2013 (aproximadamente 95% dos novos veículos são *flex*)<sup>58</sup>. A Figura 3.16 e a Figura 3.17 expõem os resultados:

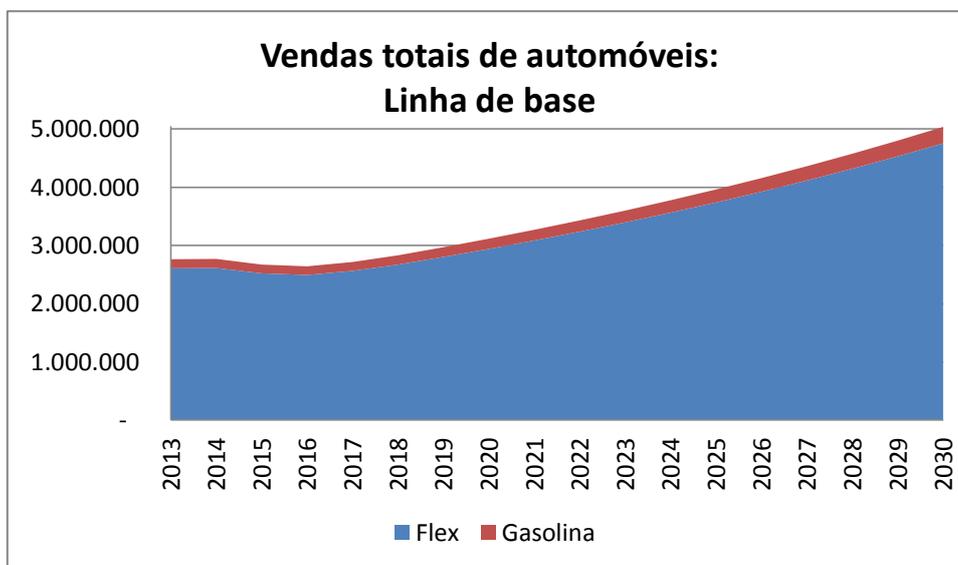
---

<sup>58</sup> A conversão de veículos para o uso de GNV foi desconsiderada por conta das incertezas associadas à relação entre a eficiência a GNV e à etanol/gasolina após a adoção de medidas de eficiência.



**Figura 3.16: Aumento nas vendas na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 3.17: Vendas totais de automóveis na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.

### 3.2.2 Cenário 1 – Política de comando e controle baseada no Inovar-Auto

No cenário 1 de política de comando e controle, o incremento de eficiência foi baseado na política do Inovar-Auto conforme delineada pela ABDI (2013a). A proposta legislativa do Inovar-Auto não apresenta uma linha de base, o que impossibilita o cálculo do incremento anual de eficiência decorrente da política. Já a ABDI apresenta uma linha de base em 2011, conforme disposto na Figura 3.18 (ABDI, 2013a):

METAS	Autonomia km/l		Consumo energético -MJ/KM	Incremento de eficiência energética(%)
	Gasolina (E22)	Etanol (E100)		
Linha de base - 2011	14,00	9,71	2,07	
Meta para habilitação	15,93	11,04	1,82	12,08%
Meta para redução de 1 pp no IPI - 2017	16,57	11,48	1,75	15,46%
Meta para redução de 2 pp no IPI - 2017	17,26	11,96	1,68	18,84%

**Figura 3.18: Metas do Inovar-Auto, segundo a ABDI**

Fonte: ABDI (2013a).

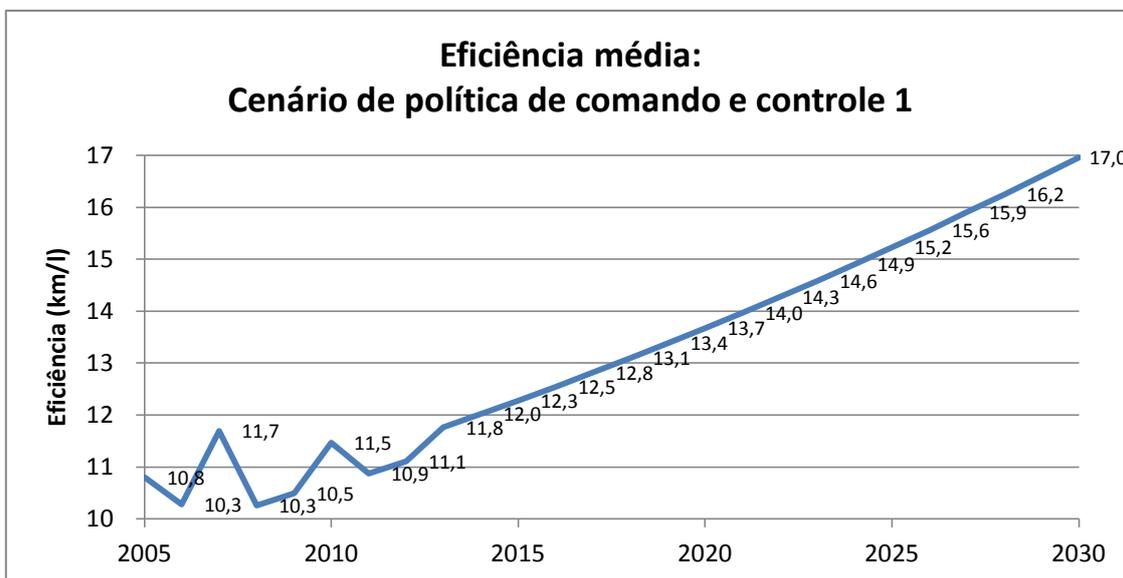
Vale ressaltar que os valores de eficiência da Figura 3.18 são superiores aos verificados em condições reais, por serem apurados com base em condições de teste. Para calcular o valor próximo a condições reais, deve-se usar um deflator, conforme metodologia da Portaria Inmetro nº 377/2011 (INMETRO, 2011)<sup>59</sup>. O dado extraído e extrapolado para o cenário de política de comando e controle foi o incremento médio de eficiência calculado a partir dos dados da ABDI (2013a), de 2,2% a.a. (de 14 km/l para 15,93 km/l em um intervalo de seis anos). Em geral, as políticas de comando e controle – japonesa, europeia e americana – assumem um intervalo de cinco anos entre metas<sup>60</sup>. A EPA (2012c) julga que esse seja um intervalo de tempo razoável para que os fabricantes de veículos renovem, em termos de projeto, todos os modelos de automóveis a venda para incorporar mudanças tecnológicas. Ainda que possivelmente a maior parte das tecnologias de eficiência seja adotada próximo à data em que a meta deve ser atingida, assumiu-se um aumento constante ao longo dos anos, sem “saltos” de cinco em cinco anos. Essa abordagem é coerente, por exemplo, com a política de *phasing-in* da União Europeia.

Dessa forma, o incremento de eficiência foi aplicado continuamente à frota a partir de 2013, até 2030 (vide Figura 3.19). A premissa implícita é de que haveria uma contínua

<sup>59</sup> Se aplicado o deflator mencionado nos valores da tabela, o resultado, no caso da gasolina, seria de 10,9 km/l na linha de base em 2011 e 12,2 km/l como a meta de habilitação do Inovar-Auto em 2017. Como a ABDI (2013a) não detalha como foi calculado o valor da linha de base em 2011 e a eficiência calculada no âmbito desse trabalho adotou a média ponderada pelas vendas dos 50 modelos de veículos mais vendidos no ano de 2011 (uma metodologia bastante acurada, já que representam aproximadamente 90% da frota), não é possível comparar as duas eficiências para avaliar qual seria mais adequada. Usou-se como base, portanto, o valor calculado por esse trabalho, de 11,5 km/l para o ano de 2011.

<sup>60</sup> A mais recente meta europeia é definida para um intervalo de seis anos, a ser atingida em 2021, mas foi originalmente estabelecida para 2020 (intervalo de cinco anos) e adiada posteriormente.

renovação da política de comando e controle, sendo ela substituída constantemente por outra que gerasse o mesmo resultado em termos percentuais. Outra premissa subjacente é a de que a política de comando e controle seria 100% efetiva – todas as montadoras atenderiam à meta, apesar de que nenhuma delas a excederia. A Figura 3.19 apresenta os dados de eficiência a gasolina considerados. No caso da eficiência a etanol, ela foi mantida como um percentual constante da eficiência a gasolina, calculado com base em dados de 2013 e igual a aproximadamente 70%.



**Figura 3.19: Eficiência média de veículos a gasolina: cenário de política de comando e controle 1**

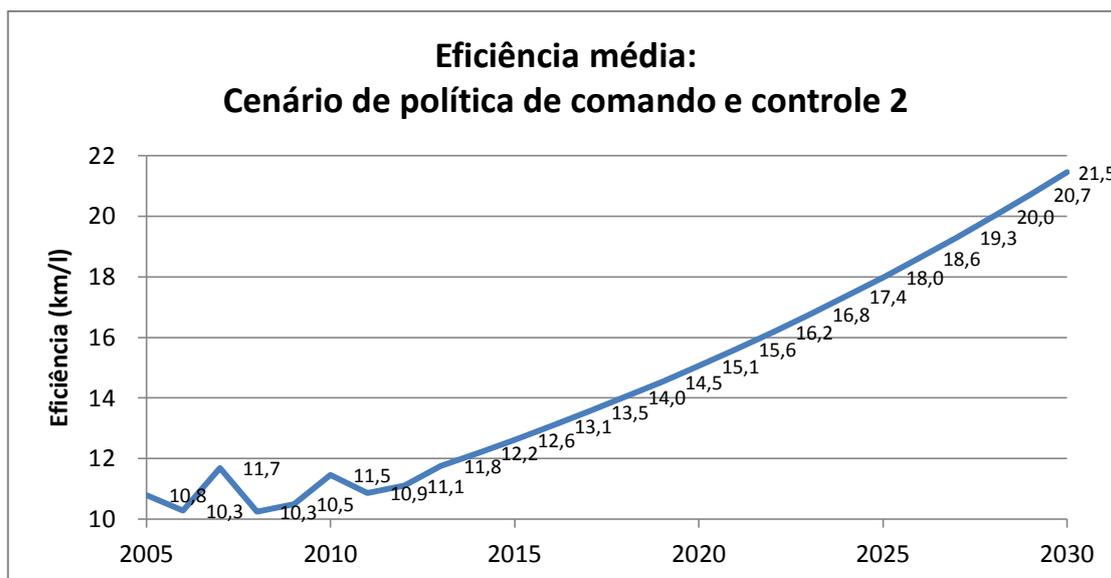
Fonte: Elaboração própria.

Diferentemente do *feebate* e da taxaço, esse cenário de política não entra no mérito do perfil de vendas. Haja mudança no perfil de vendas ou não, a eficiência resultante é a disposta na Figura 3.19. Já a quantidade total de vendas evolui da mesma forma que na linha de base.

### 3.2.3 Cenário 2 – Política de comando e controle baseada na meta europeia

O segundo cenário de comando e controle segue a mesma lógica do Cenário 1, com uma ligeira alteração na meta de eficiência. Como foi explicado, o Cenário 1 se baseia em metas do Inovar-Auto, enquanto este cenário se baseia na meta europeia. A meta europeia de 2021, conforme visto na Figura 2.33, enseja um aumento de eficiência de 3,6% ao ano (ICCT, 2014b). Assim, tendo como base a eficiência da frota brasileira em

2013 e aplicando um aumento anual de 3,6%, o resultado pode ser observado na Figura 3.20, que é a eficiência desse cenário. Os demais aspectos são idênticos ao Cenário 1.



**Figura 3.20: Eficiência média de veículos a gasolina: cenário de política de comando e controle 2**

Fonte: Elaboração própria.

### 3.2.4 Cenário 3 – *Feebate*

*Feebates* possuem duas formas de incentivar a eficiência da frota de veículos: (1) alterar o perfil de vendas para maior participação de veículos eficientes; e (2) sinalizar aos fabricantes o custo marginal da eficiência energética e compensá-los caso melhorem a eficiência de seus veículos (ICCT, 2010). Ambos esses efeitos foram quantificados nesse cenário.

Para quantificar o impacto do *feebate* no perfil de vendas, é necessário saber a elasticidade-preço da demanda, definida como a variação percentual nas vendas decorrente de uma variação percentual no preço:

#### Equação 3-10: Elasticidade-preço da demanda

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta q/q}{\Delta p/p}$$

Se for assumido que a função de demanda possui o formato de uma função Cobb-Douglas, ela teria o formato da Equação 3-11 (VARIAN, 2010):

### **Equação 3-11: Função de demanda Cobb-Douglas**

$$Q(A, B) = k \cdot A^\alpha \cdot B^\beta$$

Em que  $Q$  é a quantidade demandada do bem em questão;  $k$  é uma constante;  $A$  e  $B$  são fatores que influenciam a quantidade demandada;  $\alpha$  é a elasticidade de  $A$  em relação a  $Q$ ; e  $\beta$  é a elasticidade de  $B$  em relação a  $Q$ . É razoável assumir que o preço seja um dos principais determinantes da quantidade demandada e, logo, pode-se substituir a variável  $A$  por  $P$ , representando o preço. Por ora, a variável  $B$  será mantida da mesma forma. A equação assim assume o formato de:

### **Equação 3-12: Função de demanda Cobb-Douglas – preço**

$$Q(P, B) = k \cdot P^\alpha \cdot B^\beta$$

Onde  $P$  é o preço do bem em questão, o que faz de  $\alpha$  a elasticidade-preço da demanda desse bem. É possível linearizar essa expressão e realizar uma regressão linear para calcular o valor de  $\alpha$  (que é o objetivo dessa análise). Substituindo  $B$  por  $D$ , por questões de notação, e tomando-se o logaritmo natural de ambos os lados da equação, de modo análogo ao realizado com a elasticidade renda da demanda, tem-se:

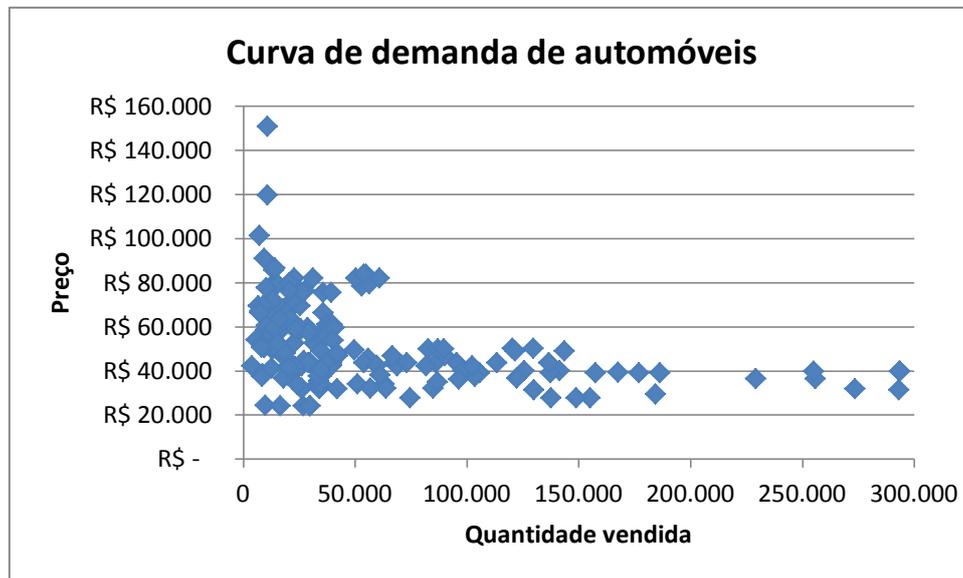
### **Equação 3-13: Função de demanda Cobb-Douglas – preço**

$$\ln Q = \ln k + \alpha \ln P + \beta \ln D + \varepsilon$$

Em que  $D$  é uma variável *dummy*; e  $\varepsilon$  é um termo de erro. Conforme a teoria da regressão linear, caso toda a variação de  $Q$  esteja explicada pelas variáveis da regressão ( $P$  e  $D$ , no caso), à exceção de um erro aleatório, o termo  $\varepsilon$  (também chamado de variação residual de  $Q$ , no caso) deve possuir distribuição normal, média zero e desvio padrão constante (COSTA NETO, 2002). Por meio da regressão linear, podem ser estimados os parâmetros  $\ln k$ ,  $\alpha$  e  $\beta$ .

Os dados que serviram de base ao modelo de regressão foram as vendas dos 50 modelos de veículos mais vendidos nos anos de 2010 a 2013 e seus respectivos preços, convertidos a reais de 2012. Os 50 modelos mais vendidos foram obtidos com base na FENABRAVE e seus preços de venda foram obtidos na base de dados *online* Carros na

Web (2015)<sup>61</sup>. Como nem todos os veículos tinham suas informações disponibilizadas na base de dados utilizada, a amostra englobou 182 observações. Foram inseridas variáveis *dummy* em apenas dois modelos de veículos que, por algum motivo desconhecido, tiveram baixa aceitação pelo mercado e apresentaram um nível de vendas baixo apesar de possuírem um preço baixo. A Figura 3.21 apresenta os dados utilizados na curva de demanda que serviu de base ao cálculo da elasticidade-preço da demanda



**Figura 3.21: Curva de demanda de automóveis leves utilizada no cálculo da elasticidade-preço da demanda**

Fonte: Elaboração própria. Dados de preço obtidos em Carros na Web (2015) e vendas obtidos em FENABRAVE (2015).

A regressão obteve um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,29 e seus resultados estão resumidos na Tabela 3.4:

---

<sup>61</sup> Conforme já foi mencionado, enquanto a FENABRAVE informa o modelo apenas como “Palio”, há fichas técnicas disponíveis para “Palio Fire”, “Palio Economy”, “Palio Attractive”, “Palio ELX” e diversos outros. Para o cálculo do preço do modelo “Palio”, usou-se a média de todos esses modelos descritos em maior detalhe.

**Tabela 3.4: Resultados do cálculo da elasticidade-preço da demanda**

Variável	Resultado	Valor-p
$\ln k$	28,45	$5,98 \cdot 10^{-29}$
$\alpha$ (elasticidade-preço)	-1,66	$6,64 \cdot 10^{-15}$
$\beta$	-1,73	$1,86 \cdot 10^{-05}$

Fonte: Elaboração própria.

A elasticidade-preço calculada foi de aproximadamente -1,66, o que significa, a título de exemplo, que um aumento de 10% no preço do veículo geraria uma queda de 16,6% em suas vendas.

Apesar de não ter obtido um coeficiente de determinação elevado, o valor-p de cada uma das variáveis analisadas foi extremamente baixo. Um baixo  $R^2$  significa que o modelo de regressão não é tão bom para prever a variável dependente (o preço do veículo), enquanto um baixo valor-p indica que a variável calculada é estatisticamente significativa e possui relevância na determinação da variável dependente, ainda que outros fatores também sejam relevantes (COLTON; BOWER, 2015). Considerando que o objetivo da regressão nesse trabalho é o cálculo da elasticidade-preço da demanda ( $\alpha$ ), o valor-p é a informação mais importante a ser extraído do modelo, e seu valor pequeno (estatisticamente significativo ao nível de 5%, já que o valor-p é inferior a 0,05) indica adequação da regressão a seu objetivo.

Com relação às hipóteses do modelo de regressão, os resíduos apresentaram soma aproximadamente igual a zero<sup>62</sup> e foi realizado o teste de Jarque-Bera para testar a hipótese de normalidade desses resíduos, o qual também se mostrou estatisticamente significativo ao nível de significância de 5%. Adicionalmente, foram realizados os testes de Anderson-Darling e Kolmogorov-Smirnov para testar se os resíduos se adequavam a uma curva normal e todos eles foram estatisticamente significativos ao nível de 5%. Detalhes a respeito desses testes estão descritos no Anexo III, e um detalhamento dos dados utilizados encontra-se no Anexo IV.

---

<sup>62</sup> O valor foi de  $6,2 \cdot 10^{-14}$ .

Quanto ao segundo efeito de um *feebate*, de sinalizar aos fabricantes o custo marginal da eficiência energética e compensá-los caso melhorem a eficiência de seus veículos, seus impactos dependem do custo marginal definido pelo *feebate*. Frente a isso, três questões metodológicas se colocam:

- i. Definição de quando começar a aplicar o *feebate*;
- ii. Definição do valor do custo marginal determinado pelo *feebate*;
- iii. Se a taxa do *feebate* deveria aumentar de valor ao longo horizonte de modelagem, em quanto e em qual ritmo.

Por coerência com os cenários de política de comando e controle, que assume, já em 2014, um aumento de eficiência decorrente da política, o *feebate* também é instituído em 2014 nesse cenário.

Em relação ao segundo ponto, o melhor embasamento possível seria com base em experiências existentes e, conforme discutido na Seção 2.4.3.1, o programa francês é o que mais se aproxima de um *feebate* ideal, conforme definido pelo ICCT (2010). A taxa definida pelo programa é de aproximadamente US\$ 29 por grama de CO<sub>2</sub> por km (US\$ / (g CO<sub>2</sub>/km)), em dólares de 2011, ou o equivalente a R\$ 1.618 por litros por 100 quilômetros (R\$/(L/100km))<sup>63,64</sup>, em reais de 2012.

Definido o custo marginal da eficiência, é possível determinar o formato da curva de *feebate* e o impacto da taxação sobre o perfil de vendas. A única variável restante a ser definida, que deve ser calculada em função das demais, é a eficiência *benchmark* (ponto onde não há nenhuma taxação ou abatimento – veículos mais eficientes que o *benchmark* recebem abatimentos; menos eficientes recebem taxas). Esse cálculo foi realizado para o ano de 2013 e está resumido na Equação 3-14:

---

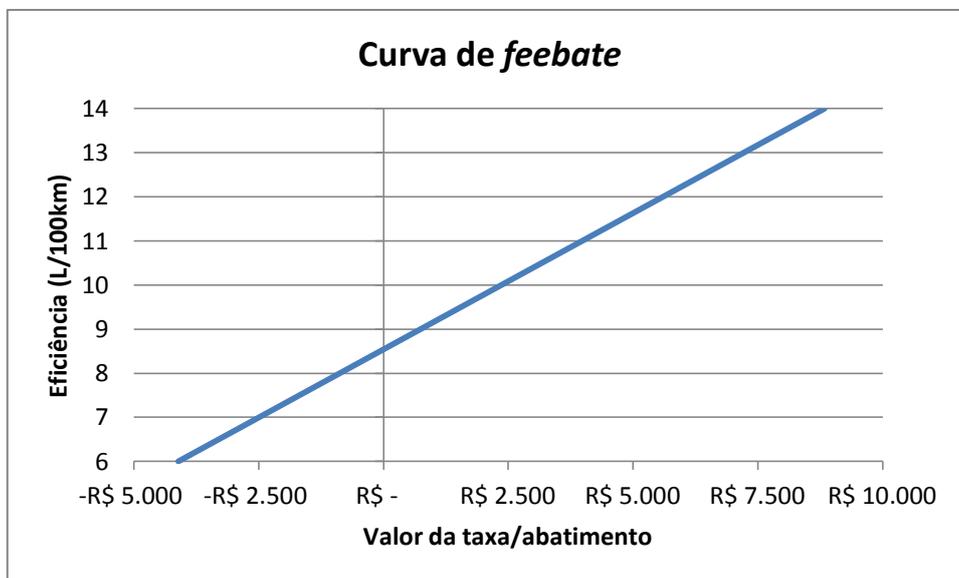
<sup>63</sup> Calculado considerando inflação do dólar de 2% de 2011 a 2012 (BLS, 2015) e câmbio de R\$ 2,027 por dólar em julho de 2012 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015).

<sup>64</sup> Diferentemente do restante da dissertação, aqui optou-se por utilizar a métrica de litros por 100 quilômetros porque ela possui a mesma lógica de gramas de CO<sub>2</sub> por quilômetro, isto é, consumo de energia dividido pela distância. A métrica de quilômetros por litro segue a lógica inversa e, por isso, a conversão entre essas unidades não é linear e assim a taxa, em reais por quilômetro por litro (R\$/(km/L)), não seria constante.

### Equação 3-14: Cálculo da eficiência *benchmark*

$$\sum_i^{48} (1.618 \cdot (\text{Benchmark} - \text{Eficiência}_i)) \cdot \text{Vendas}_i = 0$$

Onde  $i$  é o veículo em questão, de um total de 48 veículos em 2013<sup>65</sup>; *Benchmark* é a eficiência *benchmark*, variável a ser calculada; *Eficiência<sub>i</sub>* é a eficiência do veículo  $i$ ; e *Vendas<sub>i</sub>* são as vendas do veículo  $i$ . Os dados utilizados nos cálculos, incluídos vendas, eficiências, variações de preço e total de taxas/abatimentos (por veículo, visto que a soma das taxas e abatimentos é nula) estão exibidos no Anexo V. O *benchmark* calculado aplicando-se a Equação 3-14 foi de 8,54 L/100 km. O *benchmark* é uma variável fundamental para determinar o impacto no perfil de vendas. Isso porque veículos menos eficientes que o *benchmark* são taxados e mais eficientes recebem um abatimento, conforme se vê na Figura 3.22, que ilustra a curva de *feebate*:



**Figura 3.22: Curva de *feebate* com custo marginal de 1.618 R\$/(L/100km)**

Fonte: Elaboração própria.

A curva possui um formato ascendente devido a medida de eficiência utilizada (L/100km). Com essa medida, quanto maior o valor apurado, menos eficiente é o veículo e maior a sua taxa.

---

<sup>65</sup> Não foram utilizados todos os 50 veículos mais vendidos por indisponibilidade de dados de eficiência para todos eles.

De um total de 48 veículos analisados, 28 receberam uma taxa, enquanto os demais 20 receberam um abatimento em seu preço. Visto que a elasticidade-preço da demanda foi calculada em 1,66, é possível aferir o impacto do *feebate* no perfil de vendas, calculando-se o valor individual da taxa em cada veículo, seu impacto no preço e então aplicando a elasticidade. Esses cálculos estão ilustrados na Tabela 3.5.

**Tabela 3.5: Impacto do *feebate* no perfil de vendas**

#	Eficiência a gasolina (L/100km)	Vendas em 2013	Preço médio (R\$ 2012)	Valor da taxa por veículo	Preço pós-taxa (R\$ 2012)	Δ% preço com taxa	Δ% vendas com taxa	Vendas pós-taxa	Total de taxa (com alteração de vendas)
1	10,8	10.512	R\$ 54.225	R\$ 3.615	R\$ 57.840	6,7%	-11,1%	9.349	R\$ 33.793.615
2	10,5	23.451	R\$ 58.950	R\$ 3.223	R\$ 62.173	5,5%	-9,1%	21.324	R\$ 68.722.103
3	10,5	9.562	R\$ 91.106	R\$ 3.138	R\$ 94.244	3,4%	-5,7%	9.016	R\$ 28.290.425
4	10,3	9.060	R\$ 69.613	R\$ 2.788	R\$ 72.401	4,0%	-6,6%	8.458	R\$ 23.583.814
5	10,3	10.931	R\$ 119.900	R\$ 2.777	R\$ 122.677	2,3%	-3,8%	10.511	R\$ 29.189.242
6	10,0	22.464	R\$ 72.150	R\$ 2.390	R\$ 74.540	3,3%	-5,5%	21.229	R\$ 50.747.070
7	10,0	23.036	R\$ 41.942	R\$ 2.350	R\$ 44.292	5,6%	-9,3%	20.894	R\$ 49.100.926
8	10,0	10.385	R\$ 77.790	R\$ 2.322	R\$ 80.112	3,0%	-5,0%	9.871	R\$ 22.917.079
9	9,9	41.983	R\$ 48.000	R\$ 2.222	R\$ 50.222	4,6%	-7,7%	38.759	R\$ 86.110.423
10	9,7	54.103	R\$ 83.843	R\$ 1.937	R\$ 85.780	2,3%	-3,8%	52.029	R\$ 100.761.370
11	9,7	26.525	R\$ 75.544	R\$ 1.924	R\$ 77.468	2,5%	-4,2%	25.404	R\$ 48.873.690
12	9,7	20.825	R\$ 76.318	R\$ 1.853	R\$ 78.171	2,4%	-4,0%	19.986	R\$ 37.028.000
13	9,7	14.350	R\$ 86.807	R\$ 1.830	R\$ 88.637	2,1%	-3,5%	13.848	R\$ 25.341.172
14	9,6	13.878	R\$ 85.712	R\$ 1.732	R\$ 87.444	2,0%	-3,4%	13.413	R\$ 23.232.984
15	9,6	13.785	R\$ 59.341	R\$ 1.702	R\$ 61.043	2,9%	-4,8%	13.129	R\$ 22.349.623
16	9,6	129.825	R\$ 50.295	R\$ 1.673	R\$ 51.968	3,3%	-5,5%	122.661	R\$ 205.163.926
17	9,5	102.514	R\$ 42.295	R\$ 1.542	R\$ 43.837	3,6%	-6,0%	96.314	R\$ 148.487.021
18	9,5	9.542	R\$ 50.540	R\$ 1.489	R\$ 52.029	2,9%	-4,9%	9.075	R\$ 13.516.732
19	9,4	8.187	R\$ 50.647	R\$ 1.424	R\$ 52.071	2,8%	-4,7%	7.805	R\$ 11.117.907
20	9,4	40.407	R\$ 53.797	R\$ 1.374	R\$ 55.172	2,6%	-4,2%	38.694	R\$ 53.180.053
21	9,3	7.531	R\$ 66.361	R\$ 1.296	R\$ 67.657	2,0%	-3,2%	7.287	R\$ 9.445.994
22	9,2	29.048	R\$ 43.840	R\$ 1.005	R\$ 44.845	2,3%	-3,8%	27.943	R\$ 28.094.660
23	9,1	15.554	R\$ 52.606	R\$ 951	R\$ 53.557	1,8%	-3,0%	15.087	R\$ 14.352.625
24	9,1	59.685	R\$ 42.579	R\$ 924	R\$ 43.503	2,2%	-3,6%	57.535	R\$ 53.184.480
25	9,1	16.324	R\$ 63.505	R\$ 864	R\$ 64.370	1,4%	-2,3%	15.955	R\$ 13.788.225
26	9,0	30.120	R\$ 43.790	R\$ 811	R\$ 44.601	1,9%	-3,1%	29.194	R\$ 23.678.360
27	8,6	86.936	R\$ 35.058	R\$ 166	R\$ 35.224	0,5%	-0,8%	86.253	R\$ 14.324.387
28	8,6	74.647	R\$ 27.812	R\$ 76	R\$ 27.888	0,3%	-0,5%	74.309	R\$ 5.646.624
29	8,5	40.637	R\$ 59.688	-R\$ 66	R\$ 59.622	-0,1%	0,2%	40.711	-R\$ 2.677.157
30	8,5	177.014	R\$ 39.130	-R\$ 136	R\$ 38.993	-0,3%	0,6%	178.037	-R\$ 24.262.566
31	8,4	60.970	R\$ 82.183	-R\$ 155	R\$ 82.028	-0,2%	0,3%	61.161	-R\$ 9.468.700
32	8,4	122.333	R\$ 36.853	-R\$ 219	R\$ 36.634	-0,6%	1,0%	123.539	-R\$ 27.049.089

#	Eficiência a gasolina (L/100km)	Vendas em 2013	Preço médio (R\$ 2012)	Valor da taxa por veículo	Preço pós-taxa (R\$ 2012)	Δ% preço com taxa	Δ% vendas com taxa	Vendas pós-taxa	Total de taxa (com alteração de vendas)
33	8,4	61.301	R\$ 38.231	-R\$ 219	R\$ 38.012	-0,6%	1,0%	61.884	-R\$ 13.549.514
34	8,4	26.252	R\$ 32.163	-R\$ 256	R\$ 31.907	-0,8%	1,3%	26.599	-R\$ 6.809.475
35	8,4	157.702	R\$ 39.273	-R\$ 264	R\$ 39.009	-0,7%	1,1%	159.458	-R\$ 42.030.616
36	8,3	89.759	R\$ 50.035	-R\$ 341	R\$ 49.695	-0,7%	1,1%	90.773	-R\$ 30.931.467
37	8,3	255.057	R\$ 39.768	-R\$ 416	R\$ 39.352	-1,0%	1,7%	259.485	-R\$ 107.979.058
38	8,1	136.712	R\$ 43.837	-R\$ 761	R\$ 43.076	-1,7%	2,9%	140.652	-R\$ 107.092.146
39	8,1	129.927	R\$ 31.347	-R\$ 770	R\$ 30.577	-2,5%	4,1%	135.224	-R\$ 104.145.943
40	8,0	29.243	R\$ 57.550	-R\$ 833	R\$ 56.717	-1,4%	2,4%	29.945	-R\$ 24.945.110
41	7,9	20.730	R\$ 41.791	-R\$ 1.068	R\$ 40.722	-2,6%	4,2%	21.609	-R\$ 23.088.068
42	7,8	34.801	R\$ 40.790	-R\$ 1.166	R\$ 39.624	-2,9%	4,7%	36.451	-R\$ 42.489.791
43	7,8	27.236	R\$ 44.690	-R\$ 1.222	R\$ 43.468	-2,7%	4,5%	28.472	-R\$ 34.801.820
44	7,7	8.498	R\$ 52.132	-R\$ 1.406	R\$ 50.726	-2,7%	4,5%	8.878	-R\$ 12.482.506
45	7,6	24.255	R\$ 33.910	-R\$ 1.463	R\$ 32.447	-4,3%	7,2%	25.991	-R\$ 38.021.100
46	7,6	33.669	R\$ 37.758	-R\$ 1.524	R\$ 36.235	-4,0%	6,7%	35.924	-R\$ 54.743.639
47	7,3	29.911	R\$ 24.120	-R\$ 1.957	R\$ 22.163	-8,1%	13,5%	33.937	-R\$ 66.402.727
48	7,1	184.362	R\$ 29.459	-R\$ 2.266	R\$ 27.193	-7,7%	12,8%	207.892	-R\$ 471.052.038

**Total 2.565.539**

**2.581.954**

**R\$ 0,00**

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que a soma das taxas é igual a zero, conforme pretendido. Adicionalmente, é possível notar também que houve um ligeiro aumento nas vendas totais (0,64%). Isso ocorre porque, no Brasil, os veículos mais ineficientes são os mais caros e menos vendidos e os eficientes os mais baratos e mais vendidos. Consequentemente, a taxa do veículo ineficiente gera um aumento percentual de preço menor (em módulo) que a redução de preço (em módulo) proveniente do abatimento dado ao veículo eficiente. Com isso, as variações de vendas dos veículos eficientes suplantam a queda de vendas dos veículos ineficientes, causando um aumento nas vendas totais.

A autonomia ponderada pelas vendas em 2013, sem a instituição do *feebate*, foi de aproximadamente 11,75 km/l (8,51 L/100km). Com a instituição do *feebate*, ela se alteraria para 11,81 km/l (8,47 L/100km), um aumento de 0,44% ocorrido somente por conta da alteração no perfil de vendas. Esse aumento é, entretanto, inferior ao incremento nas vendas, de 0,64%. Como resultado, mesmo que a frota se torne mais eficiente por conta do *feebate*, o aumento de vendas faz com que, no curto prazo, essa eficiência seja compensada negativamente por maiores vendas, e assim aumenta o consumo energético.

Resta ainda responder ao item iii levantado anteriormente: se o *feebate* deveria aumentar de valor, quando e para quanto.

Mais uma vez por coerência com o cenário de comando e controle, faz sentido aumentar o valor do *feebate*, já que a meta da política de comando e controle é progressiva. Quando aumentá-la trata-se de uma questão de quanto tempo a indústria automobilística teria para se preparar a um aumento na taxa. Como foi mencionado, as políticas de comando e controle consideram um intervalo de cinco anos entre metas para que fabricantes possam incorporar as mudanças tecnológicas necessárias. Assim, foi assumido que cinco anos após a entrada em operação do *feebate*, haveria um aumento no valor da taxa.

Quanto ao valor de aumento, utilizou-se como referência o Reino Unido. Apesar de não ser um *feebate* propriamente dito, o Reino Unido possui taxas baseadas em eficiência e, como já indicado na Figura 2.34, sua taxa é aproximadamente igual a US\$ 41 por grama de CO<sub>2</sub> por quilômetro, em dólares de 2011, ou R\$ 2.288 por litros por 100 km, em reais de 2012. Dadas essas considerações, assumiu-se que em 2019 (cinco anos após o início do *feebate*), a taxa aumentaria para 2.288 R\$/(L/100km).

Com o valor do *feebate* e o momento de entrada em vigor da taxa definidos, é possível inferir como o programa impactaria a frota em termos de adoção de tecnologias eficientes. Para isso, foi revisitada a Tabela 2.10 de modo a calcular o custo marginal da eficiência de cada tecnologia e avaliar que tecnologias seriam adotadas a que valor de taxa. Essa abordagem assume que as montadoras seguem uma postura racional e implementariam tecnologias cujo custo marginal fosse inferior ao benefício fiscal que ganhariam com o *feebate* – ou seja, elas adotariam tecnologias com custo inferior a 1.618 R\$/(L/100km) a partir de 2014, e inferior a 2.288 R\$/(L/100km) a partir de 2019. Como esse custo marginal é aplicável a toda a frota, assumiu-se idealmente que toda a frota (ou seja, todos os novos veículos a venda) adotaria as tecnologias concomitantemente.

Contudo, como a adoção de tecnologias e adaptação de linhas de montagem é um processo que requer certo tempo (vide os cinco anos usuais de intervalo entre políticas de comando e controle), foi definida uma defasagem da adoção dessas tecnologias com o tempo, considerando que as mais vantajosas (em termos de custo marginal) seriam adotadas primeiramente. A Tabela 3.6 ilustra os cálculos e a data de entrada de cada

tecnologia. Os valores foram comparados em relação à eficiência média da frota em 2013 (11,75 km/l, ou 8,51 L/100km) e as tecnologias foram ordenadas pelo custo marginal de cada tecnologia individualmente. Nessa tabela, há três custos indicados. O primeiro deles, é o custo absoluto da tecnologia (coluna E). O segundo, denominado custo específico individual (coluna F), foi o critério adotado para ordenação e representa o custo caso a tecnologia em questão fosse a única, dentre as listadas, a ser adotada em um novo veículo. O terceiro (coluna G), denominado custo marginal, representa o custo caso a tecnologia fosse adotada após as tecnologias anteriores já terem sido adotadas. Quanto mais eficiente for a frota, mais custoso é aumentar sua eficiência e, por isso, o custo específico individual é sempre menor que o custo marginal – à exceção de antes da adoção da primeira tecnologia, momento em que tais custos são, por definição, iguais.

**Tabela 3.6: Custo, redução de consumo de combustível e data de adoção de tecnologias – cenário *feebate***

Ordem	Tecnologia	Redução de consumo de combustível (%)	Consumo energético (%)	Eficiência (L/100km)	Ganho de eficiência (L/100km)	Custo adicional por veículo (R\$ 2012)	Custo específico individual (R\$/ (L/100km))	CMg (R\$/ (L/100km))	Taxa que fomenta a entrada da tecnologia	Varição no preço do veículo	Ano de entrada da tecnologia
0	Nenhuma tecnologia adotada	0%	100%	8,47	-	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	-	-
1	Pneus com baixa resistência ao rolamento	3%	97%	8,22	0,25	R\$ 107	R\$ 420	R\$ 420	R\$ 1.618	-R\$ 305	2015
2	Design e uso de materiais de baixa fricção	2%	95%	8,05	0,16	R\$ 104	R\$ 616	R\$ 635	R\$ 1.618	-R\$ 466	2015
3	Melhorias aerodinâmicas	2%	93%	7,89	0,16	R\$ 152	R\$ 899	R\$ 946	R\$ 1.618	-R\$ 575	2016
4	Uso de componentes leves	2%	91%	7,73	0,16	R\$ 152	R\$ 899	R\$ 965	R\$ 1.618	-R\$ 678	2017
5	Melhorias no ciclo termodinâmico do motor	14%	79%	6,65	1,08	R\$ 1.219	R\$ 1.028	R\$ 1.126	R\$ 1.618	-R\$ 1.211	2018
6	Downsizing significativo	17%	65%	5,52	1,13	R\$ 1.584	R\$ 1.100	R\$ 1.401	R\$ 1.618 / R\$ 2.288	-R\$ 2.214	2019
7	Melhor isolamento térmico do motor	3%	63%	5,35	0,17	R\$ 305	R\$ 1.199	R\$ 1.840	R\$ 2.288	-R\$ 2.288	2021
8	Redução de fricção na transmissão	1%	63%	5,30	0,05	R\$ 152	R\$ 1.798	R\$ 2.845	-	-	-
9	Melhorias em sistemas auxiliares	5%	59%	5,04	0,27	R\$ 1.066	R\$ 2.518	R\$ 4.023	-	-	-
10	Redução de peso significativa	12%	52%	4,43	0,60	R\$ 3.047	R\$ 2.997	R\$ 5.042	-	-	-
11	Válvulas com acionamento variável	2%	51%	4,34	0,09	R\$ 701	R\$ 4.136	R\$ 7.906	-	-	-
12	Dupla embreagem	6%	48%	4,08	0,26	R\$ 2.133	R\$ 4.196	R\$ 8.185	-	-	-

Denominação de colunas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Fórmula de cálculo*	-	$B_{j-1} \cdot (1-A)$	$C_{j-1} \cdot B$	$C_{j-1} - C_j$	-	$C_1 \cdot B \cdot F$	$D / E$	-	$-(D \cdot H) + F + I_{j-1}$	-

Fonte: Elaboração própria a partir de IEA (2012a)<sup>66</sup>.

\*O termo j representa a linha em questão.

<sup>66</sup> A hibridização da frota não foi incluída nesse conjunto de medidas por ser uma medida cara, com custo marginal individual na faixa de 4.000 R\$ / (L/100km) e, além disso, sua adoção poderia alterar drasticamente os demais percentuais de redução no consumo energético.

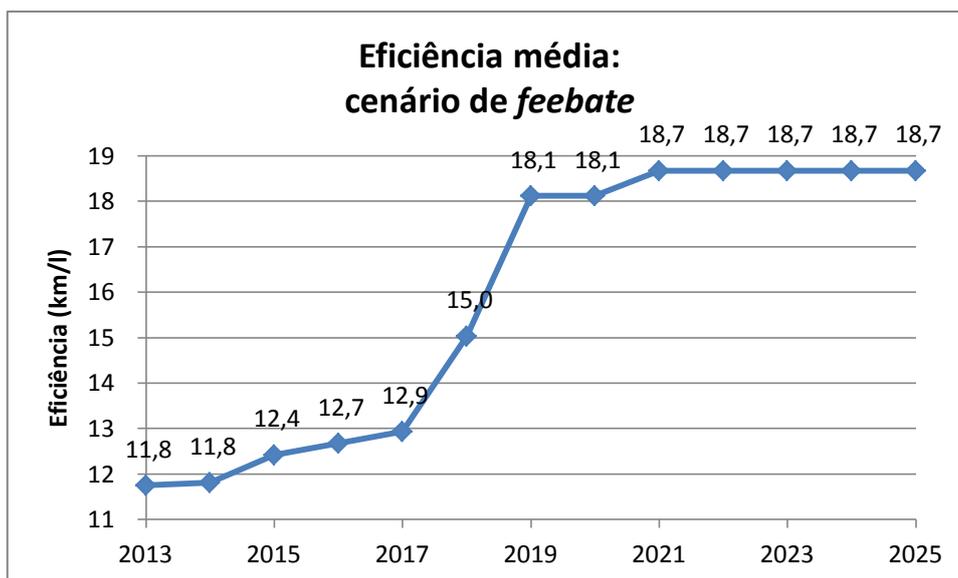
As tecnologias de 1 a 6 da Tabela 3.6 poderiam todas ser adotadas a um nível de taxação francês, de R\$ 1.618, em um veículo de eficiência média<sup>67</sup>. Ainda assim, adotou-se uma postura conservadora quanto à adoção das medidas, que ocorreria progressivamente. Em particular, a medida 6, de *downsizing* significativo, poderia haver certa resistência por parte das montadoras para implementá-lo e optou-se por adotar uma postura ainda mais conservadora. Um aumento na taxa seria mais um incentivo para a adoção do *downsizing*, e assim essa medida foi incluída somente quando a taxa é aumentada (considera-se que seria informado anteriormente aos fabricantes que haveria um aumento na taxa). Vale notar que, por simplificação, a comparação foi realizada com um veículo médio – tais medidas talvez não seriam tão vantajosas em veículos com eficiência maior, mas seriam mais vantajosas em veículos menos eficientes.

Por fim, com todas as premissas de eficiência detalhadas, a Figura 3.23 ilustra a eficiência média da frota movida a gasolina no cenário de *feebate*. Em 2014, a alteração de eficiência ocorre por conta da alteração no perfil de vendas decorrente da instituição do *feebate* e nos demais anos é um reflexo da Tabela 3.6, assumindo-se que todos os veículos da frota adotam as dadas tecnologias nos anos em questão<sup>68</sup>.

---

<sup>67</sup> Vale ressaltar que, apesar de que melhorias aerodinâmicas, na metodologia adotada, tenha sido uma das primeiras medidas adotadas pelas montadoras, esse comportamento é questionável. Em primeiro lugar porque o design de novos modelos veículos é demorado e, em segundo lugar, porque o design da maior parte dos veículos vendidos no Brasil é realizado na matriz e independe de uma política brasileira de eficiência energética (embora também haja políticas de eficiência energética nacionais na matriz dos principais fabricantes brasileiros).

<sup>68</sup> Por simplificação, foi desconsiderada a alteração no perfil de vendas que seria causado pelo aumento da taxa em 2019. Se fosse assumido que o perfil de vendas em 2019 seria o mesmo que o de 2013 e todos os veículos aumentariam a sua eficiência uniformemente, o impacto desse aumento na taxa na eficiência geral da frota, por meio de alteração no perfil de vendas, seria de 0,19% e parte desse aumento de eficiência seria compensado por um aumento na venda de veículos.

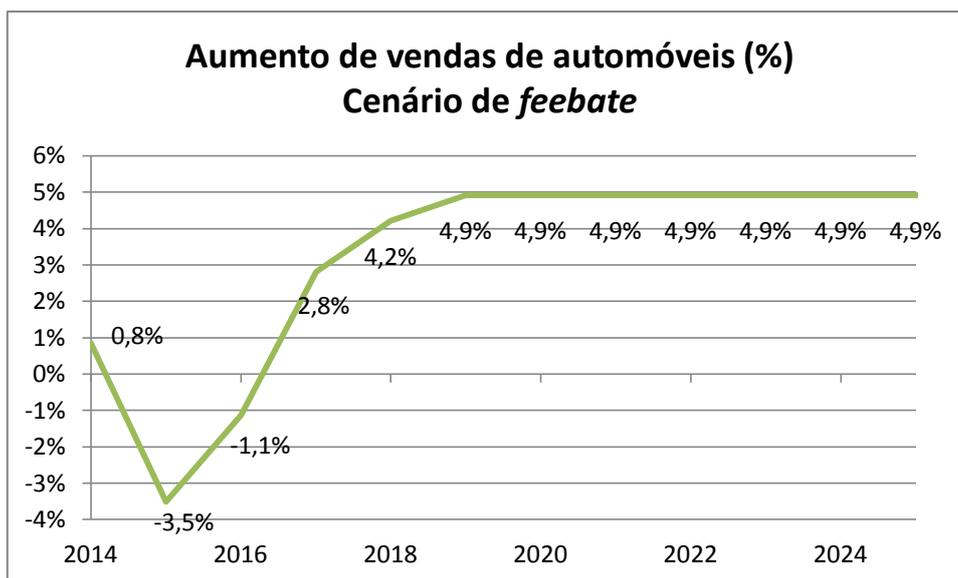


**Figura 3.23: Eficiência média dos veículos a gasolina: cenário de feebate**

Fonte: Elaboração própria.

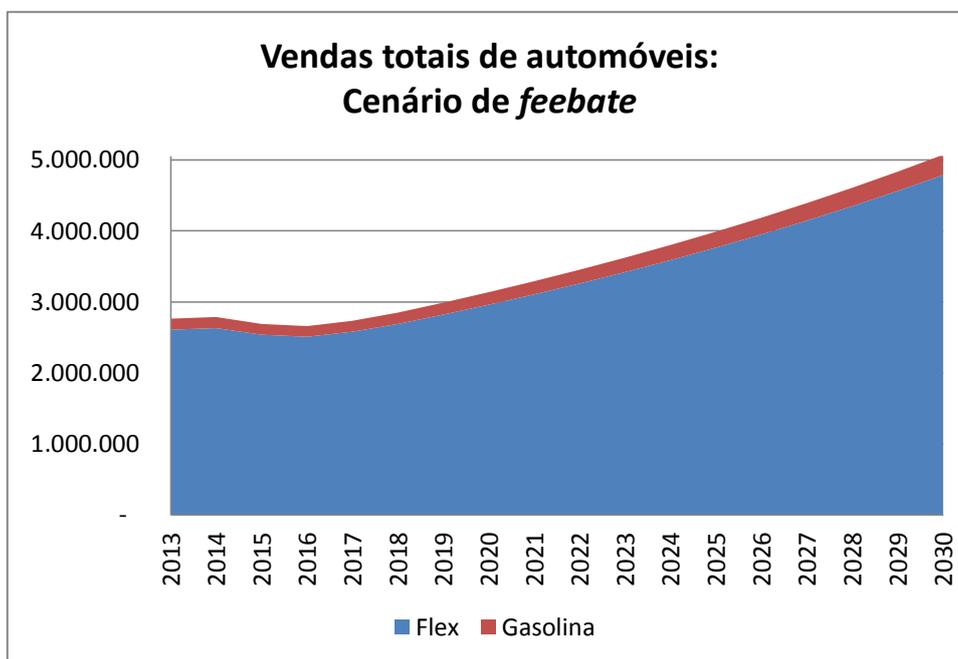
Da mesma forma que nos cenários de comando e controle, a eficiência dos veículos a etanol foi mantida em um percentual constante de aproximadamente 70% da eficiência a gasolina, calculada em função da relação entre essas variáveis (eficiência média da frota a etanol e a gasolina) em 2013.

Em relação ao aumento nas vendas, esse cenário assume a mesma variação nas vendas dos cenários anteriores, acrescida de um aumento de 0,64% em 2014 decorrente da alteração do perfil de vendas ocasionada pelo feebate. A Figura 3.24 e a Figura 3.25 ilustram os resultados:



**Figura 3.24: Aumento de vendas no cenário de feebate**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 3.25: Vendas totais de automóveis no cenário de feebate**

Fonte: Elaboração própria.

### 3.2.5 Cenário 4 – Taxação

O cenário de taxaçoão difere do *feebate* porque nenhum abatimento é fornecido. Não necessariamente a taxaçoão incide sobre todos os veículos – na política alemã, por

exemplo, a taxa incide somente em veículos cuja eficiência é inferior à da meta de eficiência energética da União Europeia. No cenário aqui elaborado, a opção foi por uma taxa mais radical baseada no cenário de *feebate*: os custos marginais de eficiência adotados foram os mesmos do cenário anterior (1.618 R\$/L/100km em 2014 e R\$ 2.288 em 2019). A principal diferença foi o *benchmark*, cujo valor adotado foi equivalente ao veículo mais eficiente na frota de 48 veículos analisados em 2013. Assim, no ano inicial, há somente um veículo no qual não incide taxa, e sobre todos os demais recai algum valor. O resultado dessa configuração de política no perfil de vendas está expresso na Tabela 3.7 e a curva de taxa pode ser observada na Figura 3.26.

**Tabela 3.7: Impacto da taxa no perfil de vendas**

# <sup>69</sup>	Eficiência a gasolina (l/100km)	Vendas em 2013	Preço médio (R\$ 2012)	Valor da taxa por veículo	Preço pós-taxa (R\$ 2012)	Δ% preço com taxa	Δ% vendas com taxa	Vendas pós-taxa	Total de taxa (com alteração de vendas)
1	10,8	10.512	R\$ 54.225	R\$ 5.880	R\$ 60.106	10,8%	-18,0%	8.620	R\$ 50.691.779
2	10,5	23.451	R\$ 58.950	R\$ 5.489	R\$ 64.439	9,3%	-15,4%	19.828	R\$ 108.829.099
3	10,5	9.562	R\$ 91.106	R\$ 5.404	R\$ 96.509	5,9%	-9,8%	8.621	R\$ 46.585.882
4	10,3	9.060	R\$ 69.613	R\$ 5.054	R\$ 74.667	7,3%	-12,0%	7.968	R\$ 40.274.832
5	10,3	10.931	R\$ 119.900	R\$ 5.043	R\$ 124.943	4,2%	-7,0%	10.168	R\$ 51.276.868
6	10,0	22.464	R\$ 72.150	R\$ 4.656	R\$ 76.806	6,5%	-10,7%	20.058	R\$ 93.398.234
7	10,0	23.036	R\$ 41.942	R\$ 4.616	R\$ 46.558	11,0%	-18,3%	18.829	R\$ 86.913.025
8	10,0	10.385	R\$ 77.790	R\$ 4.588	R\$ 82.378	5,9%	-9,8%	9.369	R\$ 42.979.989
9	9,9	41.983	R\$ 48.000	R\$ 4.488	R\$ 52.488	9,3%	-15,5%	35.470	R\$ 159.174.620
10	9,7	54.103	R\$ 83.843	R\$ 4.202	R\$ 88.046	5,0%	-8,3%	49.603	R\$ 208.456.667
11	9,7	26.525	R\$ 75.544	R\$ 4.190	R\$ 79.734	5,5%	-9,2%	24.084	R\$ 100.904.822
12	9,7	20.825	R\$ 76.318	R\$ 4.119	R\$ 80.436	5,4%	-9,0%	18.960	R\$ 78.088.352
13	9,7	14.350	R\$ 86.807	R\$ 4.096	R\$ 90.903	4,7%	-7,8%	13.227	R\$ 54.173.185
14	9,6	13.878	R\$ 85.712	R\$ 3.998	R\$ 89.710	4,7%	-7,7%	12.804	R\$ 51.190.214
15	9,6	13.785	R\$ 59.341	R\$ 3.968	R\$ 63.309	6,7%	-11,1%	12.255	R\$ 48.631.765
16	9,6	129.825	R\$ 50.295	R\$ 3.938	R\$ 54.233	7,8%	-13,0%	112.956	R\$ 444.873.170
17	9,5	102.514	R\$ 42.295	R\$ 3.808	R\$ 46.103	9,0%	-14,9%	87.201	R\$ 332.021.779
18	9,5	9.542	R\$ 50.540	R\$ 3.755	R\$ 54.295	7,4%	-12,3%	8.366	R\$ 31.414.646
19	9,4	8.187	R\$ 50.647	R\$ 3.690	R\$ 54.337	7,3%	-12,1%	7.197	R\$ 26.559.892
20	9,4	40.407	R\$ 53.797	R\$ 3.640	R\$ 57.437	6,8%	-11,2%	35.870	R\$ 130.575.461
21	9,3	7.531	R\$ 66.361	R\$ 3.562	R\$ 69.923	5,4%	-8,9%	6.860	R\$ 24.437.142
22	9,2	29.048	R\$ 43.840	R\$ 3.271	R\$ 47.111	7,5%	-12,4%	25.451	R\$ 83.258.983
23	9,1	15.554	R\$ 52.606	R\$ 3.217	R\$ 55.823	6,1%	-10,1%	13.976	R\$ 44.961.834
24	9,1	59.685	R\$ 42.579	R\$ 3.190	R\$ 45.769	7,5%	-12,4%	52.265	R\$ 166.736.814

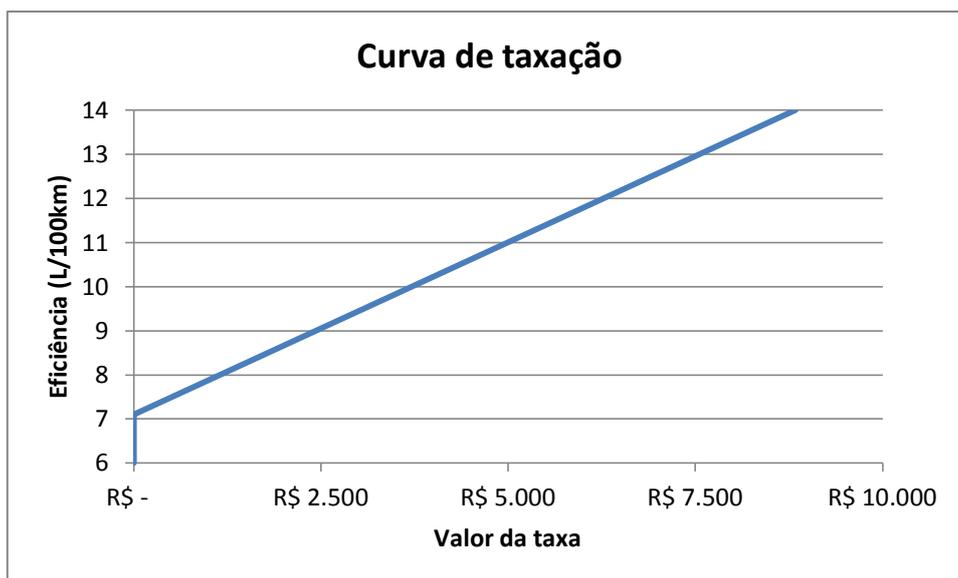
<sup>69</sup> Cada número corresponde a um dentre os 48 modelos de veículos analisados. Os nomes dos modelos foram omitidos.

# 69	Eficiência a gasolina (l/100km)	Vendas em 2013	Preço médio (R\$ 2012)	Valor da taxa por veículo	Preço pós-taxa (R\$ 2012)	Δ% preço com taxa	Δ% vendas com taxa	Vendas pós-taxa	Total de taxa (com alteração de vendas)
25	9,1	16.324	R\$ 63.505	R\$ 3.130	R\$ 66.635	4,9%	-8,2%	14.989	R\$ 46.915.868
26	9,0	30.120	R\$ 43.790	R\$ 3.077	R\$ 46.867	7,0%	-11,7%	26.608	R\$ 81.871.326
27	8,6	86.936	R\$ 35.058	R\$ 2.432	R\$ 37.489	6,9%	-11,5%	76.929	R\$ 187.086.271
28	8,6	74.647	R\$ 27.812	R\$ 2.342	R\$ 30.154	8,4%	-14,0%	64.218	R\$ 150.387.602
29	8,5	40.637	R\$ 59.688	R\$ 2.200	R\$ 61.888	3,7%	-6,1%	38.152	R\$ 83.937.045
30	8,5	177.014	R\$ 39.130	R\$ 2.130	R\$ 41.259	5,4%	-9,0%	161.029	R\$ 342.922.659
31	8,4	60.970	R\$ 82.183	R\$ 2.111	R\$ 84.294	2,6%	-4,3%	58.371	R\$ 123.223.944
32	8,4	122.333	R\$ 36.853	R\$ 2.047	R\$ 38.899	5,6%	-9,2%	111.058	R\$ 227.325.702
33	8,4	61.301	R\$ 38.231	R\$ 2.047	R\$ 40.277	5,4%	-8,9%	55.855	R\$ 114.329.641
34	8,4	26.252	R\$ 32.163	R\$ 2.010	R\$ 34.173	6,2%	-10,4%	23.530	R\$ 47.291.589
35	8,4	157.702	R\$ 39.273	R\$ 2.002	R\$ 41.275	5,1%	-8,5%	144.361	R\$ 289.049.237
36	8,3	89.759	R\$ 50.035	R\$ 1.925	R\$ 51.961	3,8%	-6,4%	84.029	R\$ 161.763.509
37	8,3	255.057	R\$ 39.768	R\$ 1.850	R\$ 41.618	4,7%	-7,7%	235.372	R\$ 435.373.983
38	8,1	136.712	R\$ 43.837	R\$ 1.504	R\$ 45.342	3,4%	-5,7%	128.927	R\$ 193.964.818
39	8,1	129.927	R\$ 31.347	R\$ 1.496	R\$ 32.843	4,8%	-7,9%	119.641	R\$ 178.943.996
40	8,0	29.243	R\$ 57.550	R\$ 1.433	R\$ 58.983	2,5%	-4,1%	28.035	R\$ 40.169.359
41	7,9	20.730	R\$ 41.791	R\$ 1.197	R\$ 42.988	2,9%	-4,8%	19.744	R\$ 23.642.507
42	7,8	34.801	R\$ 40.790	R\$ 1.100	R\$ 41.890	2,7%	-4,5%	33.243	R\$ 36.574.221
43	7,8	27.236	R\$ 44.690	R\$ 1.044	R\$ 45.734	2,3%	-3,9%	26.181	R\$ 27.320.630
44	7,7	8.498	R\$ 52.132	R\$ 860	R\$ 52.992	1,6%	-2,7%	8.265	R\$ 7.107.396
45	7,6	24.255	R\$ 33.910	R\$ 803	R\$ 34.713	2,4%	-3,9%	23.302	R\$ 18.711.689
46	7,6	33.669	R\$ 37.758	R\$ 742	R\$ 38.500	2,0%	-3,3%	32.571	R\$ 24.166.830
47	7,3	29.911	R\$ 24.120	R\$ 309	R\$ 24.429	1,3%	-2,1%	29.275	R\$ 9.052.252
48	7,1	184.362	R\$ 29.459	R\$ -	R\$ 29.459	0,0%	0,0%	184.362	R\$ -

Total 2.565.539

2.348.054 R\$  
5.357.541.130

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 3.26: Curva de taxaço**

Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se que a taxaço possui fortes impactos no nível de vendas, que cai de 2.566 mil veículos para 2.348 mil veículos (queda de 8,48%), e arrecada mais de R\$ 5,3 bilhões. Mesmo assim, o impacto no perfil de vendas (entendido como a participação de cada modelo nas vendas totais) é pequeno e, inclusive, menor que o do *feebate* – a eficiência média ponderada pelas vendas após a aplicação da taxaço foi de 11,79 km/l (enquanto com o *feebate* a eficiência média ponderada pelas vendas foi de 11,81 km/l), o equivalente a 8,48 L/100km (frente a 8,47 L/100km no cenário de *feebate*). Isso ocorre porque não há um incentivo mais forte para que os veículos eficientes aumentem a sua participação nas vendas, mas há algum porque a taxa é menor para os eficientes e assim a redução de suas vendas é inferior à dos demais.

Como há uma descontinuidade no custo marginal da eficiência, já que veículos mais eficientes que o *benchmark* não possuem incentivo para aumentar sua eficiência, não é possível assumir, como no cenário de *feebate*, que toda a frota adotaria tecnologias de eficiência veicular. O veículo #47 da Tabela 3.7, por exemplo, não tem incentivo financeiro para adotar tecnologias com um custo superior a R\$ 309, pois sua taxa não seria reduzida mais que isso.

Por isso, a abordagem adotada nesse cenário foi ligeiramente diferente. Em termos relativos, a abordagem foi a mesma – todas as medidas com custo marginal inferior a

R\$ 1.618 R\$(L/100km) poderiam ser adotadas, o que inclui as tecnologias #1 a #6 da Tabela 3.6 do cenário de *feebate*. Porém, nem toda a frota possui uma taxaço que lhes permita isen o superior a esse custo, e essa parcela da frota não aplicaria essa medida. O resultado dessa análise pode ser observado na Tabela 3.8.

**Tabela 3.8: Tecnologias adotadas no cenário de taxaço**

#	Eficiência a gasolina (L/100km)	Valor da taxa por veículo	Vendas pós-taxa	Participação nas vendas	Pneus (R\$ 107)		Baixa fricção (R\$ 104)		Melhorias aerodinâmicas (R\$ 152)		Componentes leves (R\$ 152)		Ciclo termodinâmico do motor (R\$ 1.219)		Downsizing (R\$ 1.584)		Isolamento térmico (R\$ 1.584)	
					Adota?	Eficiência após tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)
1	10,8	R\$ 5.880	8.620	0,4%	Sim	10,5	Sim	10,2	Sim	10,0	Sim	9,8	Sim	8,5	Sim	7,0	Sim	6,8
2	10,5	R\$ 5.489	19.828	0,8%	Sim	10,2	Sim	10,0	Sim	9,8	Sim	9,6	Sim	8,3	Sim	6,9	Sim	6,7
3	10,5	R\$ 5.404	8.621	0,4%	Sim	10,2	Sim	10,0	Sim	9,8	Sim	9,6	Sim	8,2	Sim	6,8	Sim	6,6
4	10,3	R\$ 5.054	7.968	0,3%	Sim	10,0	Sim	9,8	Sim	9,6	Sim	9,4	Sim	8,1	Sim	6,7	Sim	6,5
5	10,3	R\$ 5.043	10.168	0,4%	Sim	9,9	Sim	9,7	Sim	9,6	Sim	9,4	Sim	8,1	Sim	6,7	Sim	6,5
6	10,0	R\$ 4.656	20.058	0,9%	Sim	9,7	Sim	9,5	Sim	9,3	Sim	9,1	Sim	7,9	Sim	6,5	Sim	6,3
7	10,0	R\$ 4.616	18.829	0,8%	Sim	9,7	Sim	9,5	Sim	9,3	Sim	9,1	Sim	7,8	Sim	6,5	Sim	6,3
8	10,0	R\$ 4.588	9.369	0,4%	Sim	9,7	Sim	9,5	Sim	9,3	Sim	9,1	Sim	7,8	Sim	6,5	Sim	6,3
9	9,9	R\$ 4.488	35.470	1,5%	Sim	9,6	Sim	9,4	Sim	9,2	Sim	9,1	Sim	7,8	Sim	6,5	Sim	6,3
10	9,7	R\$ 4.202	49.603	2,1%	Sim	9,4	Sim	9,3	Sim	9,1	Sim	8,9	Sim	7,6	Sim	6,3	Sim	6,2
11	9,7	R\$ 4.190	24.084	1,0%	Sim	9,4	Sim	9,2	Sim	9,1	Sim	8,9	Sim	7,6	Sim	6,3	Sim	6,2
12	9,7	R\$ 4.119	18.960	0,8%	Sim	9,4	Sim	9,2	Sim	9,0	Sim	8,8	Sim	7,6	Sim	6,3	Sim	6,1
13	9,7	R\$ 4.096	13.227	0,6%	Sim	9,4	Sim	9,2	Sim	9,0	Sim	8,8	Sim	7,6	Sim	6,3	Sim	6,1
14	9,6	R\$ 3.998	12.804	0,5%	Sim	9,3	Sim	9,1	Sim	9,0	Sim	8,8	Sim	7,5	Sim	6,3	Sim	6,1
15	9,6	R\$ 3.968	12.255	0,5%	Sim	9,3	Sim	9,1	Sim	8,9	Sim	8,8	Sim	7,5	Sim	6,3	Sim	6,1
16	9,6	R\$ 3.938	112.956	4,8%	Sim	9,3	Sim	9,1	Sim	8,9	Sim	8,7	Sim	7,5	Sim	6,2	Sim	6,1
17	9,5	R\$ 3.808	87.201	3,7%	Sim	9,2	Sim	9,0	Sim	8,8	Sim	8,7	Sim	7,5	Sim	6,2	Sim	6,0
18	9,5	R\$ 3.755	8.366	0,4%	Sim	9,2	Sim	9,0	Sim	8,8	Sim	8,6	Sim	7,4	Sim	6,2	Sim	6,0
19	9,4	R\$ 3.690	7.197	0,3%	Sim	9,1	Sim	9,0	Sim	8,8	Sim	8,6	Sim	7,4	Sim	6,1	Sim	6,0

#	Eficiência a gasolina (L/100km)	Valor da taxa por veículo	Vendas pós-taxa	Participação nas vendas	Pneus (R\$ 107)		Baixa fricção (R\$ 104)		Melhorias aerodinâmicas (R\$ 152)		Componentes leves (R\$ 152)		Ciclo termodinâmico do motor (R\$ 1.219)		Downsizing (R\$ 1.584)		Isolamento térmico (R\$ 1.584)	
					Adota?	Eficiência após tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)
20	9,4	R\$ 3.640	35.870	1,5%	Sim	9,1	Sim	8,9	Sim	8,7	Sim	8,6	Sim	7,4	Sim	6,1	Sim	5,9
21	9,3	R\$ 3.562	6.860	0,3%	Sim	9,1	Sim	8,9	Sim	8,7	Sim	8,5	Sim	7,3	Sim	6,1	Não	6,1
22	9,2	R\$ 3.271	25.451	1,1%	Sim	8,9	Sim	8,7	Sim	8,5	Sim	8,4	Sim	7,2	Não	7,2	Não	7,2
23	9,1	R\$ 3.217	13.976	0,6%	Sim	8,9	Sim	8,7	Sim	8,5	Sim	8,3	Sim	7,2	Não	7,2	Não	7,2
24	9,1	R\$ 3.190	52.265	2,2%	Sim	8,8	Sim	8,7	Sim	8,5	Sim	8,3	Sim	7,2	Não	7,2	Não	7,2
25	9,1	R\$ 3.130	14.989	0,6%	Sim	8,8	Sim	8,6	Sim	8,5	Sim	8,3	Sim	7,1	Não	7,1	Não	7,1
26	9,0	R\$ 3.077	26.608	1,1%	Sim	8,8	Sim	8,6	Sim	8,4	Sim	8,3	Sim	7,1	Não	7,1	Não	7,1
27	8,6	R\$ 2.432	76.929	3,3%	Sim	8,4	Sim	8,2	Sim	8,1	Sim	7,9	Sim	6,8	Não	6,8	Não	6,8
28	8,6	R\$ 2.342	64.218	2,7%	Sim	8,3	Sim	8,2	Sim	8,0	Sim	7,8	Sim	6,7	Não	6,7	Não	6,7
29	8,5	R\$ 2.200	38.152	1,6%	Sim	8,2	Sim	8,1	Sim	7,9	Sim	7,8	Sim	6,7	Não	6,7	Não	6,7
30	8,5	R\$ 2.130	161.029	6,9%	Sim	8,2	Sim	8,0	Sim	7,9	Sim	7,7	Sim	6,6	Não	6,6	Não	6,6
31	8,4	R\$ 2.111	58.371	2,5%	Sim	8,2	Sim	8,0	Sim	7,9	Sim	7,7	Sim	6,6	Não	6,6	Não	6,6
32	8,4	R\$ 2.047	111.058	4,7%	Sim	8,2	Sim	8,0	Sim	7,8	Sim	7,7	Sim	6,6	Não	6,6	Não	6,6
33	8,4	R\$ 2.047	55.855	2,4%	Sim	8,2	Sim	8,0	Sim	7,8	Sim	7,7	Sim	6,6	Não	6,6	Não	6,6
34	8,4	R\$ 2.010	23.530	1,0%	Sim	8,1	Sim	8,0	Sim	7,8	Sim	7,7	Sim	6,6	Não	6,6	Não	6,6
35	8,4	R\$ 2.002	144.361	6,1%	Sim	8,1	Sim	8,0	Sim	7,8	Sim	7,6	Sim	6,6	Não	6,6	Não	6,6
36	8,3	R\$ 1.925	84.029	3,6%	Sim	8,1	Sim	7,9	Sim	7,8	Sim	7,6	Sim	6,5	Não	6,5	Não	6,5
37	8,3	R\$ 1.850	235.372	10,0%	Sim	8,0	Sim	7,9	Sim	7,7	Sim	7,6	Sim	6,5	Não	6,5	Não	6,5
38	8,1	R\$ 1.504	128.927	5,5%	Sim	7,8	Sim	7,7	Sim	7,5	Sim	7,4	Não	7,4	Não	7,4	Não	7,4
39	8,1	R\$ 1.496	119.641	5,1%	Sim	7,8	Sim	7,7	Sim	7,5	Sim	7,4	Não	7,4	Não	7,4	Não	7,4
40	8,0	R\$ 1.433	28.035	1,2%	Sim	7,8	Sim	7,6	Sim	7,5	Sim	7,3	Não	7,3	Não	7,3	Não	7,3

#	Eficiência a gasolina (L/100km)	Valor da taxa por veículo	Vendas pós-taxa	Participação nas vendas	Pneus (R\$ 107)		Baixa fricção (R\$ 104)		Melhorias aerodinâmicas (R\$ 152)		Componentes leves (R\$ 152)		Ciclo termodinâmico do motor (R\$ 1.219)		Downsizing (R\$ 1.584)		Isolamento térmico (R\$ 1.584)	
					Adota?	Eficiência após tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)	Adota?	Eficiência com tecnologia (L/100km)
41	7,9	R\$ 1.197	19.744	0,8%	Sim	7,6	Sim	7,5	Sim	7,3	Sim	7,2	Não	7,2	Não	7,2	Não	7,2
42	7,8	R\$ 1.100	33.243	1,4%	Sim	7,6	Sim	7,4	Sim	7,3	Sim	7,1	Não	7,1	Não	7,1	Não	7,1
43	7,8	R\$ 1.044	26.181	1,1%	Sim	7,6	Sim	7,4	Sim	7,3	Sim	7,1	Não	7,1	Não	7,1	Não	7,1
44	7,7	R\$ 860	8.265	0,4%	Sim	7,4	Sim	7,3	Sim	7,1	Sim	7,0	Não	7,0	Não	7,0	Não	7,0
45	7,6	R\$ 803	23.302	1,0%	Sim	7,4	Sim	7,3	Sim	7,1	Sim	7,0	Não	7,0	Não	7,0	Não	7,0
46	7,6	R\$ 742	32.571	1,4%	Sim	7,4	Sim	7,2	Sim	7,1	Sim	6,9	Não	6,9	Não	6,9	Não	6,9
47	7,3	R\$ 309	29.275	1,2%	Sim	7,1	Sim	7,0	Não	7,0	Não	7,0	Não	7,0	Não	7,0	Não	7,0
48	7,1	R\$ -	184.362	7,9%	Não	7,1	Não	7,1	Não	7,1	Não	7,1	Não	7,1	Não	7,1	Não	7,1

Efic. Média (L/100km)

8,31

8,16

8,01

7,86

7,03

6,74

6,70

Efic. Média (km/l)

12,03

12,26

12,49

12,73

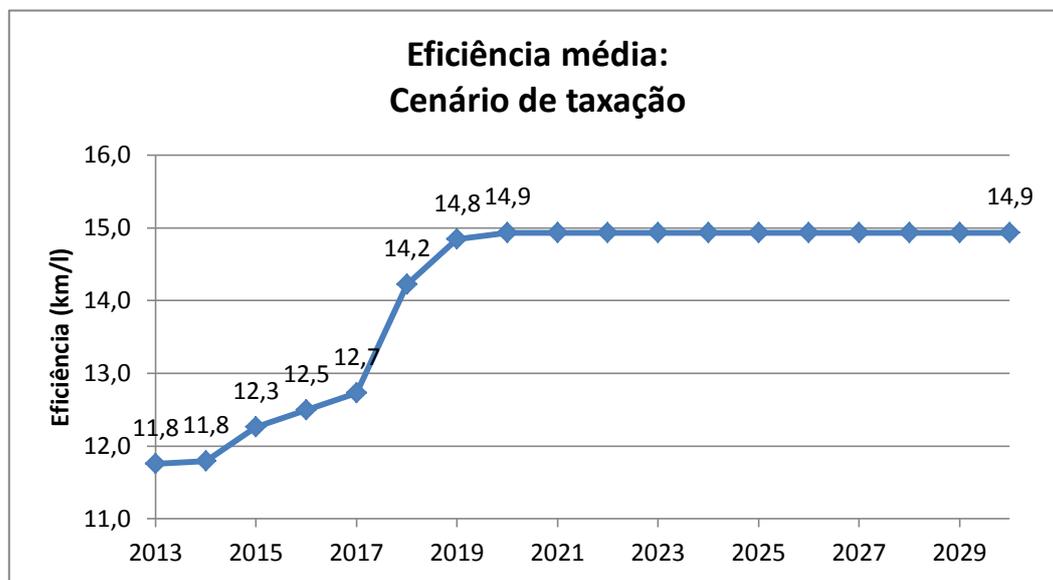
14,22

14,84

14,93

Fonte: Elaboração própria.

O *timing* da Tabela 3.6 foi mantido: as tecnologias #1 e #2 seriam adotadas em 2015, a #3 em 2016, #4 em 2017, #5 em 2018, #6 em 2019, após a alteração do valor da taxa, e #7 em 2020. Por simplificação, não foi considerada alteração no *benchmark* ao longo do período. Dados esses momentos de entrada das tecnologias, a evolução da eficiência média no cenário de taxaço pode ser observada na Figura 3.27:



**Figura 3.27: Eficiência média dos veículos a gasolina: cenário de taxaço**

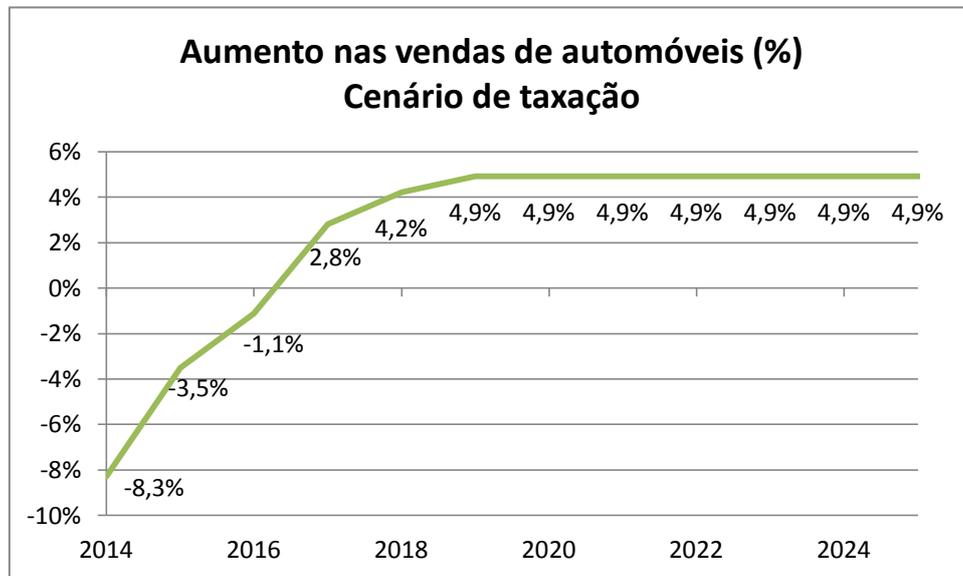
Fonte: Elaboração própria.

Nota-se mais uma vez, a partir da Figura 3.27, que mesmo com a taxa, há pouca alteração na eficiência no ano de 2014 devido à alteração no perfil de vendas<sup>70</sup>. O aumento de vendas e as vendas totais de automóveis, apresentados respectivamente na Figura 3.28 e na Figura 3.29, são fortemente afetados pela taxa. Como consequência da instituição da taxa, as vendas de automóveis caem 8,3% em 2014, enquanto sem ela teriam crescido 0,2%. As vendas totais atingem seu mínimo em 2016, após três anos de decréscimo, para que então comecem a se recuperar.

É importante notar que em todos os cenários não houve alteração na intensidade de uso ou na curva de sucateamento, os quais foram mantidos iguais à linha de base. Essa premissa, aliada à redução de vendas no cenário de taxaço, resulta em uma menor

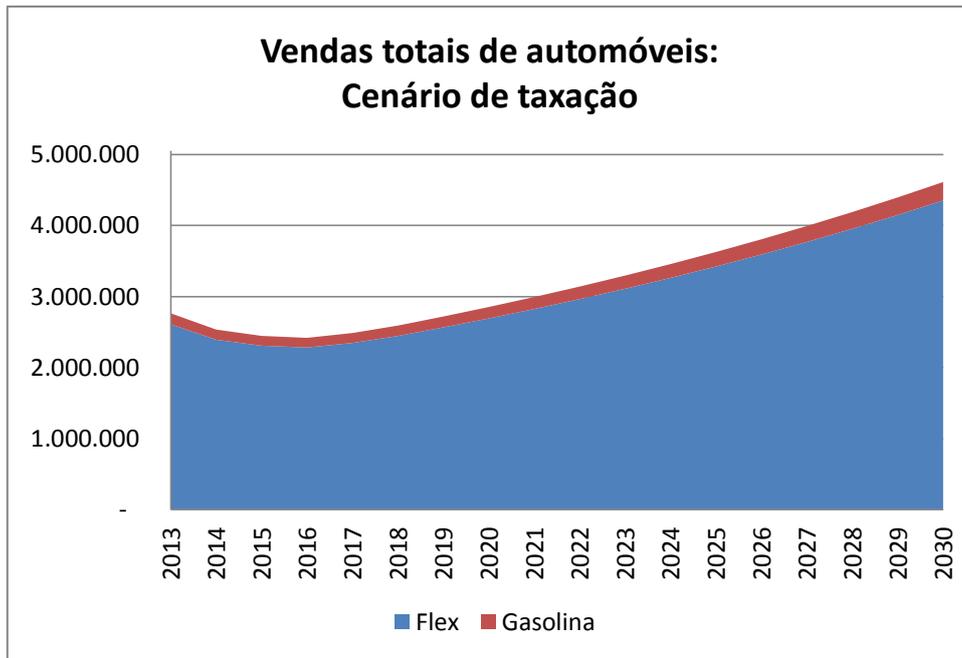
<sup>70</sup> Assim como no cenário de *feebate*, foi desconsiderada a alteração no perfil de vendas que seria causado pelo aumento da taxa em 2019. Se fosse assumido que o perfil de vendas em 2019 seria o mesmo que o de 2013 e todos os veículos aumentariam a sua eficiência uniformemente, o impacto desse aumento na taxa da eficiência geral da frota, por meio de alteração no perfil de vendas, seria de 0,13%.

demanda por transporte individual nesse cenário, o que não necessariamente ocorreria na prática. Um maior preço de automóveis poderia fazer com que as pessoas demorassem mais a trocar de carro, mas que não deixassem de utilizar o veículo, o que teria impactos no sucateamento e na intensidade de uso.



**Figura 3.28: Aumento de vendas no cenário de taxação**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 3.29: Vendas totais de automóveis no cenário de taxação**

Fonte: Elaboração própria.

## 4. Resultados e discussão

Esse capítulo foi dividido em quatro seções principais:

- **Resultados por cenário**, em que cada resultado de cada cenário é apresentado individualmente;
- **Comparação de cenários**, onde os cenários são comparados entre si;
- **Análise de sensibilidade**, realizada para avaliar o impacto de determinadas variáveis no resultado consolidado; e
- **Discussão**, onde se realiza uma análise textual mais profunda dos resultados individuais e comparados.

### 4.1 Resultados por cenário

Até o momento, na Seção 3.2, foram apresentadas duas variáveis de cada cenário – eficiência e vendas de automóveis – que irão influenciar os resultados à sua maneira. Nessa seção, são apresentados sete outras variáveis-resultado de cada cenário, divididas em dois grupos:

1. **Resultados ligados à frota**: tamanho da frota circulante; taxa de motorização (veículos por habitante<sup>71</sup>); e quilometragem percorrida pelos veículos da frota.
2. **Resultados ligados ao consumo de combustível e emissões**: consumo de etanol; consumo de gasolina; consumo total de combustíveis; e emissões de CO<sub>2</sub>.

---

<sup>71</sup> Para calcular a taxa de motorização, foram utilizadas projeções populacionais do IBGE (2013).

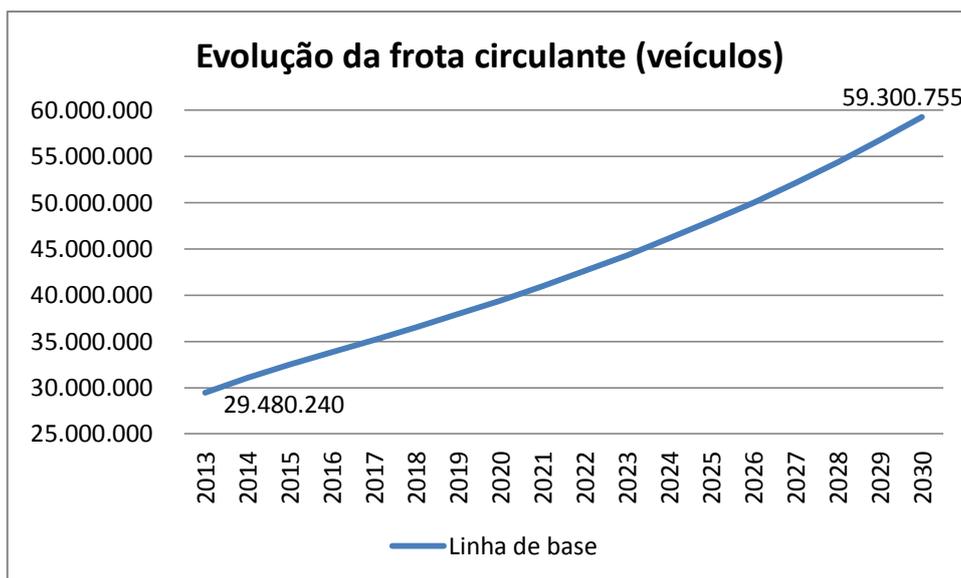
Além de características intrínsecas ao modelo e comum a todos os cenários (como a curva de sucateamento), a única característica específica de cada cenário que afeta o primeiro grupo de aspectos é a variação nas vendas de automóveis. Sendo assim, não há sentido em haver, por exemplo, qualquer diferença nessa variável-resultado entre a linha de base e os cenários 1 e 2 (daqui em diante, esses cenários são também referidos como C&C 1 e C&C2 – comando e controle 1 e 2).

O segundo grupo de resultados, adicionalmente aos fatores anteriores, é também influenciado pela eficiência definida em cada cenário e, portanto, deve ser diferente em cada um deles, posto que não há cenários simultaneamente com mesmo nível de vendas e mesma eficiência veicular.

Houve duas lógicas adotadas na explanação de resultados realizada nesse trabalho: uma primeira de apresentação inicial dos resultados de cada cenário individualmente e outra posterior de comparação consolidada dos resultados. A apresentação dos resultados individuais de cada cenário está a seguir.

#### **4.1.1 Linha de base**

A evolução da frota circulante, a taxa de motorização e a quilometragem percorrida pelos veículos na linha de base é apresentada, respectivamente, pelas Figuras 4.1, 4.2 e 4.3:



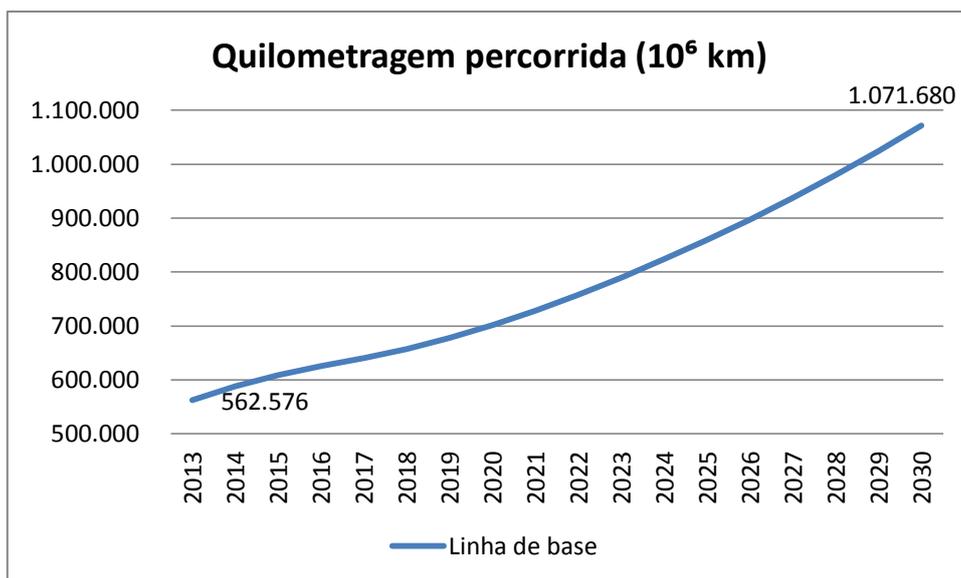
**Figura 4.1: Frota circulante na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.2: Taxa de motorização na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.

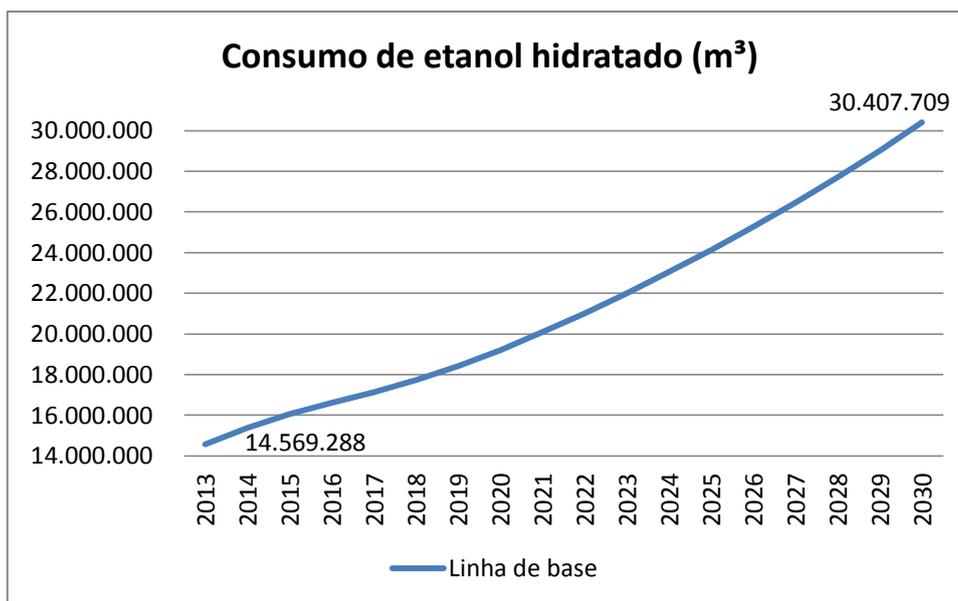


**Figura 4.3: Quilometragem percorrida pelos veículos na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.

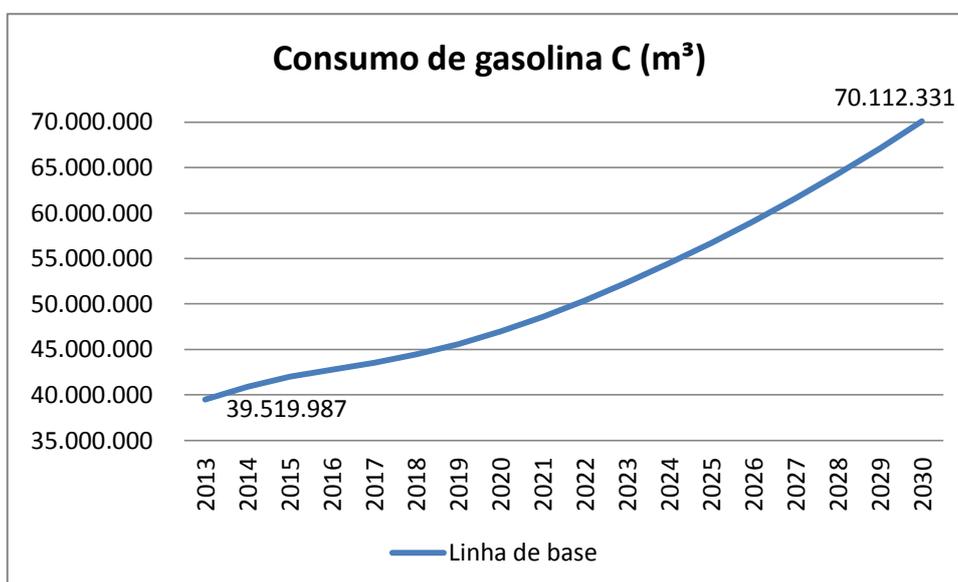
Em função do cenário econômico mais favorável a partir de 2017 e, em especial de 2019 em diante, há um aumento expressivo na frota circulante, chegando a quase 60 milhões de veículos em 2030, mais que o dobro do valor de 2013. Como consequência, a taxa de motorização também cresce de forma significativa e alcança 266 veículos por mil habitantes – um crescimento de 81%, menos intenso que o aumento da frota devido ao aumento da população, que salta de 201 milhões em 2013 para 223 milhões em 2030 (IBGE, 2013). A quilometragem percorrida pelos veículos ultrapassa a marca de um trilhão em 2029 e alcança aproximadamente  $1,1 \cdot 10^{12}$  km no último ano do horizonte.

O consumo de etanol e gasolina, bem como as emissões de CO<sub>2</sub>, também segue a tendência de forte crescimento, vide Figuras 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7:



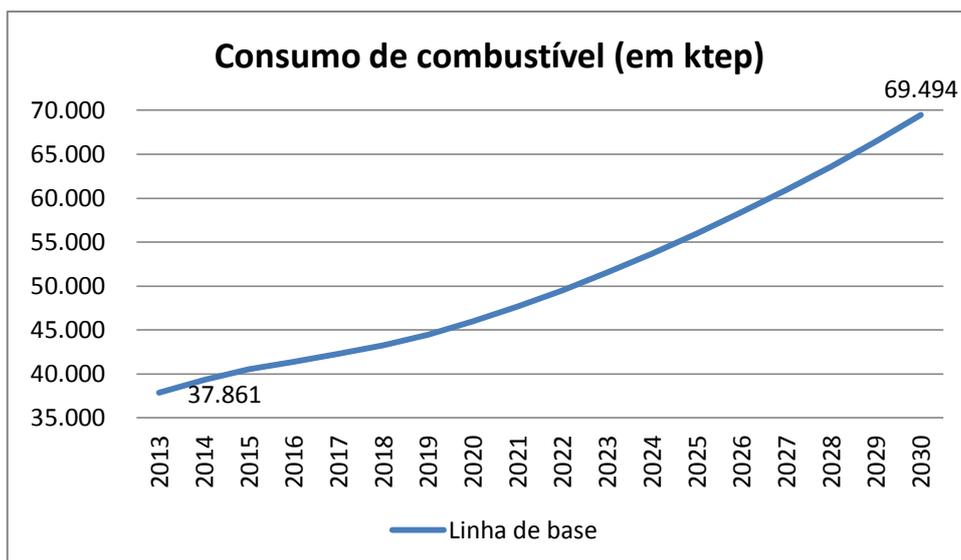
**Figura 4.4: Consumo de etanol hidratado na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.



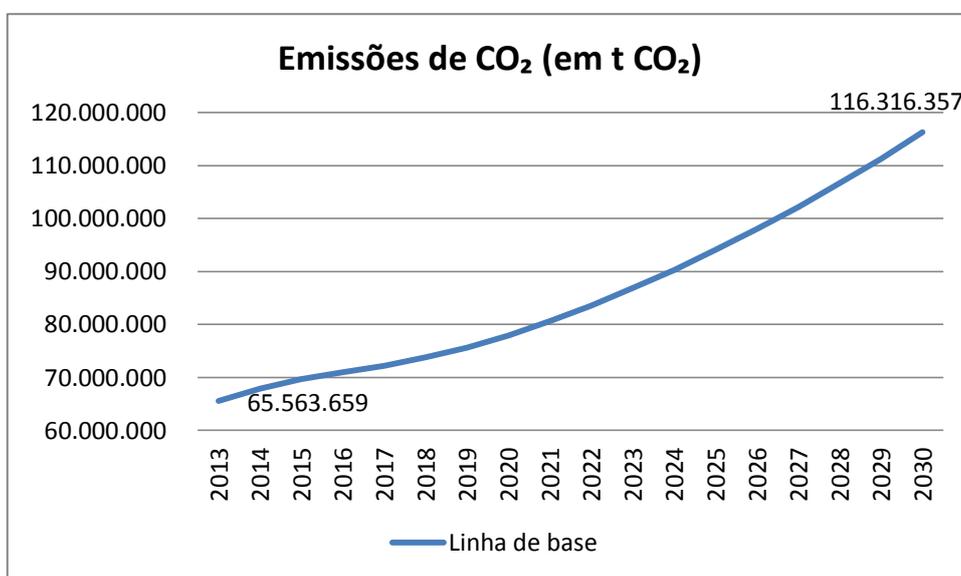
**Figura 4.5: Consumo de gasolina na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.6: Consumo total de combustível na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.

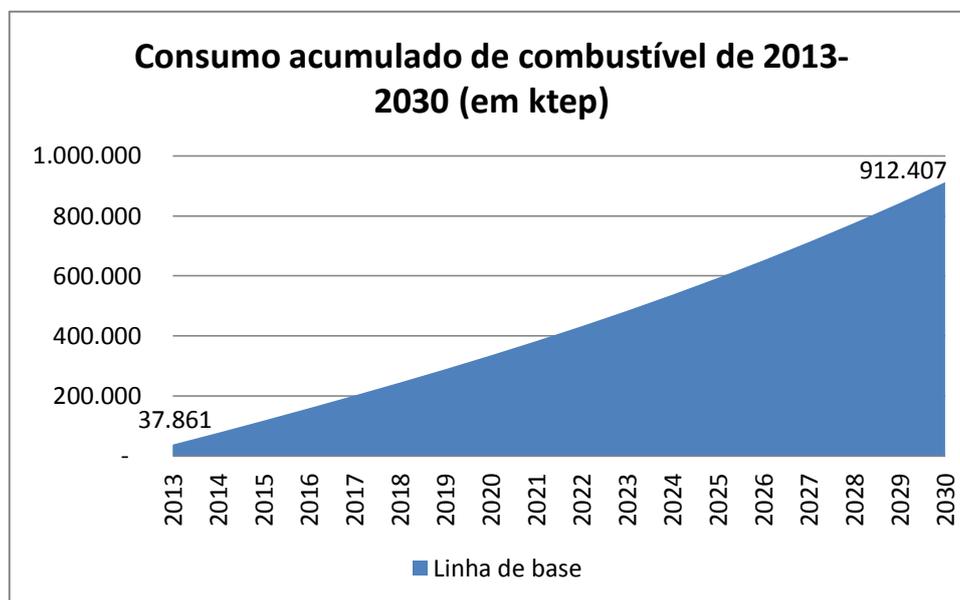


**Figura 4.7: Emissões de CO<sub>2</sub> na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.

Depreende-se dos gráficos que o consumo somado de etanol hidratado e gasolina C ultrapassa a marca volumétrica de 100 milhões de m<sup>3</sup> e atinge o valor de 69,5 Mtep em 2030 e as emissões de CO<sub>2</sub> alcançam a marca de 116 Mt CO<sub>2</sub>, após ultrapassar a marca de 100 Mt CO<sub>2</sub> em 2027.

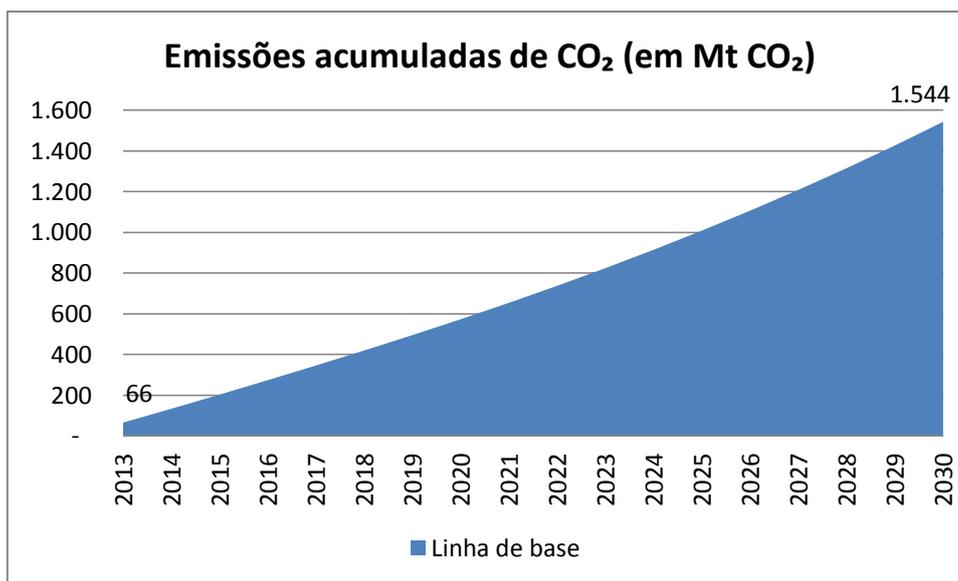
Dado que a cronologia de aumento de eficiência delineada em cada cenário também é fundamental à análise de resultados, outro aspecto interessante de ser analisado é o consumo acumulado de combustível no período de 2013-2030. Essa informação é apresentada na Figura 4.8, da qual extrai-se a informação de que nesse período de 18 anos o consumo de combustível totaliza 912 Mtep (equivalente a 50,7 Mtep/ano, em média).



**Figura 4.8: Consumo acumulado de combustível de 2013-2030 na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.

Da mesma forma, outra análise interessante é o que esse consumo de combustível representa em termos de emissões de CO<sub>2</sub> acumuladas. Essa informação, por sua vez, está disposta na Figura 4.9, onde se vê o acumulado de 1.544 Mt CO<sub>2</sub> ao longo dos 18 anos modelados (equivalente a 85,8 Mt CO<sub>2</sub>/ano):

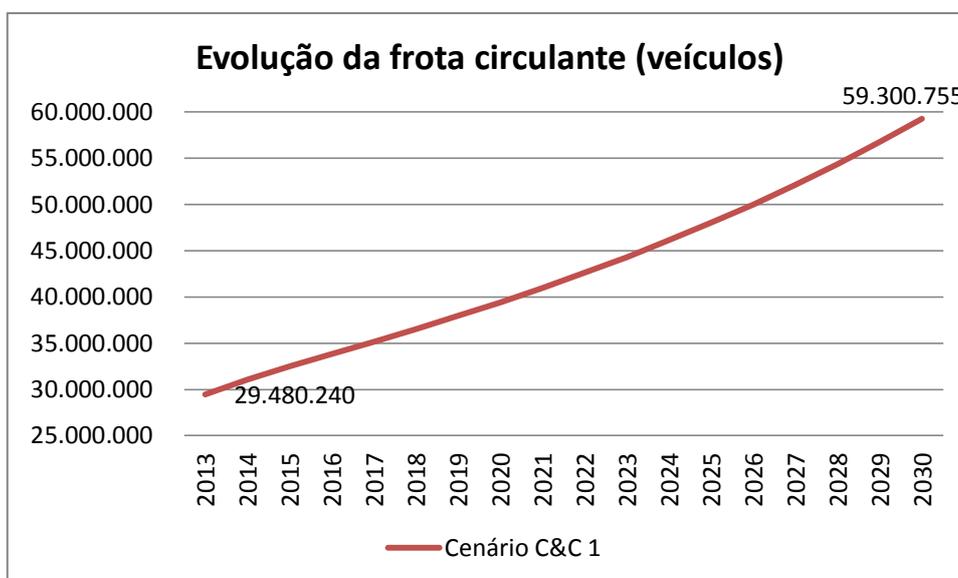


**Figura 4.9: Emissões acumuladas de CO<sub>2</sub> de 2013-2030 na linha de base**

Fonte: Elaboração própria.

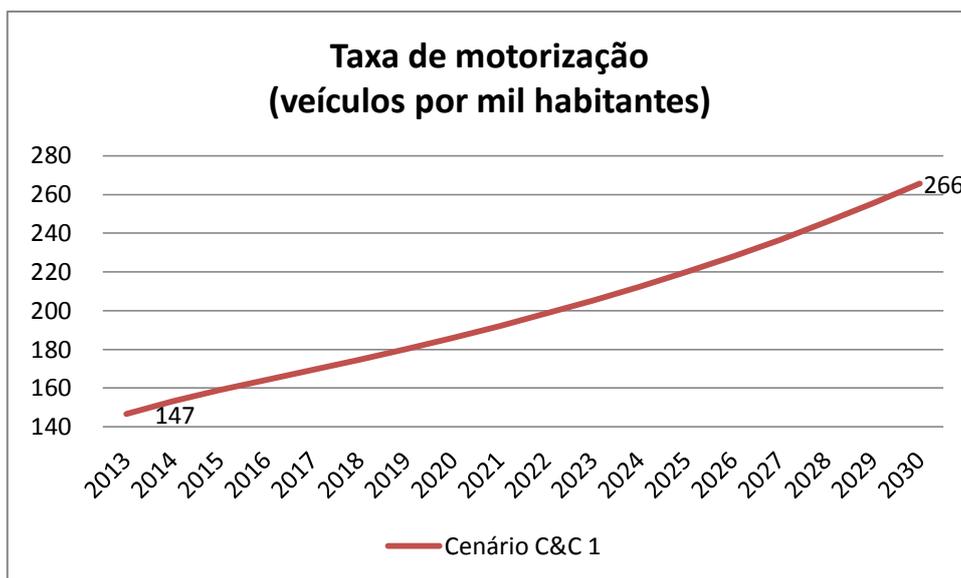
#### 4.1.2 Cenário 1 – Política de comando e controle baseada no Inovar-Auto

No cenário de política de comando e controle a frota circulante, a taxa de motorização e a quilometragem percorrida pelos veículos é a mesma da linha de base, conforme explicitado pelas Figuras 4.10, 4.11 e 4.12:



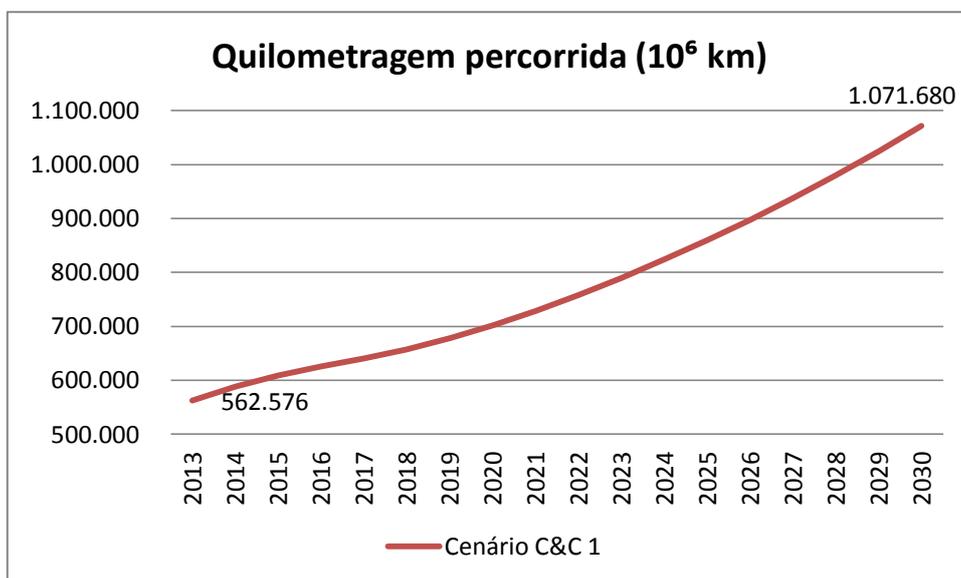
**Figura 4.10: Frota circulante no Cenário 1 (C&C1)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.11: Taxa de motorização no Cenário 1 (C&C1)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.12: Quilometragem percorrida pelos veículos no Cenário 1 (C&C1)**

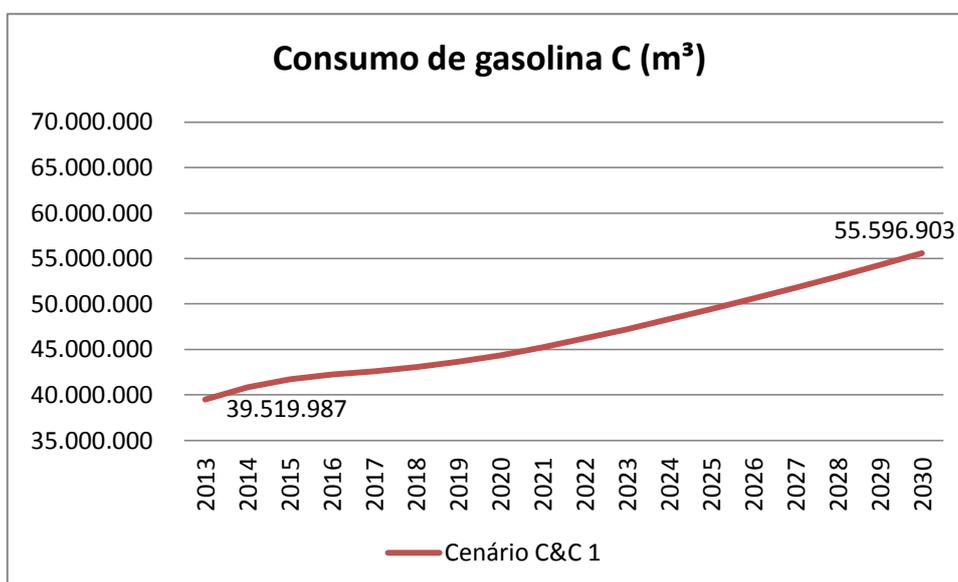
Fonte: Elaboração própria.

Já o consumo de combustível, e as emissões por consequência, diferem da linha de base em função do aumento de eficiência ocasionado pela política. Esses aspectos são expostos nas Figuras 4.13, 4.14, 4.15, 4.16.



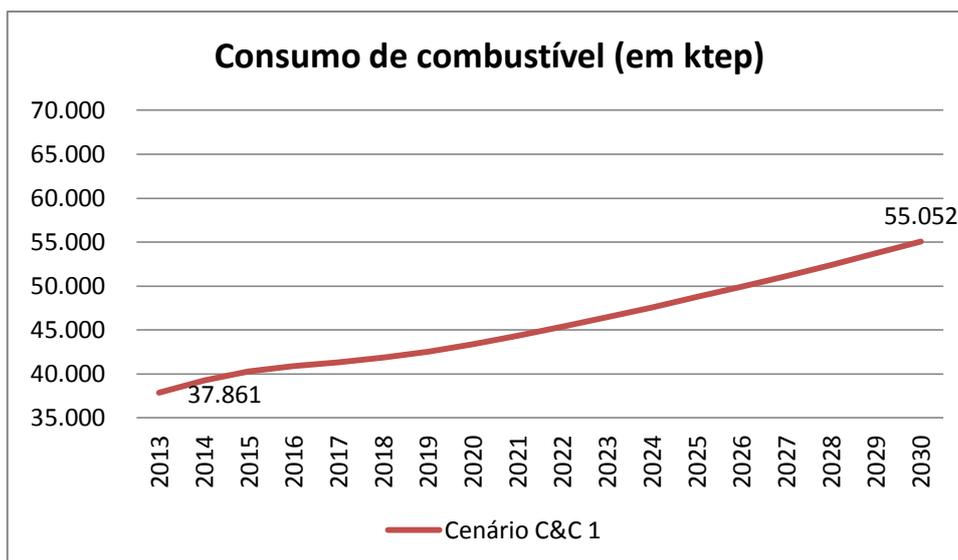
**Figura 4.13: Consumo de etanol hidratado no Cenário 1 (C&C1)**

Fonte: Elaboração própria.



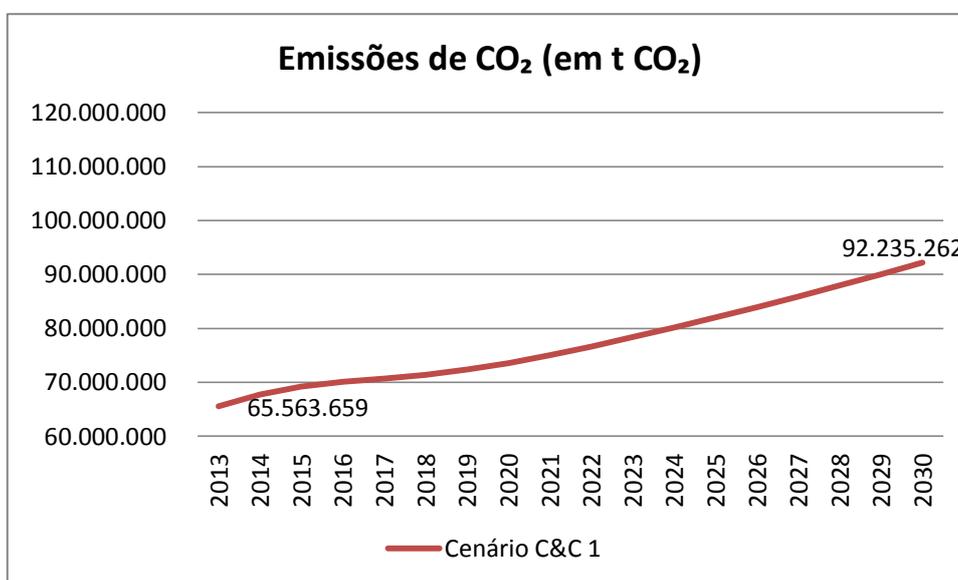
**Figura 4.14: Consumo de gasolina no Cenário 1 (C&C1)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.15: Consumo total de combustível no Cenário 1 (C&C1)**

Fonte: Elaboração própria.

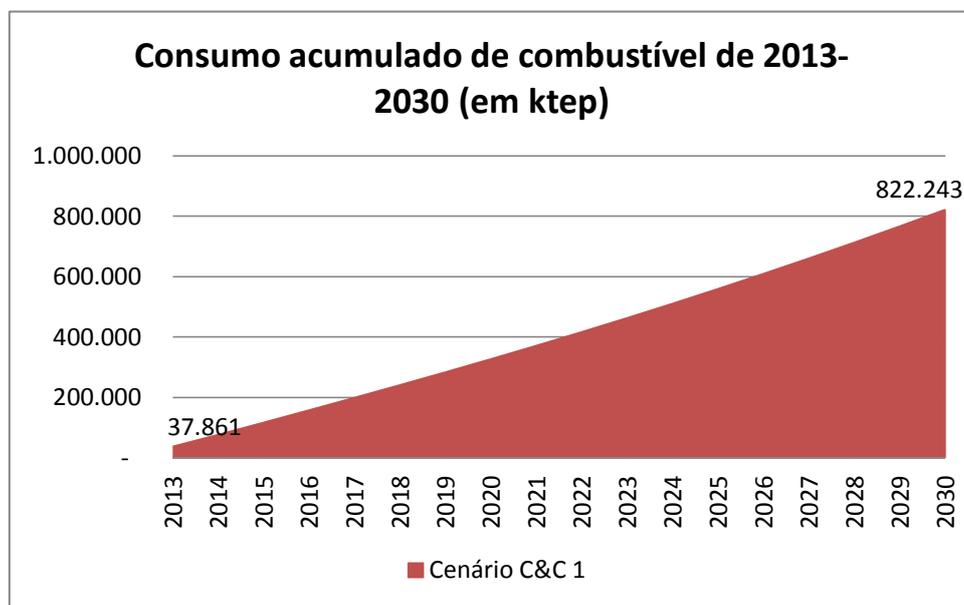


**Figura 4.16: Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 1 (C&C1)**

Fonte: Elaboração própria.

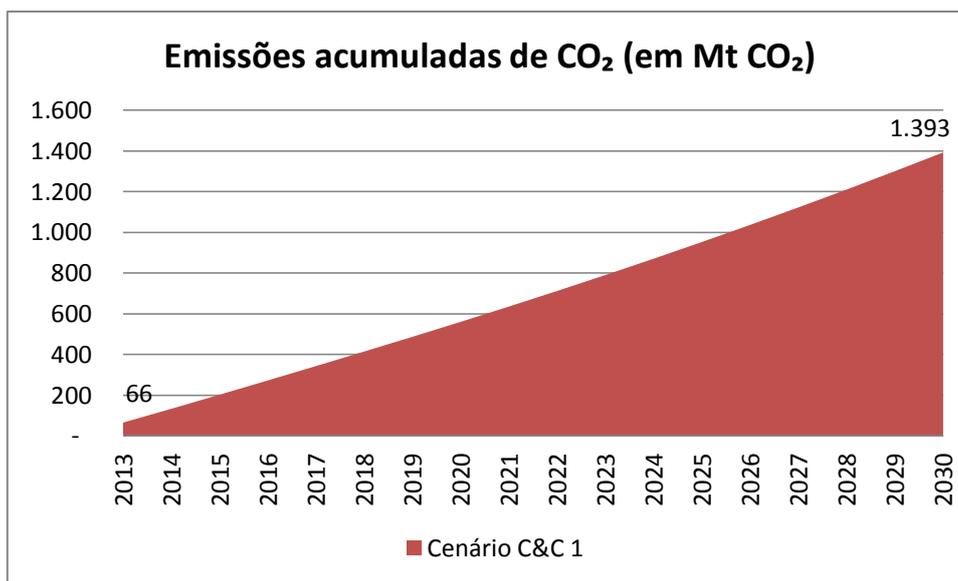
Percebe-se que o Cenário 1 apresenta alguma redução no uso de combustíveis em relação à linha de base – o consumo volumétrico de etanol e gasolina somados atinge cerca de 80 milhões de m<sup>3</sup> em 2030, o equivalente a 55 Mtep, em termos energéticos. As emissões de CO<sub>2</sub> permanecem abaixo de 100 Mt e seu nível máximo é de 92 Mt, em 2030, um aumento de cerca de 41% em relação a 2013.

O consumo acumulado de combustível no cenário C&C1 é apresentado na Figura 4.17, onde se observa que ele é de 822 Mtep no horizonte temporal modelado – equivalente a uma média de 45,7 Mtep por ano. Já as emissões de CO<sub>2</sub> exibem uma média de 77,4 Mt CO<sub>2</sub> e alcançam 1.393 Mt CO<sub>2</sub> no período (Figura 4.18).



**Figura 4.17: Consumo acumulado de combustível de 2013-2030 no Cenário 1 (C&C1)**

Fonte: Elaboração própria.

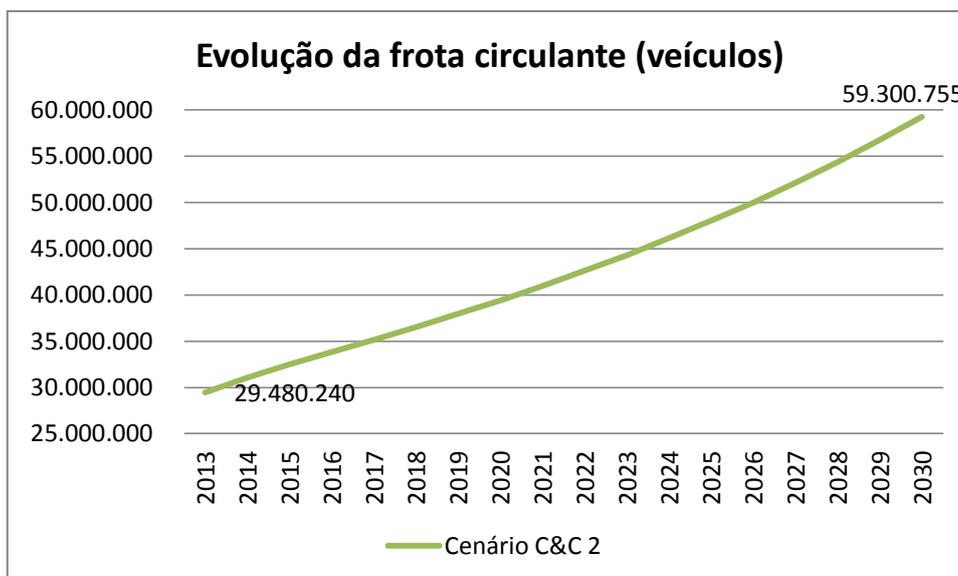


**Figura 4.18: Emissões acumuladas de CO<sub>2</sub> de 2013-2030 no Cenário 1 (C&C1)**

Fonte: Elaboração própria.

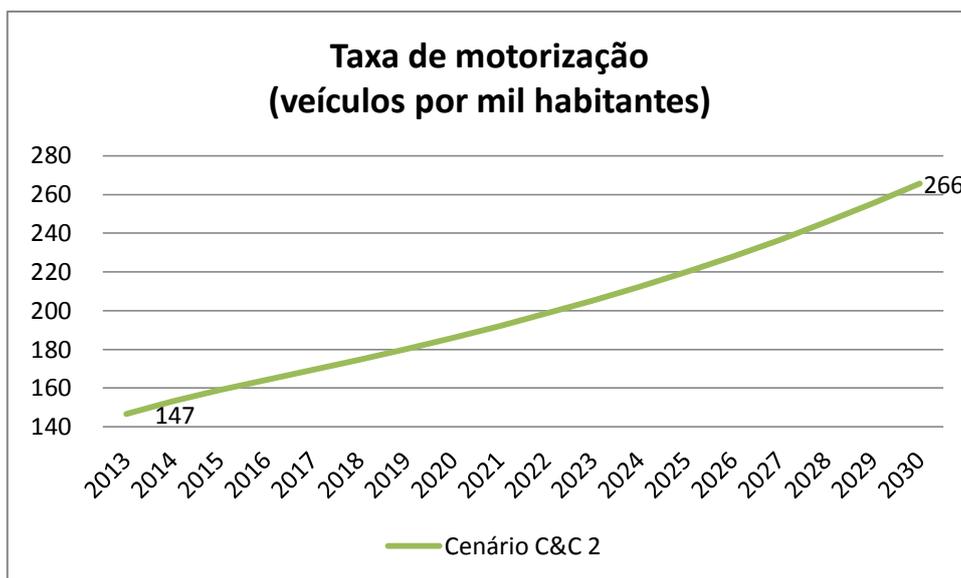
### 4.1.3 Cenário 2 – Política de comando e controle baseada na meta europeia

Da mesma forma que no cenário 1, não há diferença nos resultados de frota, motorização e quilometragem, vide Figuras 4.19, 4.20 e 4.21 a seguir:



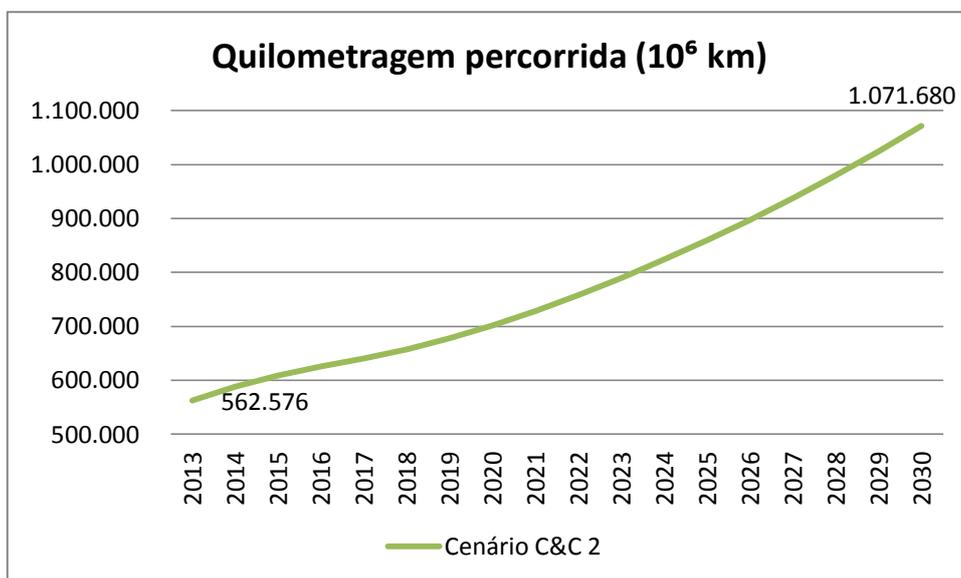
**Figura 4.19: Frota circulante no Cenário 2 (C&C2)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.20: Taxa de motorização no Cenário 2 (C&C2)**

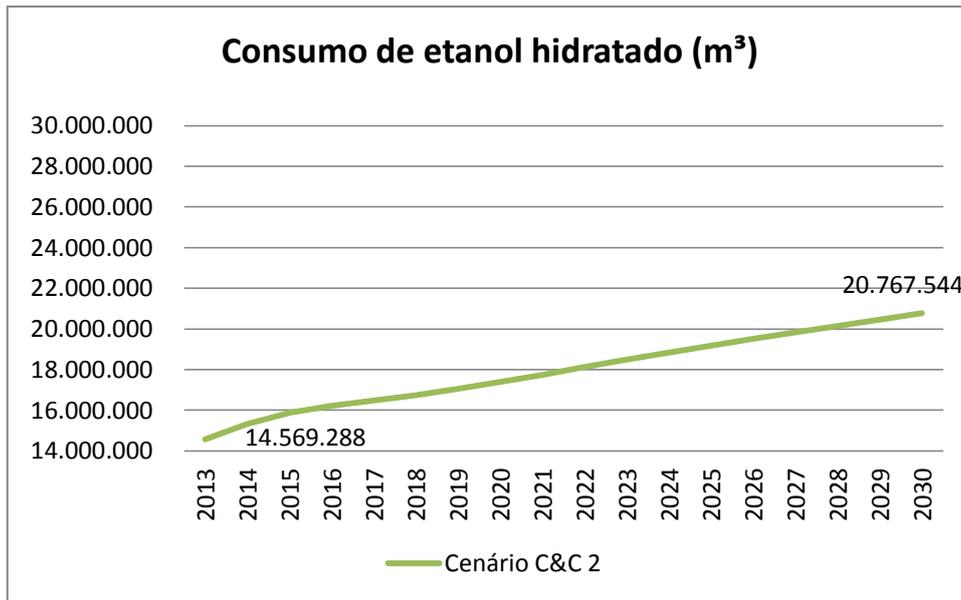
Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.21: Quilometragem percorrida pelos veículos no Cenário 2 (C&C2)**

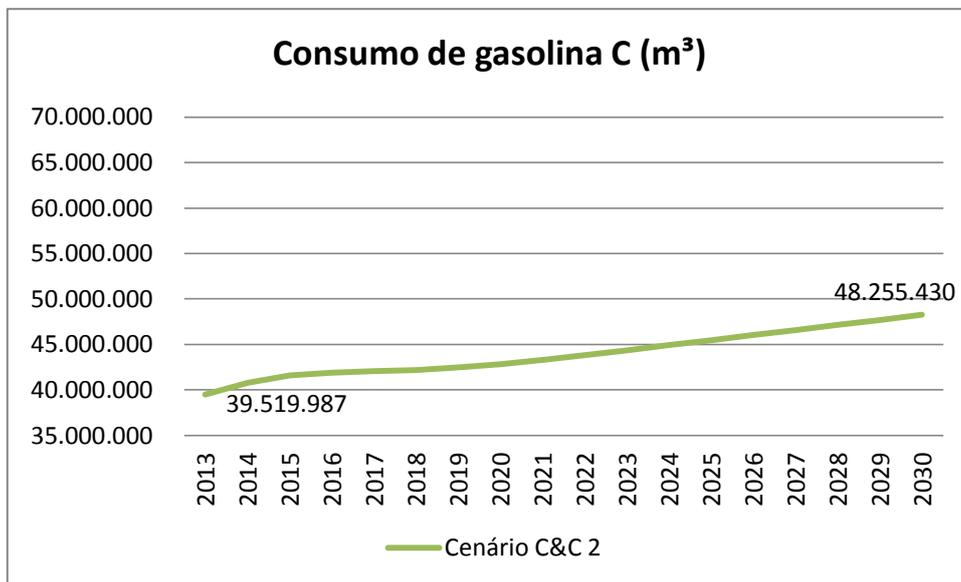
Fonte: Elaboração própria.

O mesmo não pode ser dito do consumo de combustíveis e das emissões, todos afetados pela eficiência que, no cenário C&C 2 é o que atinge maior eficiência em 2030 (21,5 km/l). As Figuras 4.22, 4.23, 4.24 e 4.25 ilustram os resultados ligados a combustíveis e emissões:



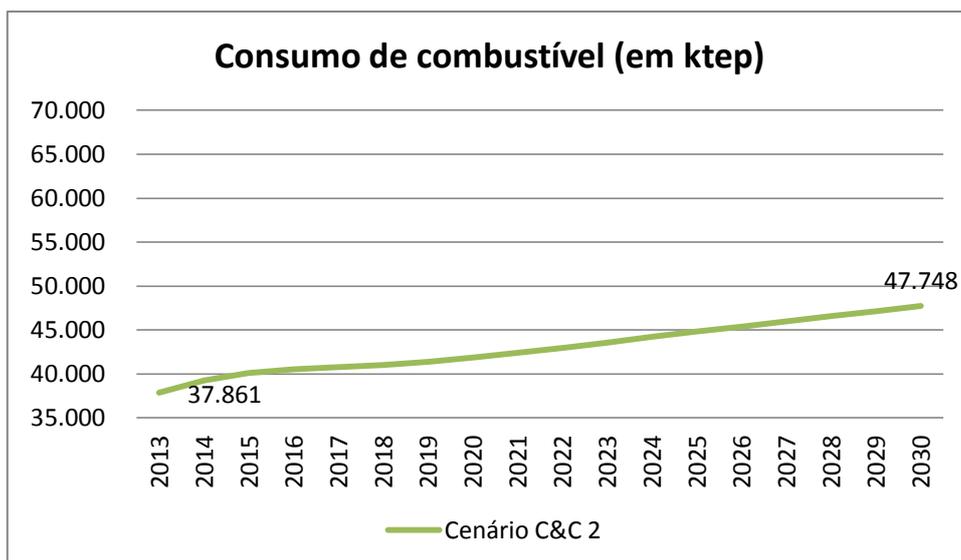
**Figura 4.22: Consumo de etanol hidratado no Cenário 2 (C&C2)**

Fonte: Elaboração própria.



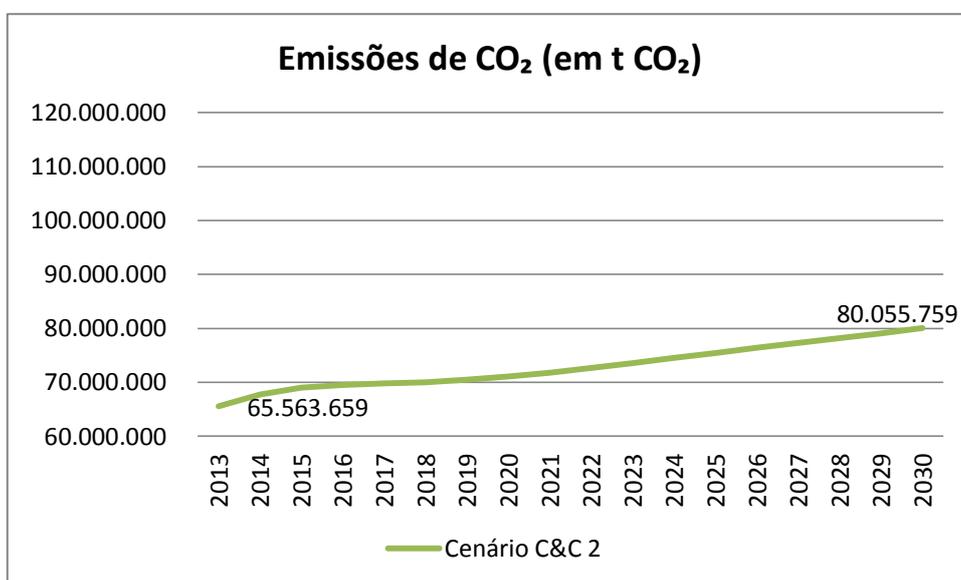
**Figura 4.23: Consumo de gasolina no Cenário 2 (C&C2)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.24: Consumo total de combustível no Cenário 2 (C&C2)**

Fonte: Elaboração própria.

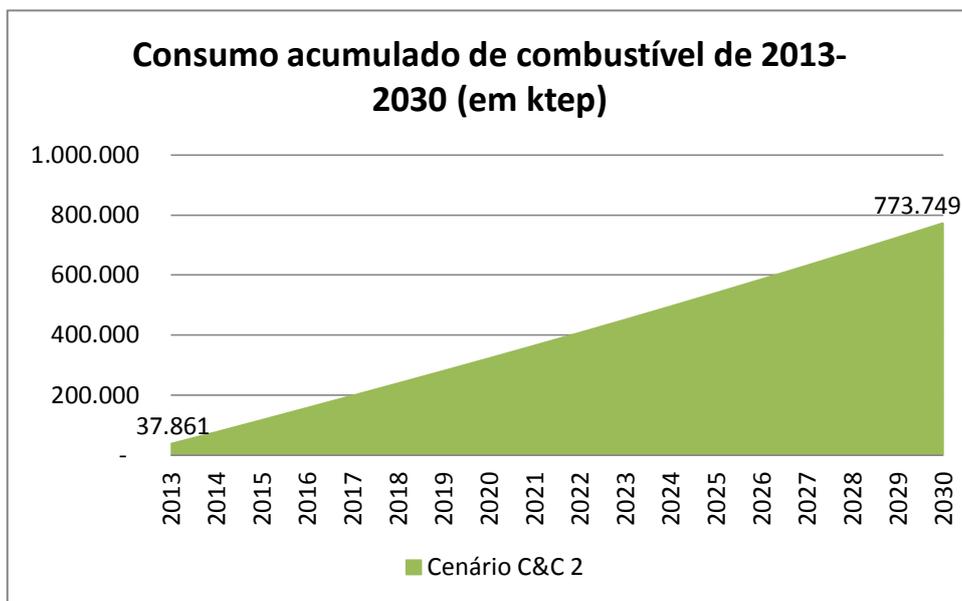


**Figura 4.25: Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 2 (C&C2)**

Fonte: Elaboração própria.

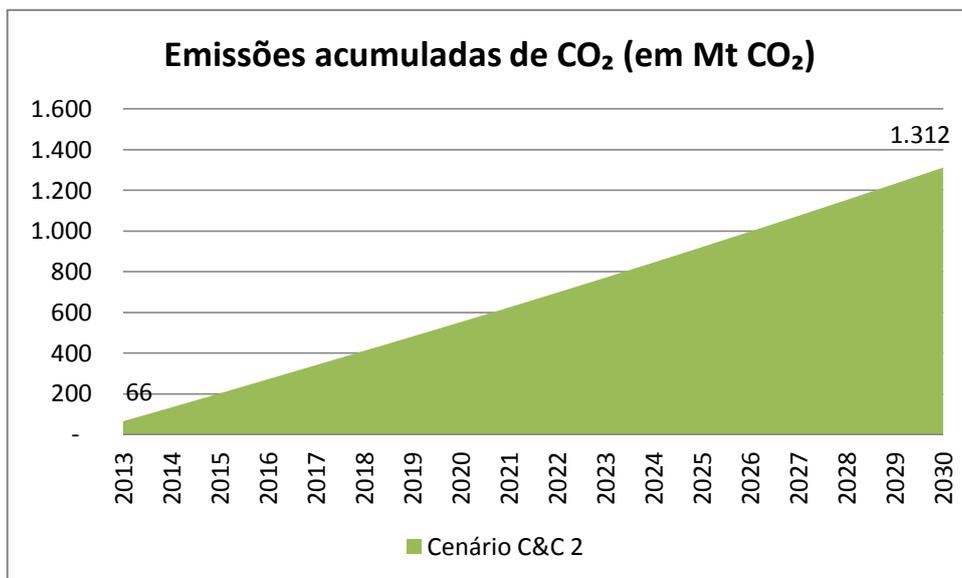
Nota-se que o consumo volumétrico de etanol e gasolina somados não alcança a marca de 70 milhões de m<sup>3</sup> em 2030, chegando somente a 69 milhões de m<sup>3</sup>. O consumo energético evolui de 37,9 Mtep em 2013 para 47,7 Mtep em 2030 (um aumento de 22%) e as emissões alcançam 80 Mt CO<sub>2</sub>.

Quanto ao consumo acumulado de combustível e emissões, dispostos respectivamente nas Figuras 4.26 e 4.27, o cenário apresentou uma média de 43,0 Mtep e 72,9 Mt CO<sub>2</sub> ao longo dos 18 anos e totalizou 774 Mtep e 1.312 Mt CO<sub>2</sub> acumulados em 2030.



**Figura 4.26: Consumo acumulado de combustível de 2013-2030 no Cenário 2 (C&C2)**

Fonte: Elaboração própria.

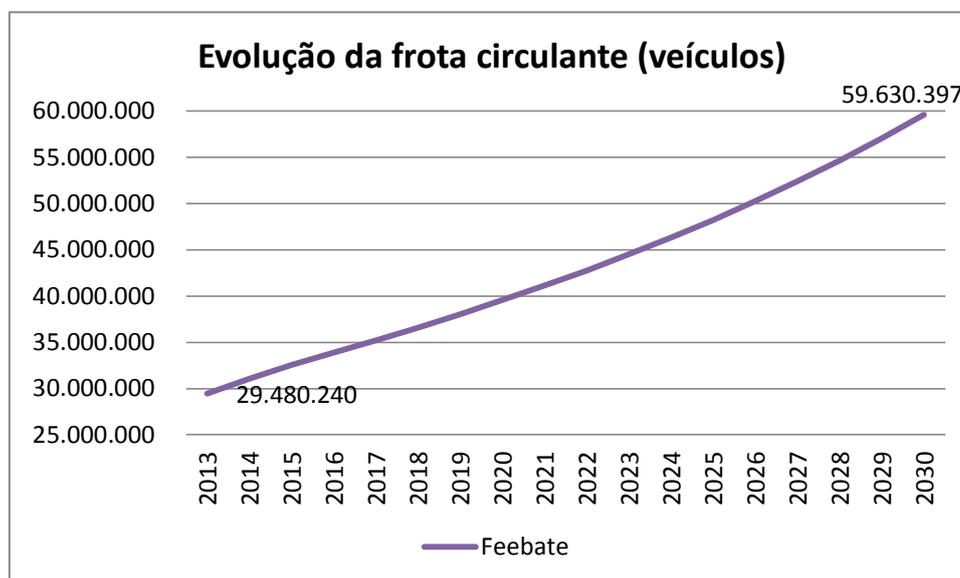


**Figura 4.27: Emissões acumuladas de CO<sub>2</sub> de 2013-2030 no Cenário 2 (C&C2)**

Fonte: Elaboração própria.

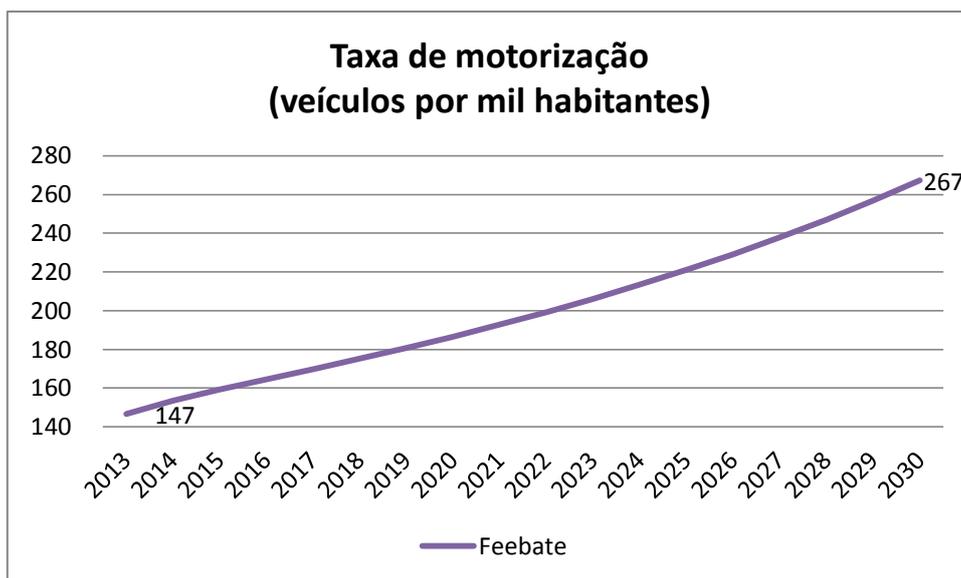
#### 4.1.4 Cenário 3 – *Feebate*

No cenário de *feebate*, há uma alteração na quantidade de veículos vendida em 2014 devido à instituição do programa, o que originou um aumento nas vendas nesse ano, carregado até o ano de 2030. Isso gera aumentos na frota circulante, taxa de motorização e quilometragem percorrida, como pode ser visto nas Figuras 4.28, 4.29 e 4.30:



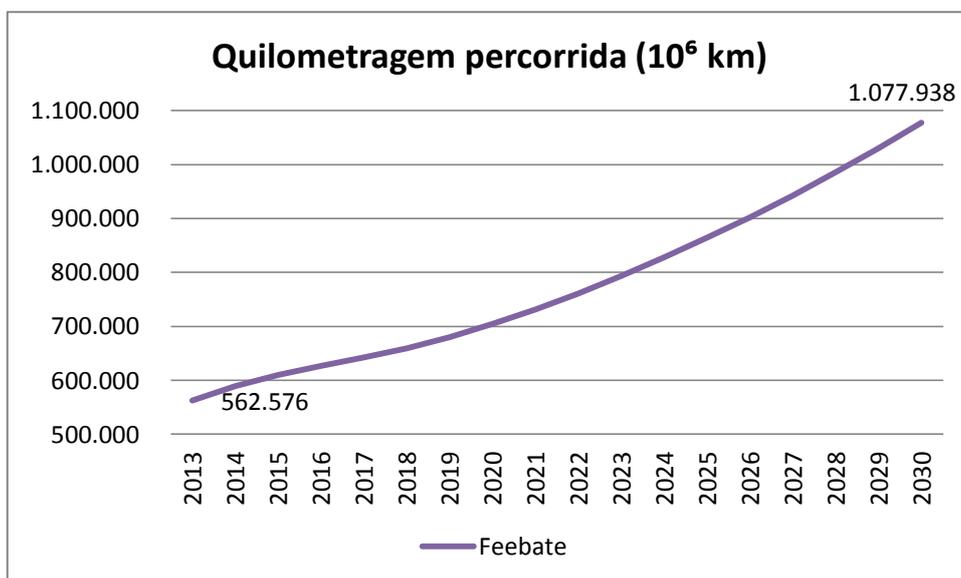
**Figura 4.28: Frota circulante no Cenário 3 (*feebate*)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.29: Taxa de motorização no Cenário 3 (feebate)**

Fonte: Elaboração própria.

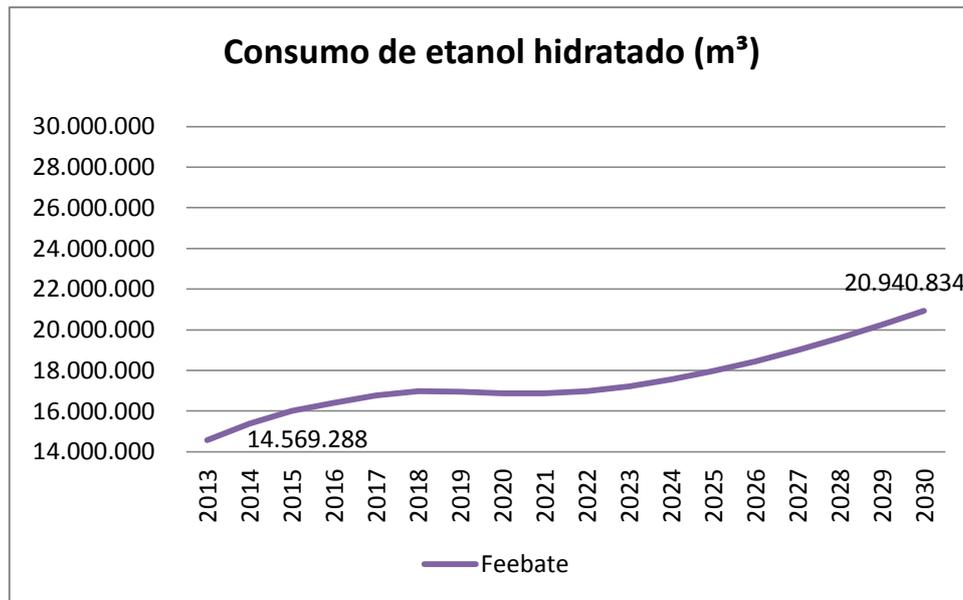


**Figura 4.30: Quilometragem percorrida pelos veículos no Cenário 3 (feebate)**

Fonte: Elaboração própria.

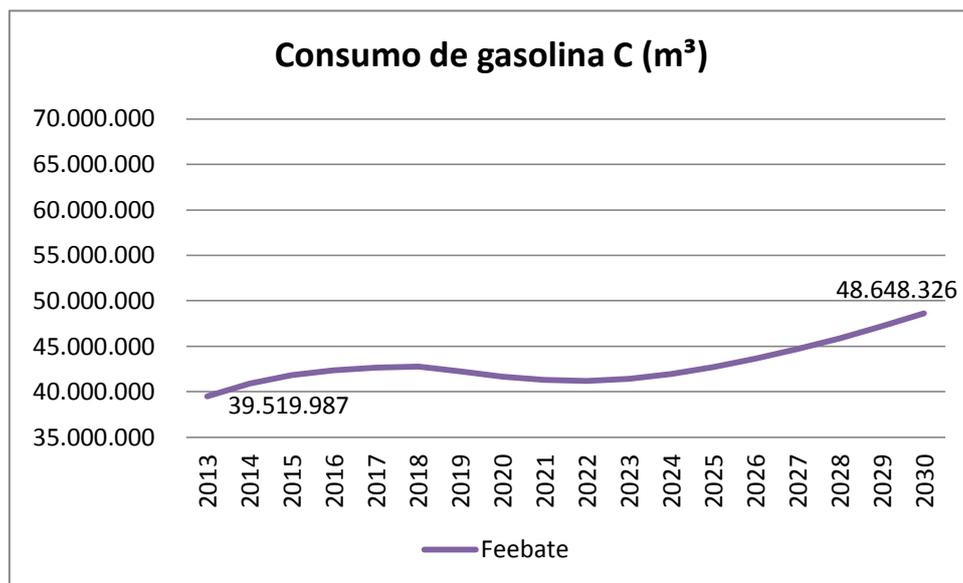
Vê-se que a taxa de motorização alcança 267 veículos por mil habitantes e há uma adição de aproximadamente 300.000 veículos à frota em 2030, se comparado à linha de base, uma diferença percentual tímida, de 0,5%, considerando que a frota é de quase 60 milhões de veículos nesse ano.

A maior diferença em relação à linha de base se observa nas emissões de CO<sub>2</sub> e no consumo de combustível, disponíveis nas Figuras 4.31, 4.32, 4.33 e 4.34:



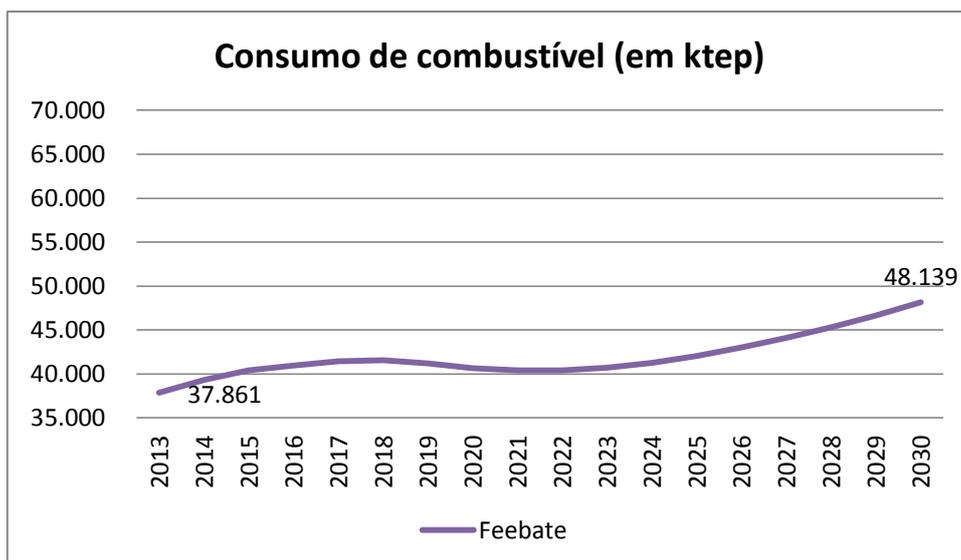
**Figura 4.31: Consumo de etanol hidratado no Cenário 3 (feebate)**

Fonte: Elaboração própria.



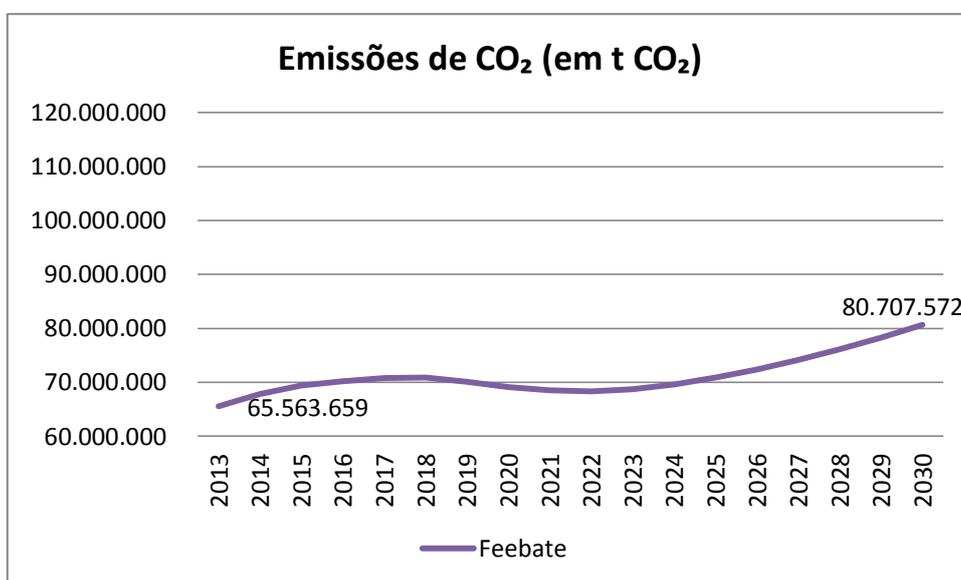
**Figura 4.32: Consumo de gasolina no Cenário 3 (feebate)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.33: Consumo total de combustível no Cenário 3 (feebate)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.34: Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 3 (feebate)**

Fonte: Elaboração própria.

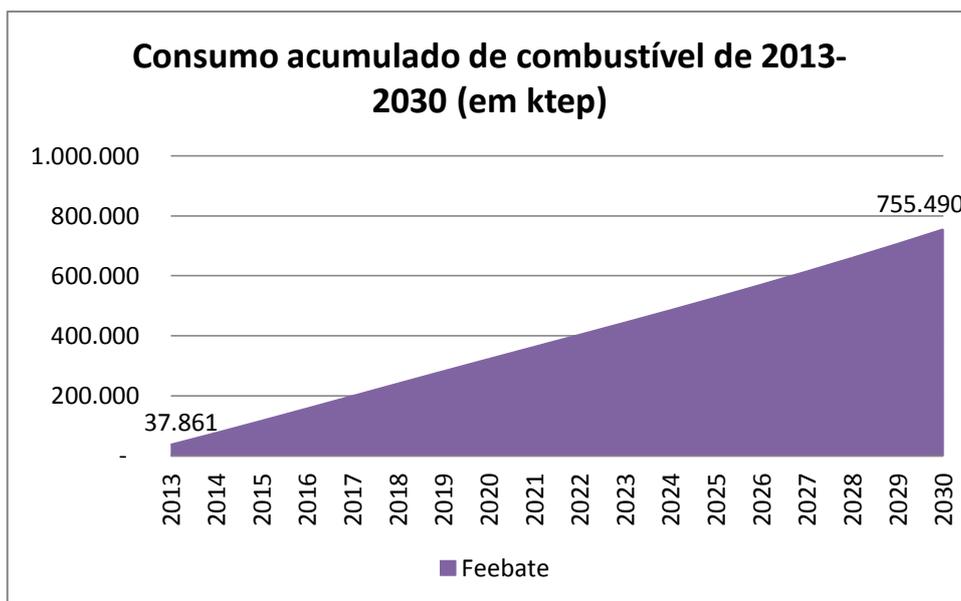
Em função da política de *feebate*, o consumo volumétrico de combustível em 2030 é de 69,6 milhões de m<sup>3</sup>, dos quais aproximadamente 20,9 milhões de m<sup>3</sup> de etanol e 48,6 de gasolina.

É possível observar que o cenário de *feebate* apresenta dois pontos de inflexão no consumo de combustível e nas emissões de CO<sub>2</sub>. No ano de 2018 atinge-se um máximo

local de 41,6 Mtep e 70,9 milhões t CO<sub>2</sub> e esses valores apresentam reduções anuais até o ano de 2022, em que há um mínimo local de 40,4 Mtep e 68,4 Mt CO<sub>2</sub>. Isso é decorrente do expressivo aumento na eficiência dos veículos desse cenário nos anos de 2017 e 2018, biênio no qual a eficiência cresce 40%. Posteriormente, esse aumento de eficiência é compensado pelo aumento nas vendas e o consumo de energia (e as emissões de CO<sub>2</sub>) voltam a crescer. Em 2030, é consumido 48,1 Mtep de combustível e emite-se 80,7 Mt CO<sub>2</sub>.

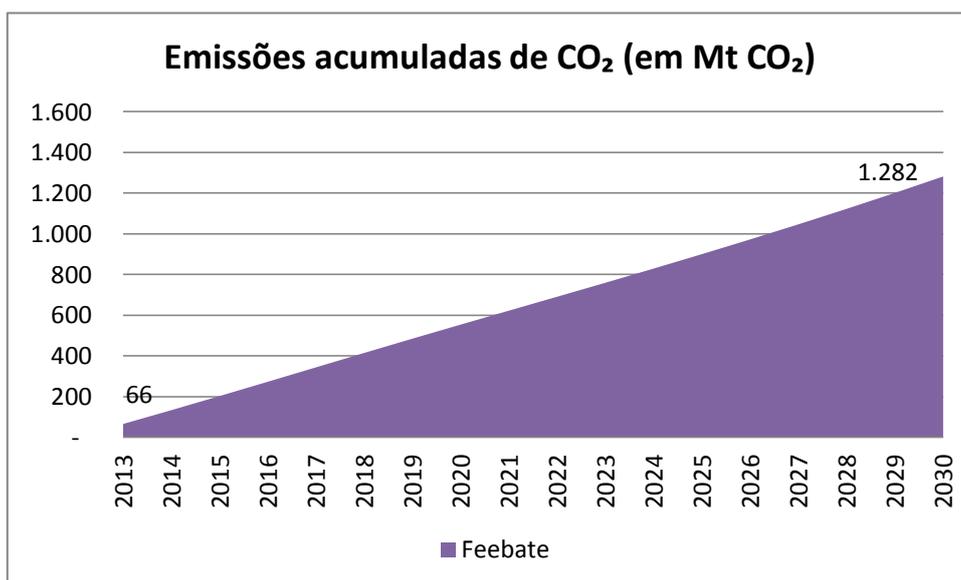
Um fato surpreendente nesse cenário é que a instituição do *feebate* não gera uma economia global de energia por conta da alteração do perfil de vendas, e sim um aumento no consumo de energia devido ao aumento do nível de vendas, que suplanta o aumento de eficiência. ICCT (2010) afirma que a economia de energia decorrente do perfil de vendas é pequena se comparada à causada pela adoção de tecnologias eficientes, mas os autores não comentam um possível aumento do consumo energético. Possivelmente, esse fato é causado por uma peculiaridade do perfil de vendas da frota brasileira, que é fortemente concentrado em veículos de baixa cilindrada, baixo peso e eficiência comparativamente alta. Conforme já ilustrado na Figura 3.14, se a frota de vendas do Brasil for dividida em 5 quantis em função de sua eficiência, os dois quantis mais eficientes contém aproximadamente 60% das vendas de automóveis, enquanto os dois quantis menos eficientes apresentam cerca de 20% das vendas (os demais 20% pertencem ao quantil que representa a mediana).

Ainda assim, o consumo acumulado de combustível do cenário de *feebate* é o menor de todos os cenários: 755 Mtep, com uma média de 42,0 Mtep por ano – pouco superior ao verificado em 2013, de 37,9 Mtep. O mesmo pode ser dito das emissões de CO<sub>2</sub>, com 1.282 Mt CO<sub>2</sub> emitidas e média de 71,2 Mt CO<sub>2</sub>/ano. Isso ocorre pois esse cenário apresenta celeridade na introdução de medidas eficientes, com aumento de eficiência vertiginoso (da ordem de 40%) de 2017 a 2019.



**Figura 4.35: Consumo acumulado de combustível de 2013-2030 no Cenário 3 (feebate)**

Fonte: Elaboração própria.



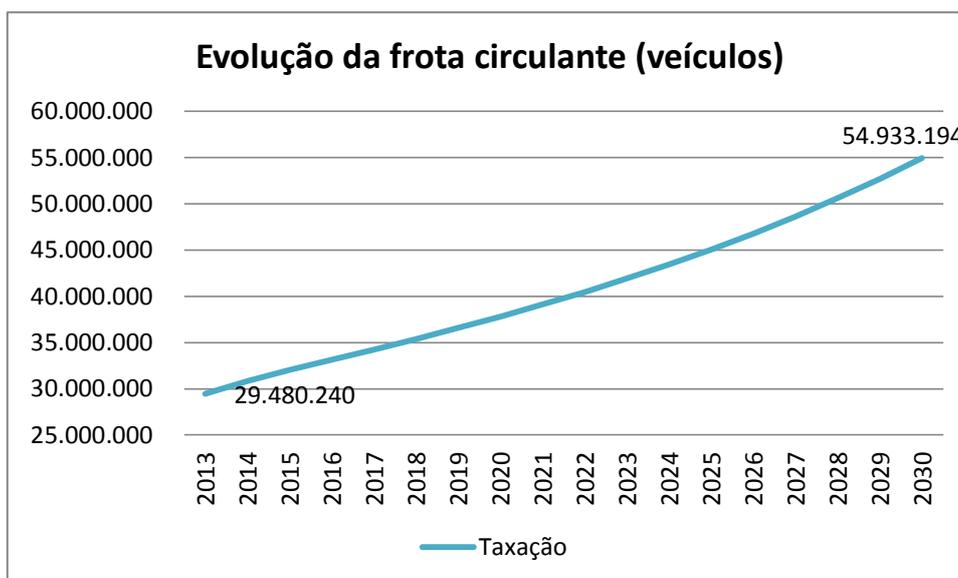
**Figura 4.36: Emissões acumuladas de CO<sub>2</sub> de 2013-2030 no Cenário 3 (feebate)**

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.1.5 Cenário 4 – Taxação

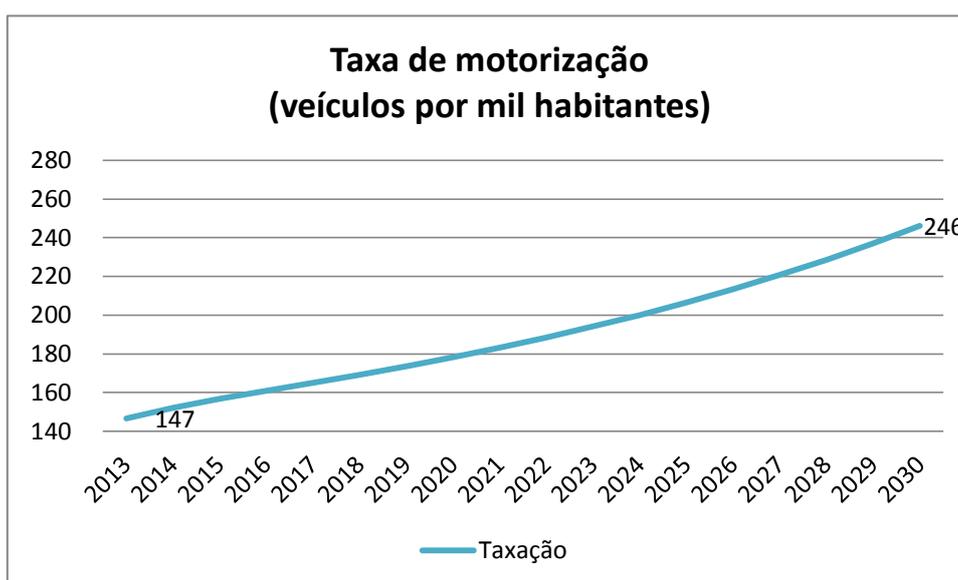
Devido à redução de vendas da ordem de 8% proporcionada pela taxaço, esse cenário é o que possui o menor nível de vendas, seja em 2014, 2030 ou qualquer outro ano do

horizonte de modelagem. Tal fato pode ser constatado na Figura 4.37 (frota circulante) e 4.38 (taxa de motorização) e na Figura 4.39 (quilometragem percorrida), cujos patamares são os menores dentre todos os cenários:



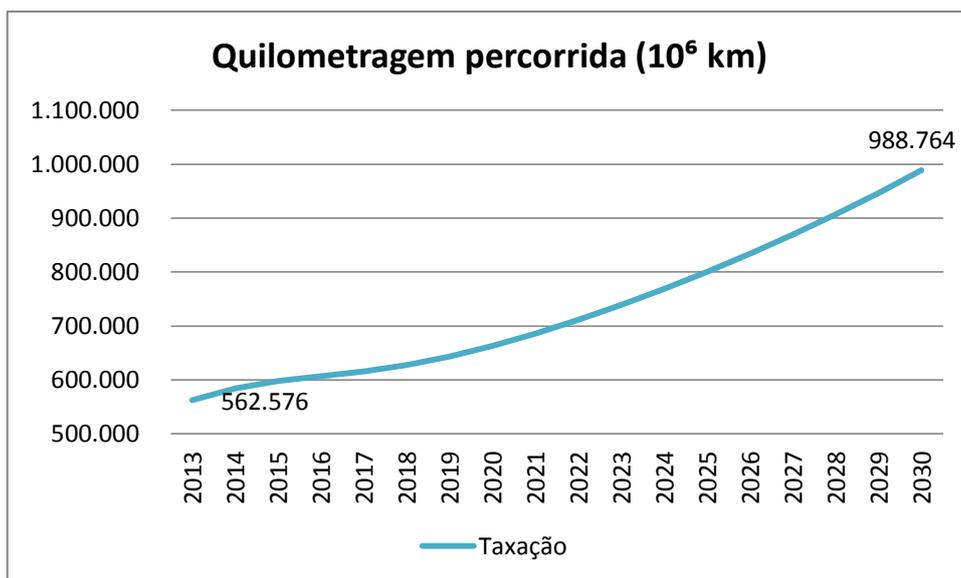
**Figura 4.37: Frota circulante no Cenário 4 (taxação)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.38: Taxa de motorização no Cenário 4 (taxação)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.39: Quilometragem percorrida pelos veículos no Cenário 4 (taxação)**

Fonte: Elaboração própria.

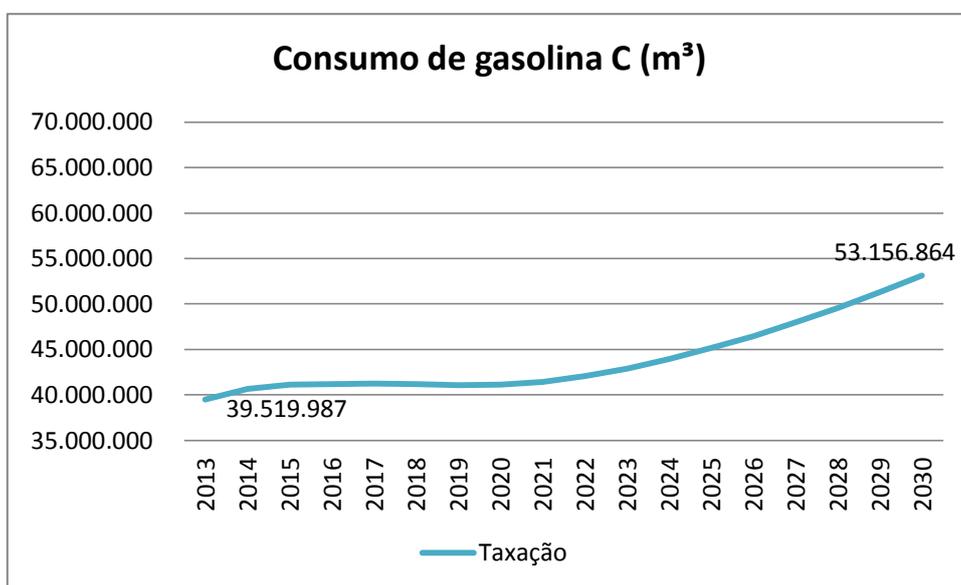
Percebe-se, assim, que o cenário de taxaço é o único cuja quilometragem percorrida se mantém abaixo do patamar de  $10^{12}$  km. Enquanto as vendas nos demais beiram os 60 milhões de veículos em 2030, elas não alcançam 55 milhões com a taxaço. A taxa de motorização alcança aproximadamente 250 veículos por mil habitantes em 2030, o que significa que, em média, a cada quatro pessoas, uma possuiria um carro.

Adicionalmente, as Figuras 4.40, 4.41, 4.42 e 4.43 apresentam o consumo de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub> desse cenário.



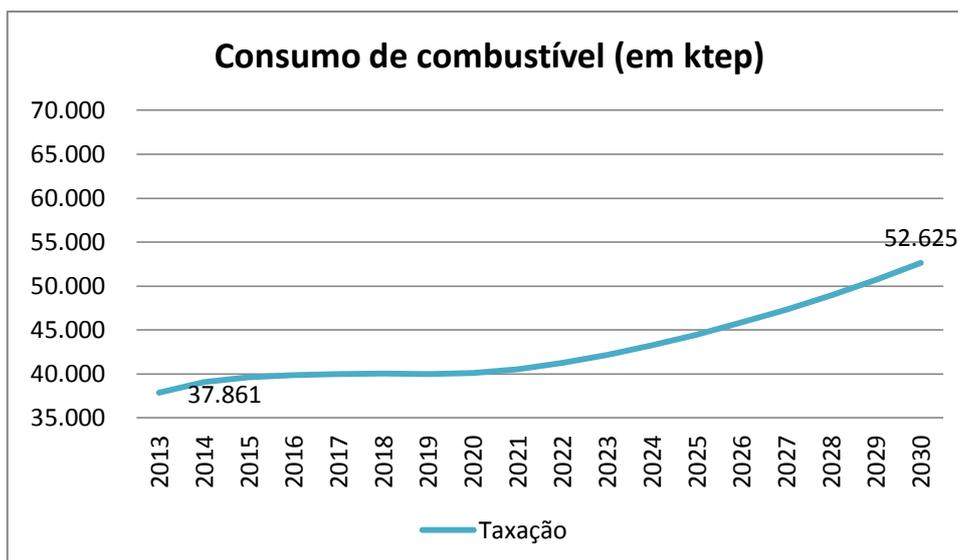
**Figura 4.40: Consumo de etanol hidratado no Cenário 4 (taxação)**

Fonte: Elaboração própria.



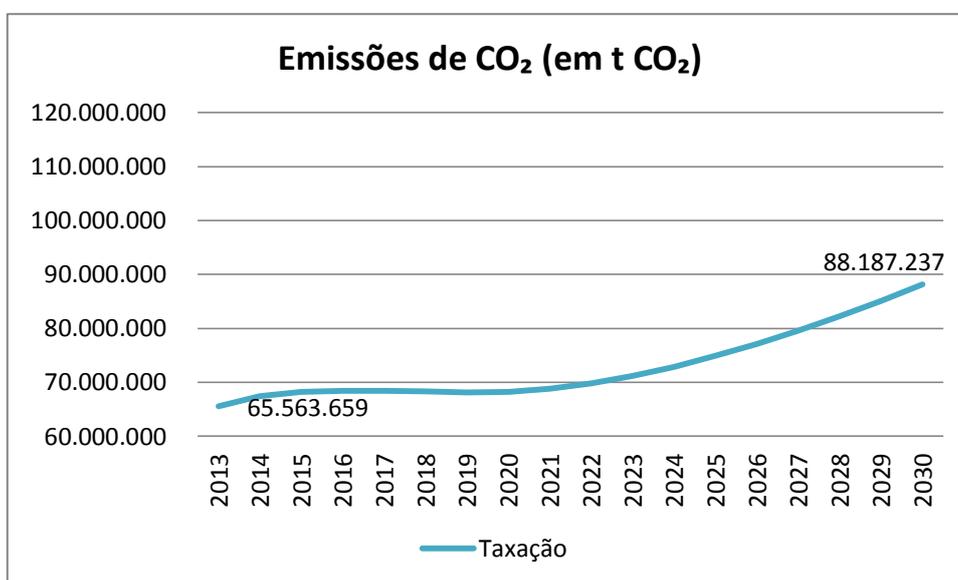
**Figura 4.41: Consumo de gasolina no Cenário 4 (taxação)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.42: Consumo total de combustível no Cenário 4 (taxação)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.43: Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário 4 (taxação)**

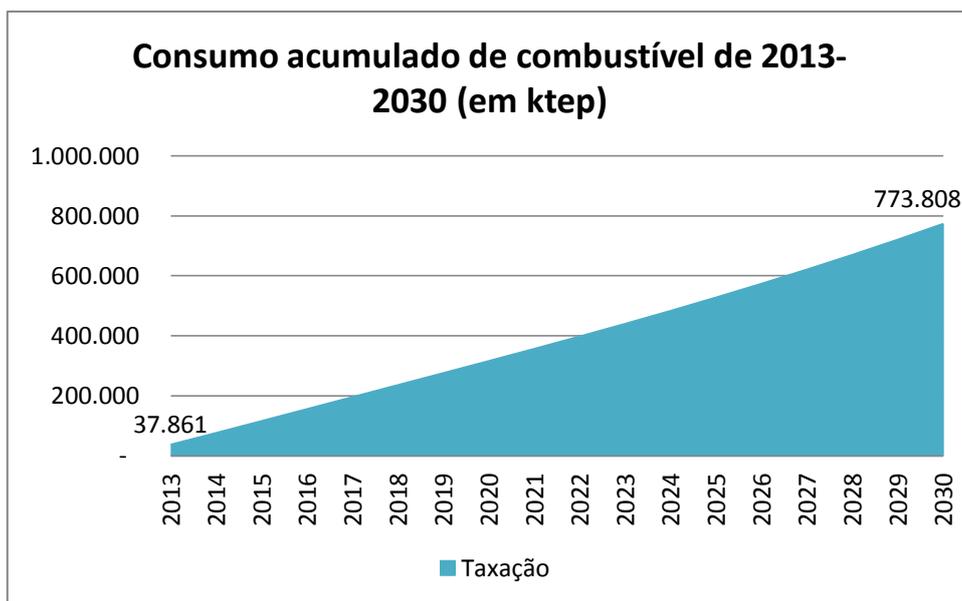
Fonte: Elaboração própria.

Em termos volumétricos, o consumo projetado de combustível em 2030 é de 76 milhões de m<sup>3</sup>, sendo 23 milhões de m<sup>3</sup> de etanol (aumento de 57% em relação a 2013) e 53 milhões de m<sup>3</sup> de gasolina (aumento de 35% em relação a 2013). O consumo energético ultrapassa ligeiramente a faixa de 50 Mtep, chegando em 53 Mtep.

De forma semelhante ao cenário de *feebate*, há também dois pontos de inflexão no consumo total de combustível (e emissões de CO<sub>2</sub>) do cenário de taxaço, embora eles sejam mais discretos. Em 2018, esse consumo alcança pouco mais de 40 Mtep (40,02) e no ano seguinte decresce a pouco menos de 40 Mtep (39,99), porém já em 2020 o consumo de 2017 é superado, com um consumo de 40,1 Mtep. Mais notável, contudo, é o fato de que de 2015 a 2020, em função da redução do nível de vendas, do aumento de eficiência da frota e do cenário econômico adverso, o consumo total de combustível se mantém praticamente estável, com um aumento de somente 1%.

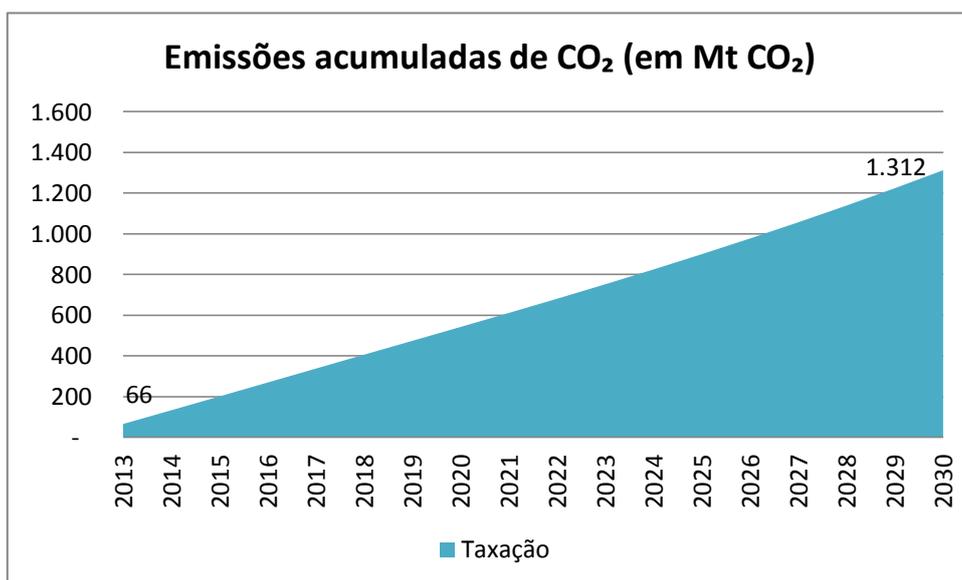
Conforme já foi mencionado, a alteração no nível de vendas nesse cenário não contemplou uma alteração na curva de sucateamento ou na intensidade de uso. Assim, não se considera, por exemplo, que um menor nível de vendas faz com que os donos de veículos podem utilizar por mais tempo seus veículos antigos e menos eficientes, o que pode prejudicar os ganhos de eficiência.

Como consequência desses aspectos, o consumo acumulado de combustível no período de 2013-2030 no cenário de *feebate* é de 774 Mtep, uma média de 43,0 Mtep por ano (vide Figura 4.44). As emissões de CO<sub>2</sub> tiveram uma média de 72,9 Mt CO<sub>2</sub>/ano e acumulam 1.312 Mt CO<sub>2</sub> em 2030 (vide Figura 4.45).



**Figura 4.44: Consumo acumulado de combustível de 2013-2030 no Cenário 4 (taxação)**

Fonte: Elaboração própria.



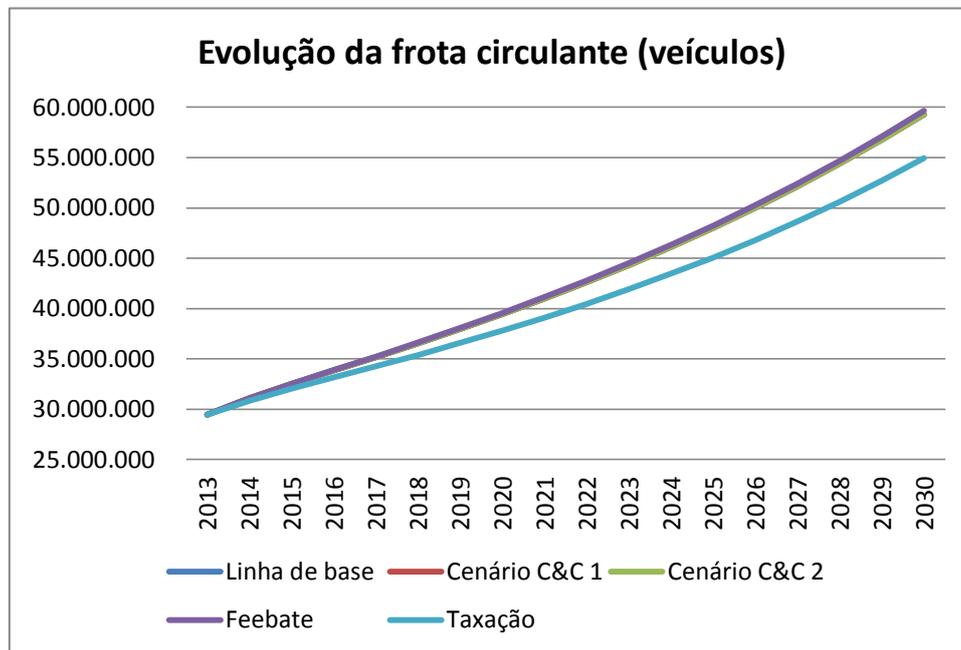
**Figura 4.45: Emissões acumuladas de CO<sub>2</sub> de 2013-2030 no Cenário 4 (taxação)**

Fonte: Elaboração própria.

## 4.2 Comparação entre cenários

Tão importante quanto os resultados individuais de cada cenário é a sua performance comparada a seus pares. Seguindo essa linha de raciocínio, essa seção aborda os aspectos anteriores concomitantemente em todos os cenários.

A seguir, a Figura 4.46 apresenta a frota circulante em cada cenário:



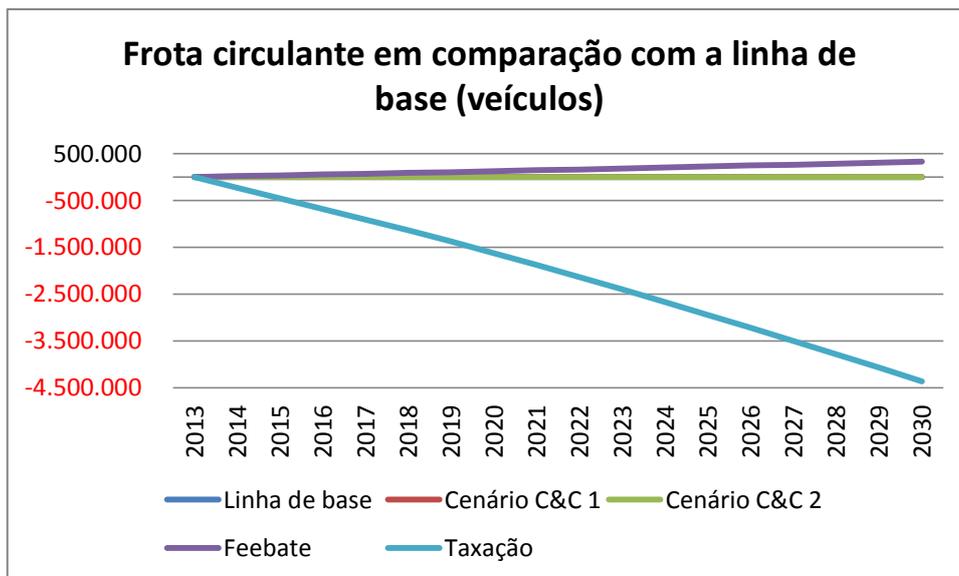
**Figura 4.46: Frota circulante em cada cenário**

Fonte: Elaboração própria.

É possível notar que, à exceção do cenário de taxaço, há pouca variaço entre o nível de vendas de cada cenário. Enquanto a frota no cenário de taxaço é pouco superior a 55 milhões de veículos em 2030, nos demais, esse valor é superior a 59 milhões. Trata-se de uma reduço de quase 8% em relaço aos demais cenários.

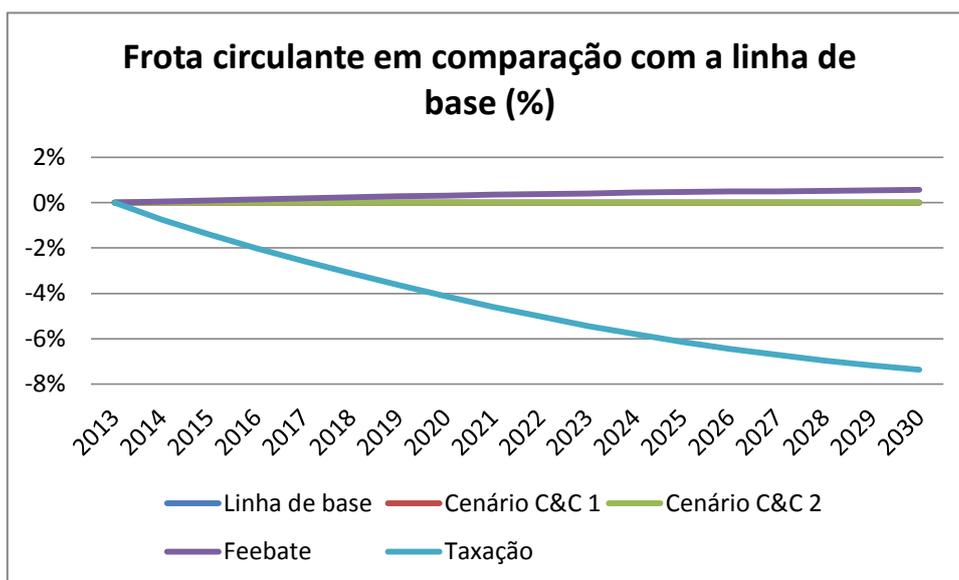
Uma forma alternativa de comparaço entre os cenários é avaliar a sua diferença em relaço à linha de base, assim como é feito na Figura 4.47. Nela, o plotado em cada cenário consiste no resultado do cenário em questào (no caso da Figura 4.47, a frota circulante) subtraído do resultado da linha de base. Assim, a linha roxa representa quantos veículos a mais são vendidos no cenário de *feebate* em relaço à linha de base. No caso da linha azul claro, que representa o cenário de taxaço, como seu valor é negativo, isso significa que a venda de veículos no cenário de taxaço é inferior à linha

de base. De forma análoga, a Figura 4.48 realiza exatamente a mesma análise em base percentual.



**Figura 4.47: Frota circulante em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos)**

Fonte: Elaboração própria.

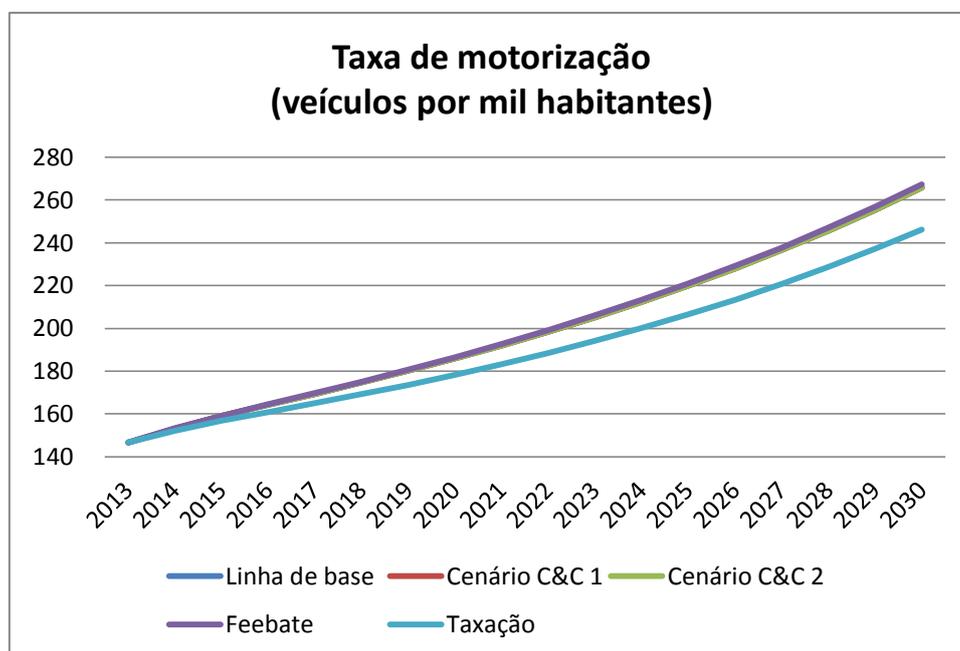


**Figura 4.48: Frota circulante em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual)**

Fonte: Elaboração própria.

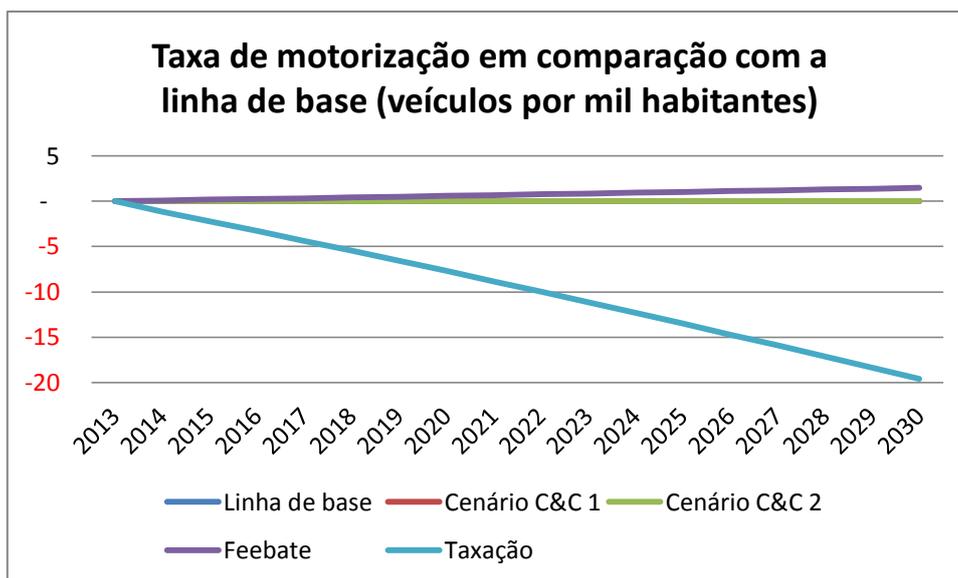
Percebe-se, então, que o cenário de feebate é o único que mantém uma frota superior ao da linha de base (em cerca de 300.000 veículos ou 0,5% da frota da linha de base), ao passo que o de taxaço é o único que possui uma frota inferior à linha de base (em torno de 7,5% inferior em 2030). Os demais cenários (C&C1, C&C2 e linha de base) são todos iguais, visto que não há diferença no nível de vendas desses cenários (devido à sobreposição, não é possível identificar todos esses cenários na Figura 4.47). Nos gráficos em que o resultado é subtraído da linha de base, o próprio cenário da linha de base é, logicamente, sempre igual a zero, já que a subtração de um número por ele mesmo é igual a zero.

Como a taxa de motorização e a quilometragem percorrida anualmente são afetadas somente pelas vendas de veículos, essa tendência se repete na Figura 4.49, na Figura 4.50 e na Figura 4.51 a seguir – os cenários C&C1, C&C2 e a linha de base não possuem nenhuma diferença entre si; e o cenário de taxaço e de feebate possuem respectivamente a menor e a maior taxa de motorização:



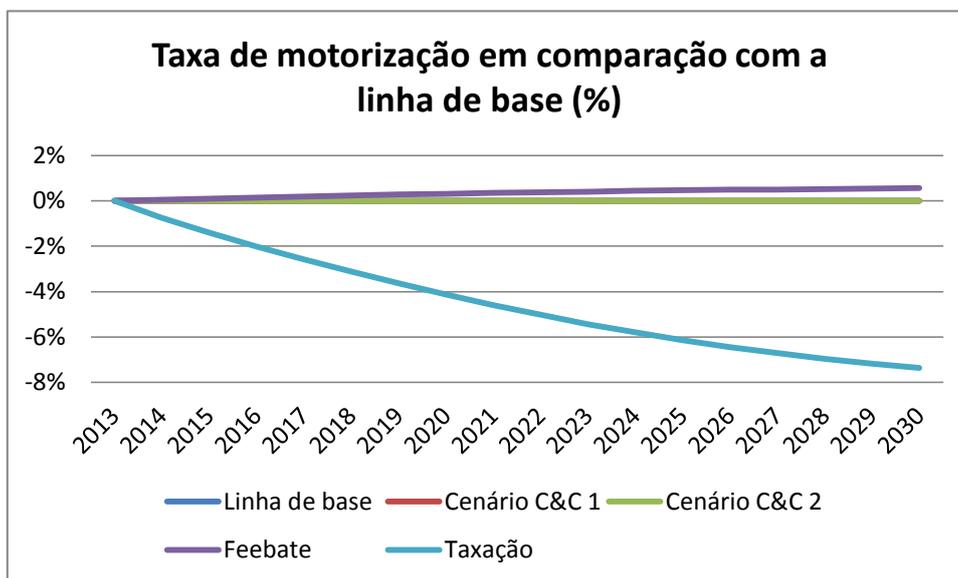
**Figura 4.49: Taxa de motorização em cada cenário**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.50: Taxa de motorização em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos)**

Fonte: Elaboração própria.



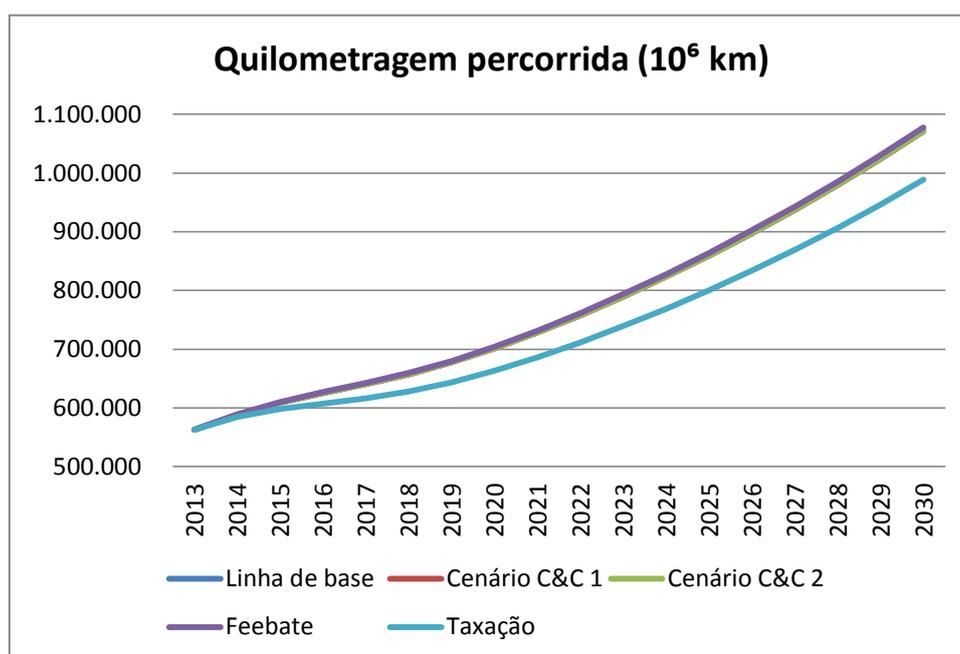
**Figura 4.51: Taxa de motorização em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual)**

Fonte: Elaboração própria.

O cenário de *feebate* alcança 267 veículos por mil habitantes; o de *taxação* alcança 246 veículos por mil habitantes; e os demais cenários situam-se em 266 veículos por mil habitantes. Apesar de a frota circulante ter dobrado de tamanho na projeção, a taxa de

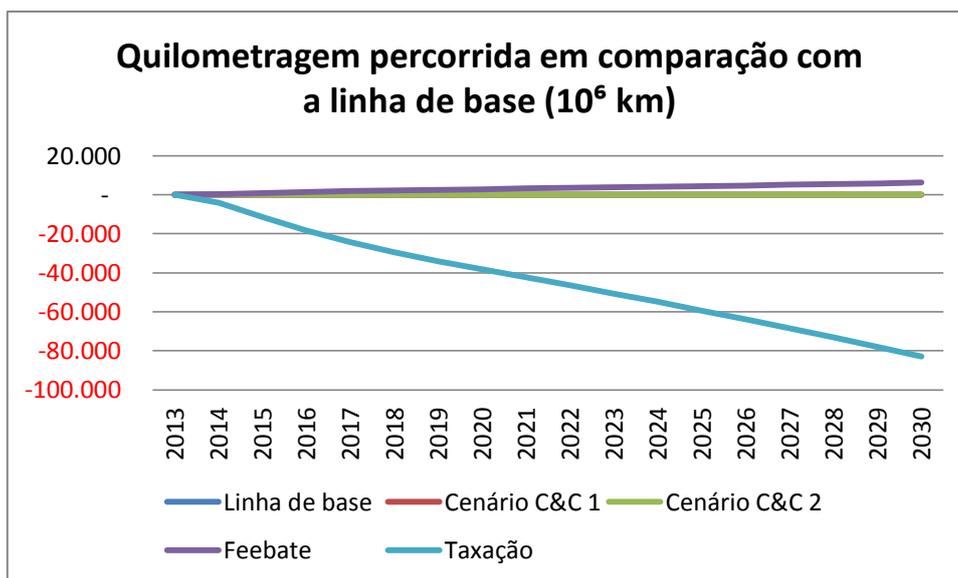
motorização brasileira permanece, em todos os cenários, inferior às atuais taxas mexicana, de 278 veículos por mil habitantes, e russa, de 271 veículos por mil habitantes (conforme disposto anteriormente na Figura 2.8). A título de comparação, a média da OCDE é de 562 veículos por mil habitantes.

Assim como a taxa de motorização e a frota circulante, a quilometragem percorrida anualmente segue a mesma relação entre os cenários: *feebate* com maior valor e taxação com o menor valor:



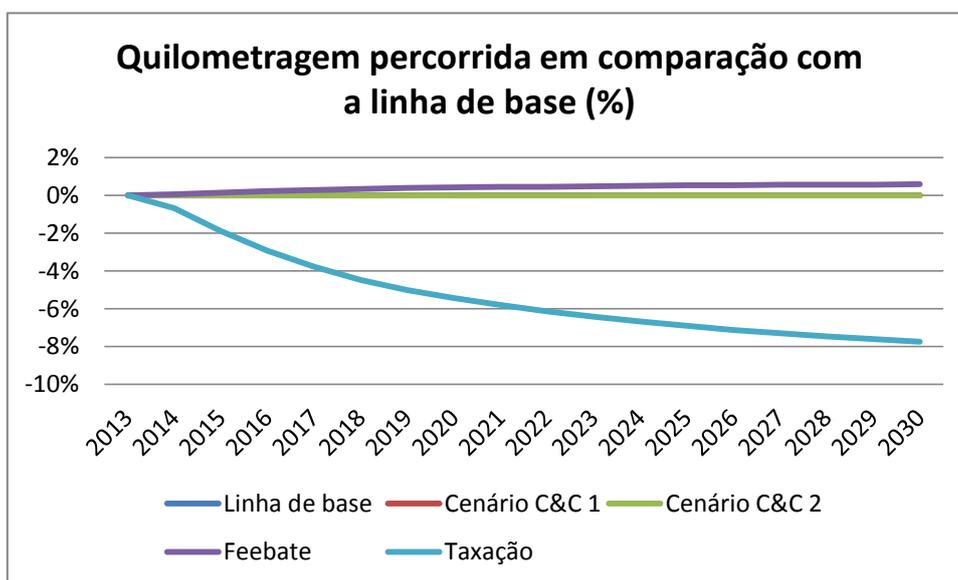
**Figura 4.52: Quilometragem percorrida em cada cenário**

Fonte: Elaboração própria.



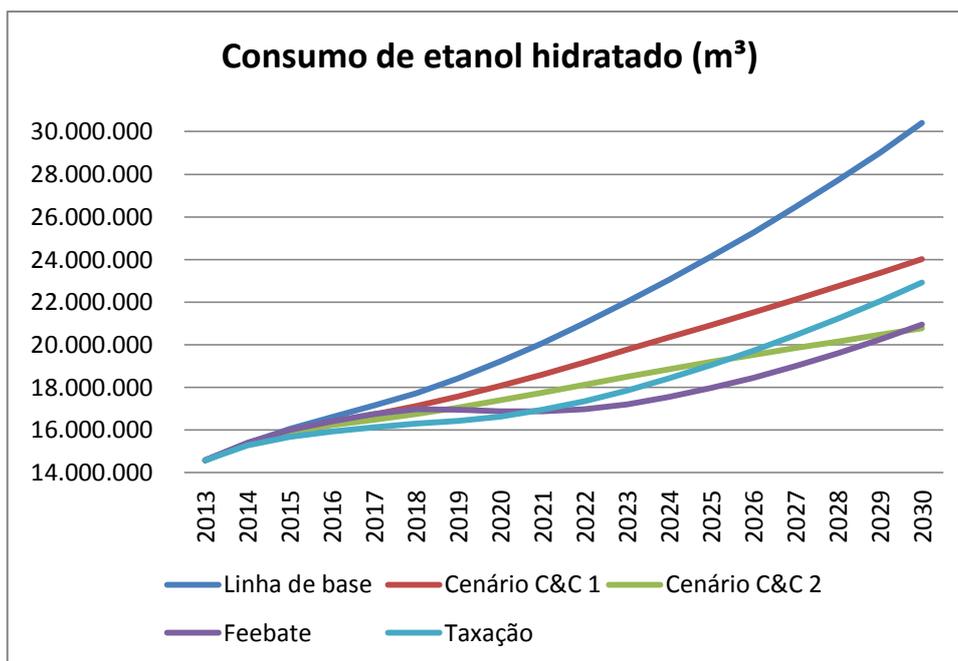
**Figura 4.53: Quilometragem percorrida em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos)**

Fonte: Elaboração própria.



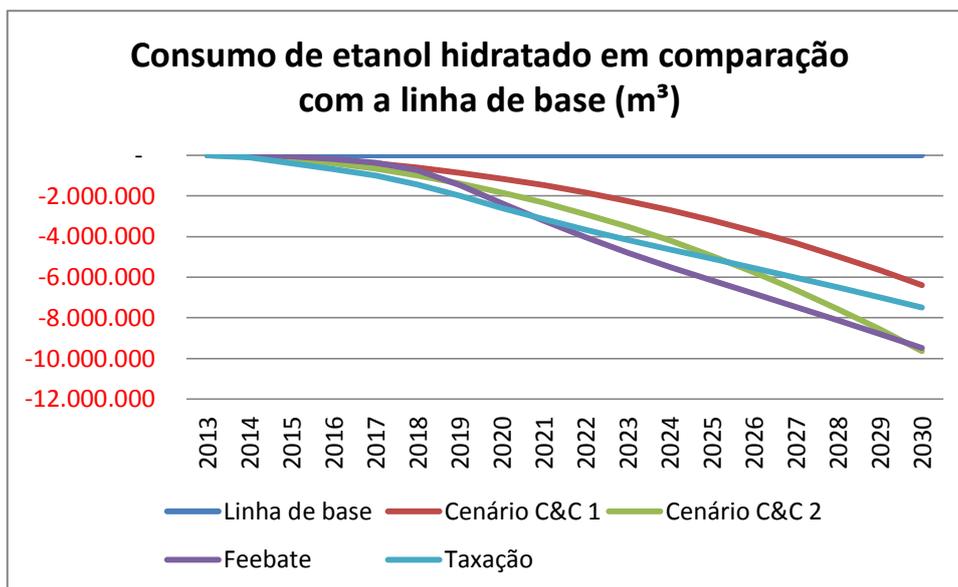
**Figura 4.54: Quilometragem percorrida em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual)**

Com relação aos aspectos energéticos, a Figura 4.55, a Figura 4.56 e a Figura 4.57 ilustram os resultados no que diz respeito ao consumo de etanol hidratado:



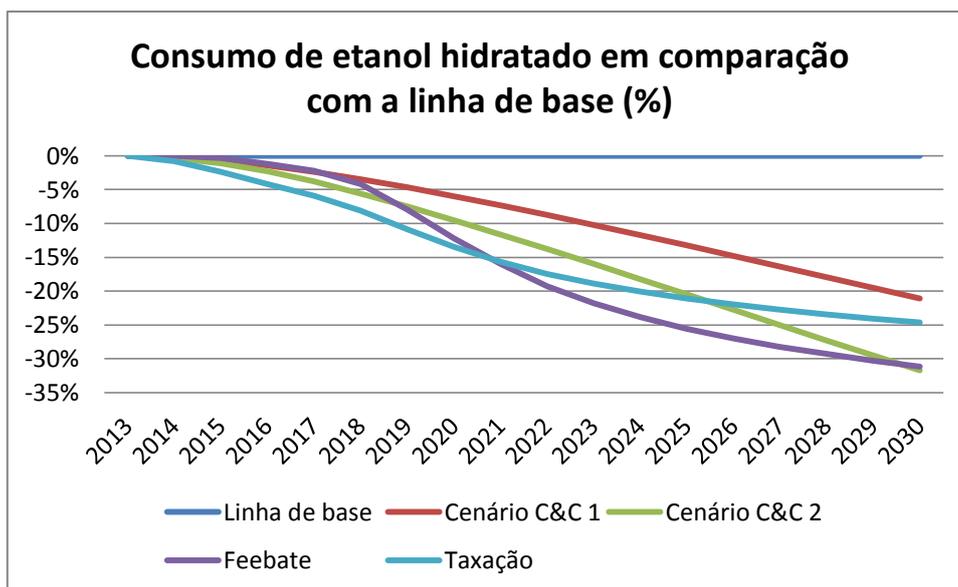
**Figura 4.55: Consumo de etanol hidratado em cada cenário**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.56: Consumo de etanol hidratado em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos)**

Fonte: Elaboração própria.



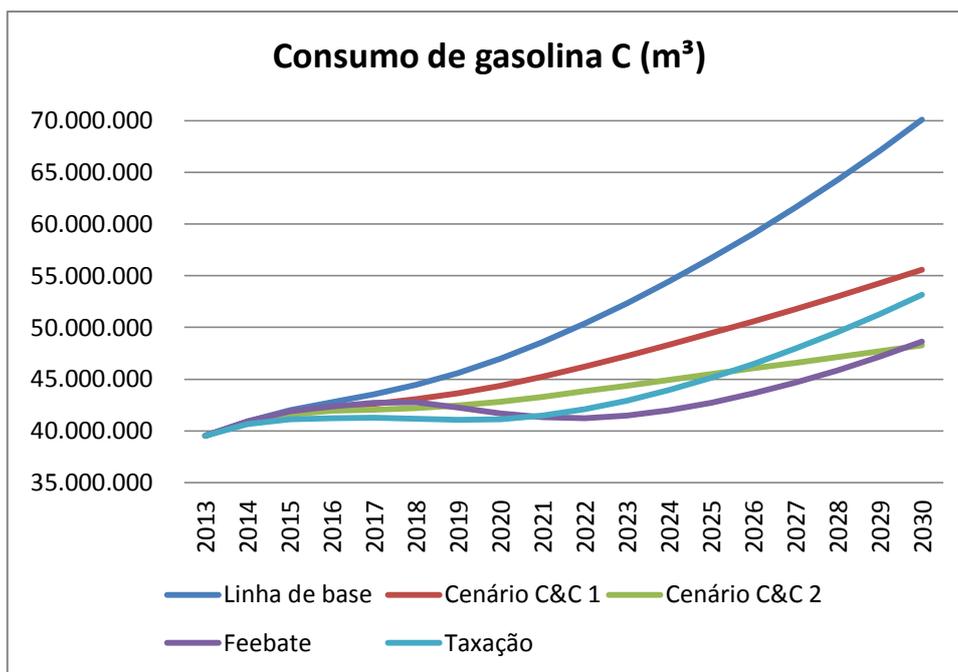
**Figura 4.57: Consumo de etanol hidratado em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual)**

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que a linha de base ultrapassa a marca de 30 milhões de metros cúbicos de etanol consumidos em 2030, enquanto o segundo maior consumo, do cenário C&C1 é de 24 milhões de metros cúbicos (diferença de 6 milhões de metros cúbicos). Essa economia de combustível em 2030 do cenário C&C1, que possui o segundo maior consumo de energia, é de cerca de 20%. Isso indica que mesmo melhorias de eficiência menores, se sustentadas ao longo do tempo, podem gerar resultados expressivos a longo prazo.

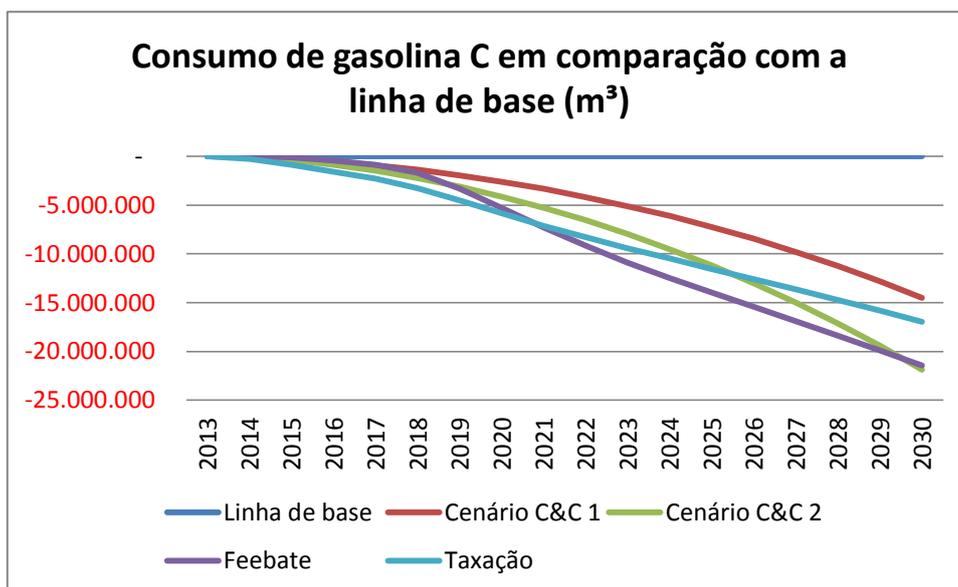
O cenário que apresentou o menor consumo de etanol em 2030 foi o C&C2, seguido pelo de *feebate* e o de taxaço. Essas informações serão abordadas em maior detalhe quando apresentado o consumo total de combustível de cada cenário.

O consumo de gasolina C em cada cenário está disposto na Figura 4.58, na Figura 4.59 e na Figura 4.60:



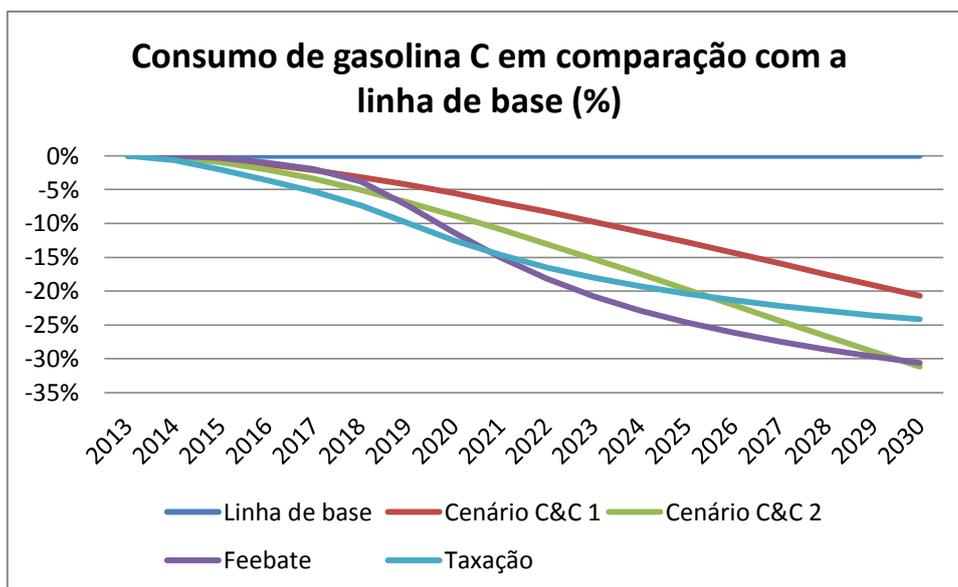
**Figura 4.58: Consumo de gasolina C em cada cenário**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.59: Consumo de gasolina C em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos)**

Fonte: Elaboração própria.

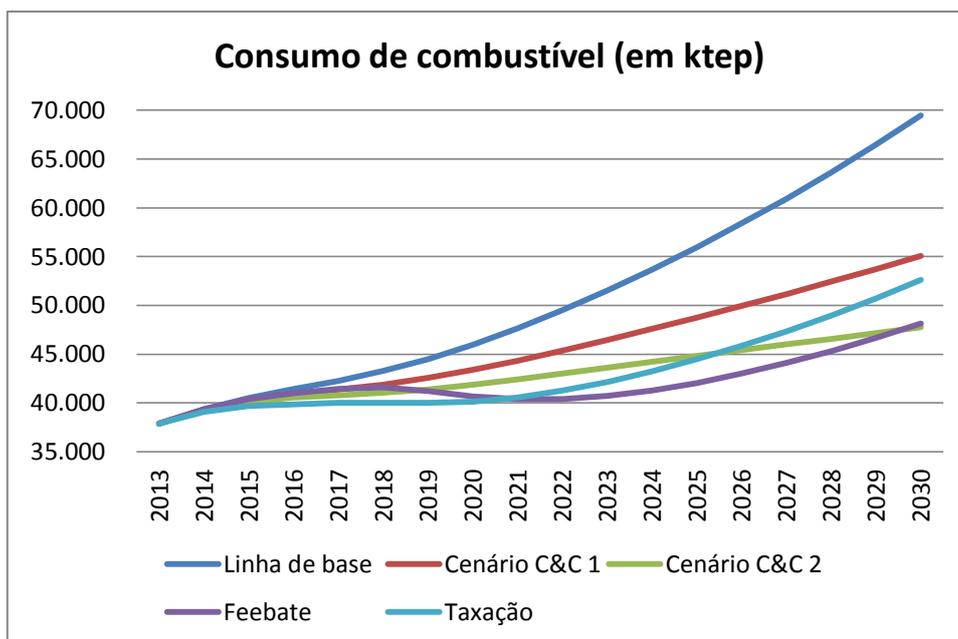


**Figura 4.60: Consumo de gasolina C em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual)**

Fonte: Elaboração própria.

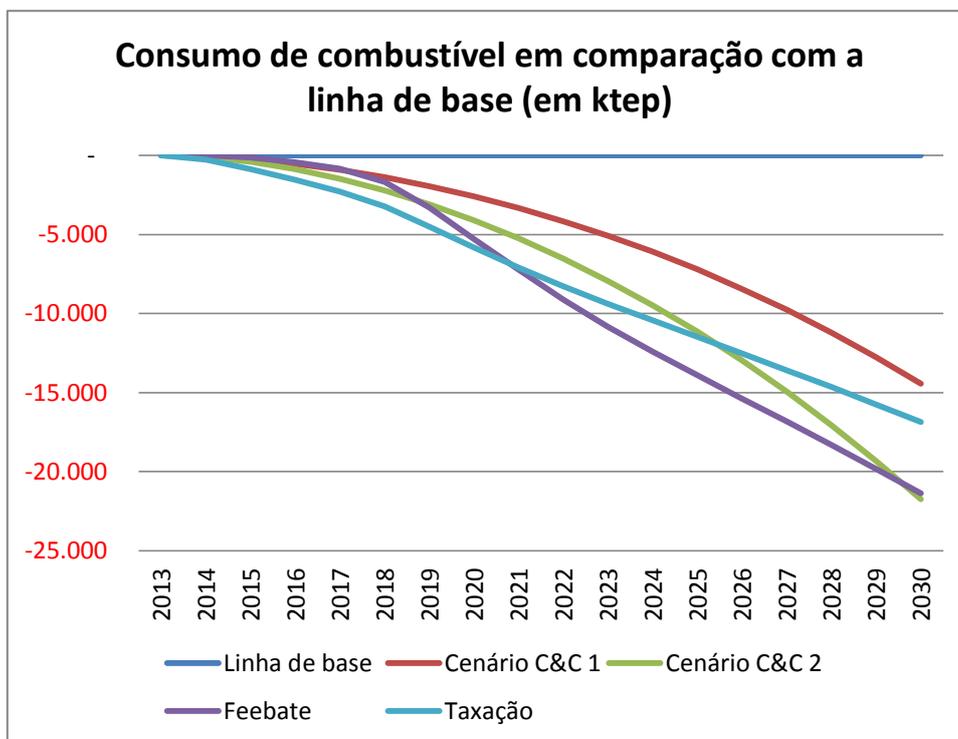
A linha de base possui o maior consumo de gasolina em 2030, com mais de 70 milhões de metros cúbicos. Em segundo lugar, o cenário C&C1 apresenta consumo de 55 milhões de metros cúbicos no mesmo ano, mais uma vez com uma economia de cerca de 20%. Cenários mais audaciosos, como o de feebate e C&C2, alcançam economias de combustível superiores a 30%, com 20 milhões de m<sup>3</sup> de gasolina a menos de consumo.

Somando-se os consumos de gasolina C e etanol hidratado de cada cenário e convertendo-os a uma base energética e em emissões de CO<sub>2</sub>, é possível avaliar com maior precisão o impacto de cada política energética. Essa comparação é realizada nas Figuras 4.61 a 4.66.:



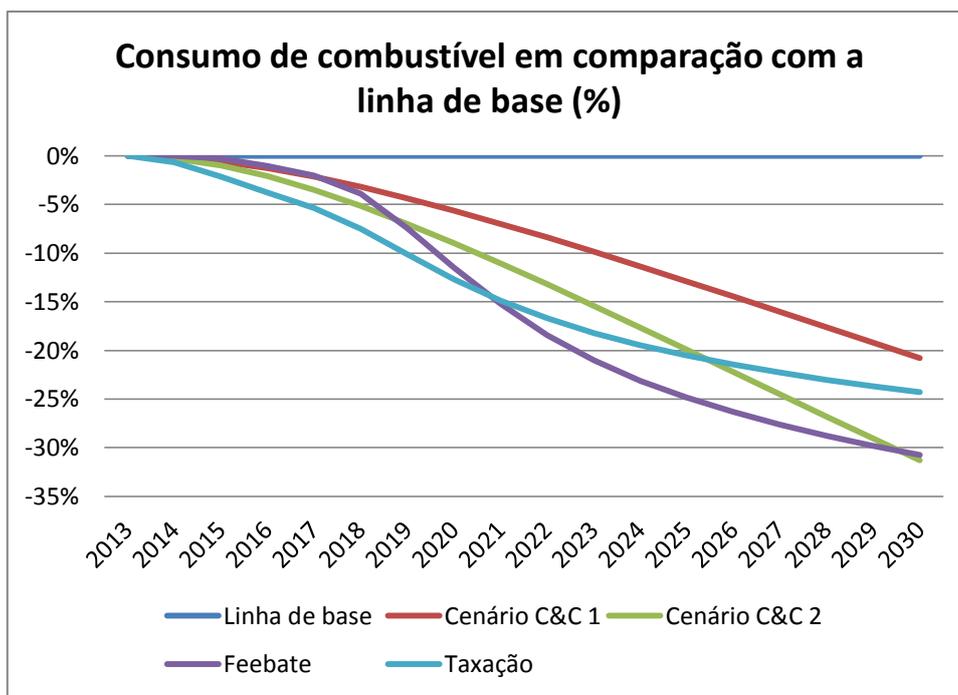
**Figura 4.61: Consumo total de combustível em cada cenário**

Fonte: Elaboração própria.



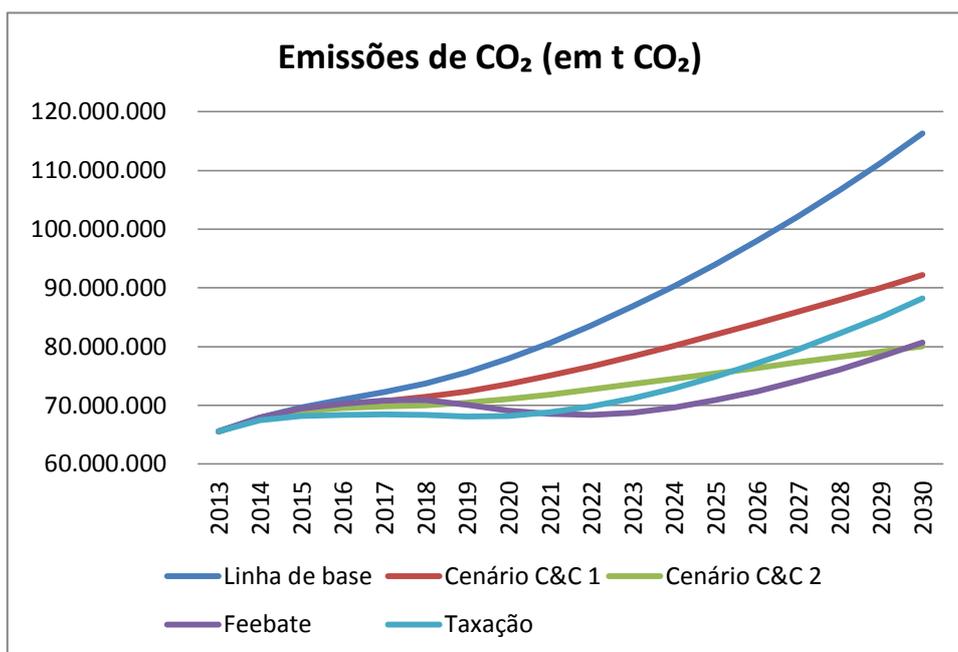
**Figura 4.62: Consumo total de combustível em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos)**

Fonte: Elaboração própria.



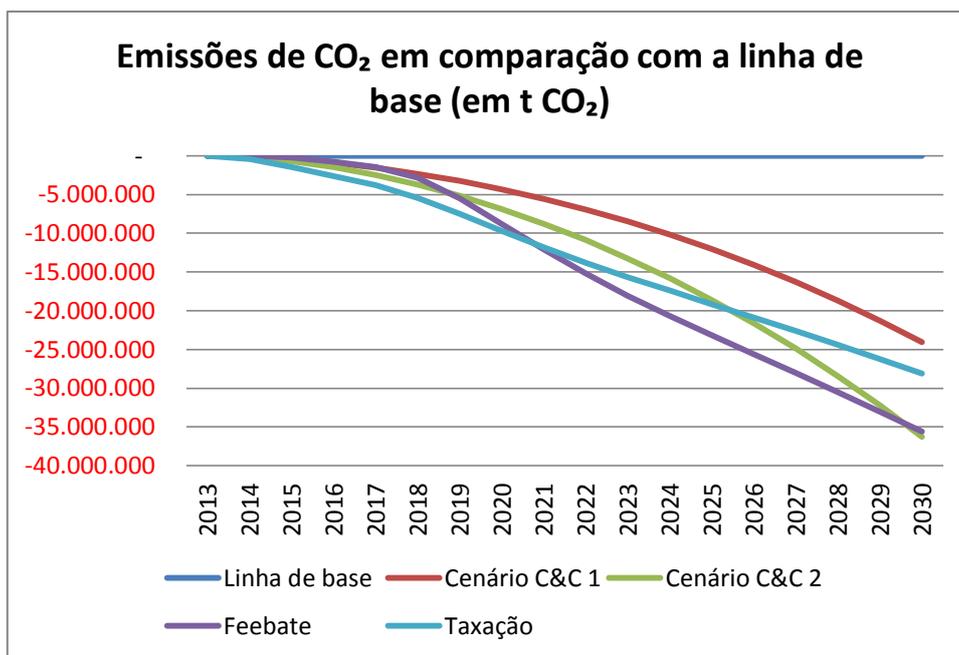
**Figura 4.63: Consumo total de combustível em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual)**

Fonte: Elaboração própria.



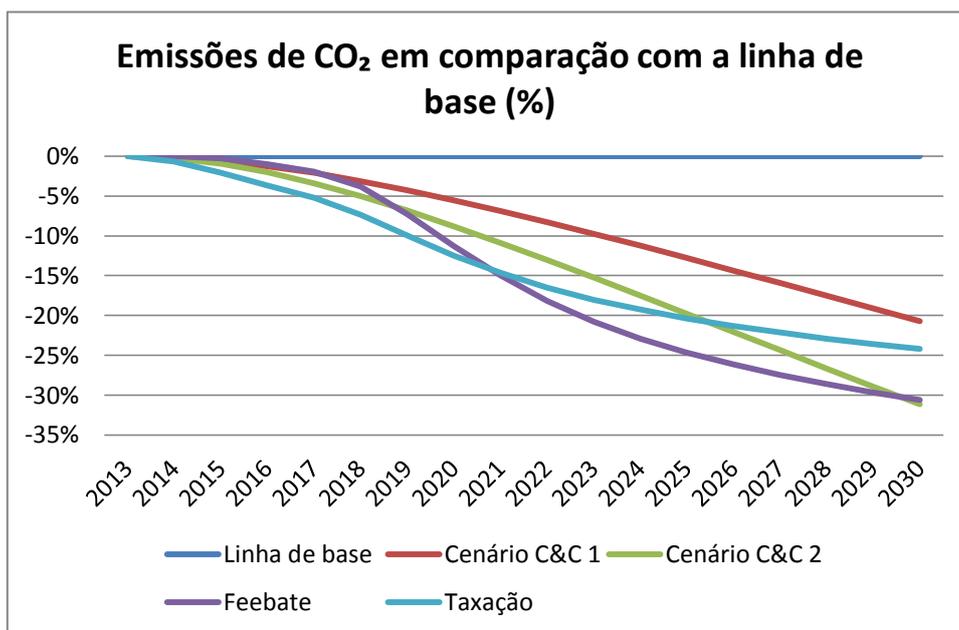
**Figura 4.64: Emissões de CO<sub>2</sub> em cada cenário**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.65: Emissões de CO<sub>2</sub> em cada cenário em comparação com a linha de base (valores absolutos)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.66: Emissões de CO<sub>2</sub> em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual)**

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se extrair conclusões interessantes a partir dessas figuras. Nos primeiros anos, o cenário de taxaço é folgadoamente o que economiza mais combustível e emite menos CO<sub>2</sub> (como fica evidente em sua diferença em relação à linha de base), seguido pelo cenário C&C2, C&C1 e o *feebate* (mesmo assim, a diferença entre esses dois últimos cenários é pequena nos anos iniciais). Essa economia de combustível e emissões ocorre por meio de uma redução da ordem de 8% no nível de vendas em 2014 causada pelo aumento do preço dos veículos. Embora não seja fruto do aumento da eficiência da frota, gera redução no consumo de combustível por reduzir o nível de atividade (quilômetros percorridos pela frota). Por outro lado, o cenário de *feebate* gera um aumento de cerca de 0,5% nas vendas em 2014, o que o leva a ser o maior consumidor de energia e emissor de CO<sub>2</sub> nos anos iniciais (ligeiramente maior até que a linha de base).

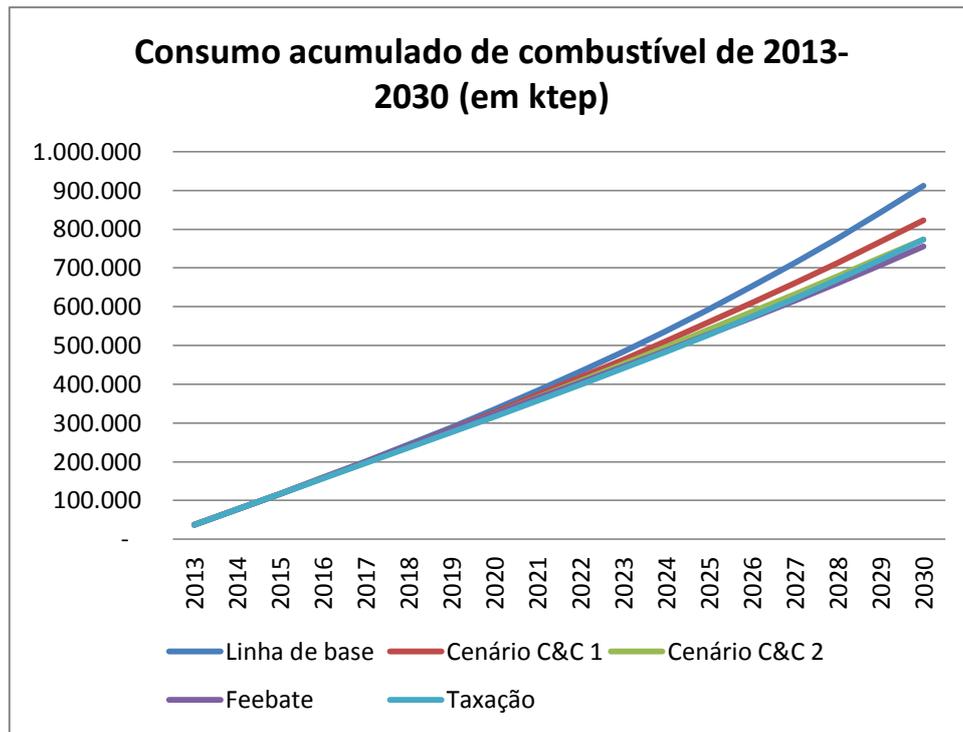
No entanto, durante o triênio 2017-2019, com a adoção de tecnologias eficientes delineada pelo cenário de *feebate*, a eficiência média dos veículos nesse cenário aumenta 40% e assim ele passa a gastar menos combustível que o cenário C&C1 em 2017 e que o cenário C&C2 em 2018. Diferentemente dos cenários de comando e controle (que mesmo com o incremento da eficiência, o consumo de combustível aumenta), o cenário de *feebate* obtém reduções no consumo de energia absoluto durante alguns anos, o que o torna mais efetivo no período inicial. No ano de 2021, o cenário de *feebate* conquista o posto de mais eficiente, ao ultrapassar o cenário de taxaço, e se torna o de menor emissões.

Devido à constante melhoria de eficiência do cenário C&C2, de 3,6% a.a., esse cenário reduz aos poucos o *gap* gerado pelos cenários de políticas de mercado. Em 2026 ele se transforma no segundo cenário com menores emissões e consumo energético e, no último ano do horizonte de modelagem (2030), ele se torna o menor emissor e consumidor de energia, dentre todos os cenários.

Por fim, o cenário C&C1, com um incremento anual de eficiência de 2,2%, se mantém como o maior consumidor de energia (à exceção da linha de base) a partir de 2017, quando é ultrapassado pelo cenário de *feebate*.

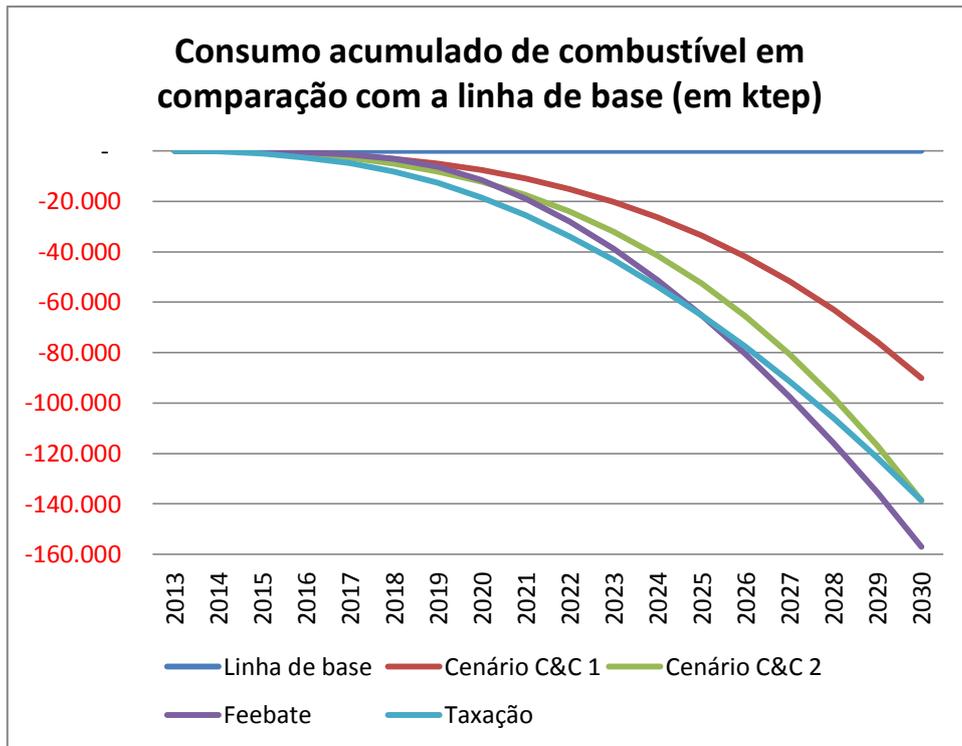
Por apresentarem *timings* diferentes na adoção de tecnologias eficientes (os cenários de comando e controle apresentam melhorias constantes, enquanto os de mercado possuem uma adoção descontínua de tecnologias eficientes), uma variável altamente relevante à

análise é o consumo acumulado de combustível e de emissões de CO<sub>2</sub>, apresentados nas Figuras 4.67 a 4.72::



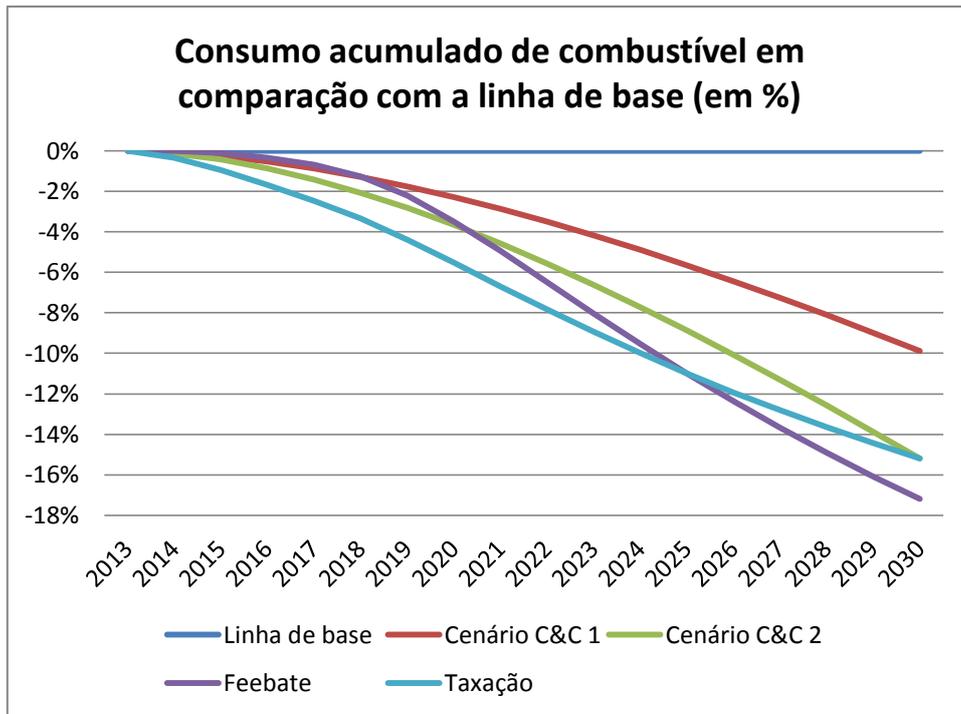
**Figura 4.67: Consumo total de combustível acumulado em cada cenário**

Fonte: Elaboração própria.



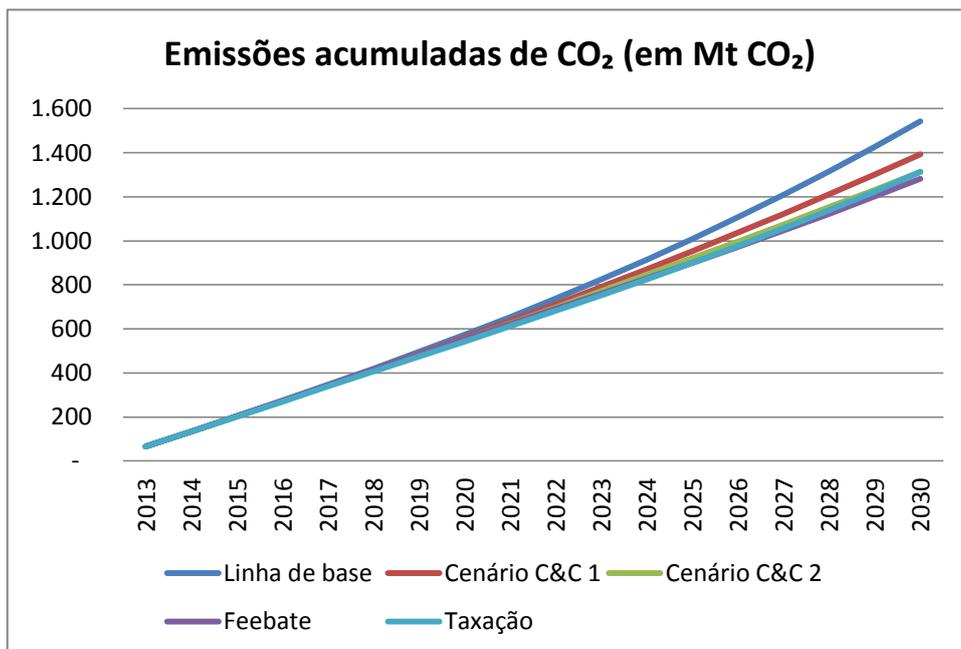
**Figura 4.68: Consumo total de combustível acumulado em cada cenário em comparação com a linha de base (em valores absolutos)**

Fonte: Elaboração própria.



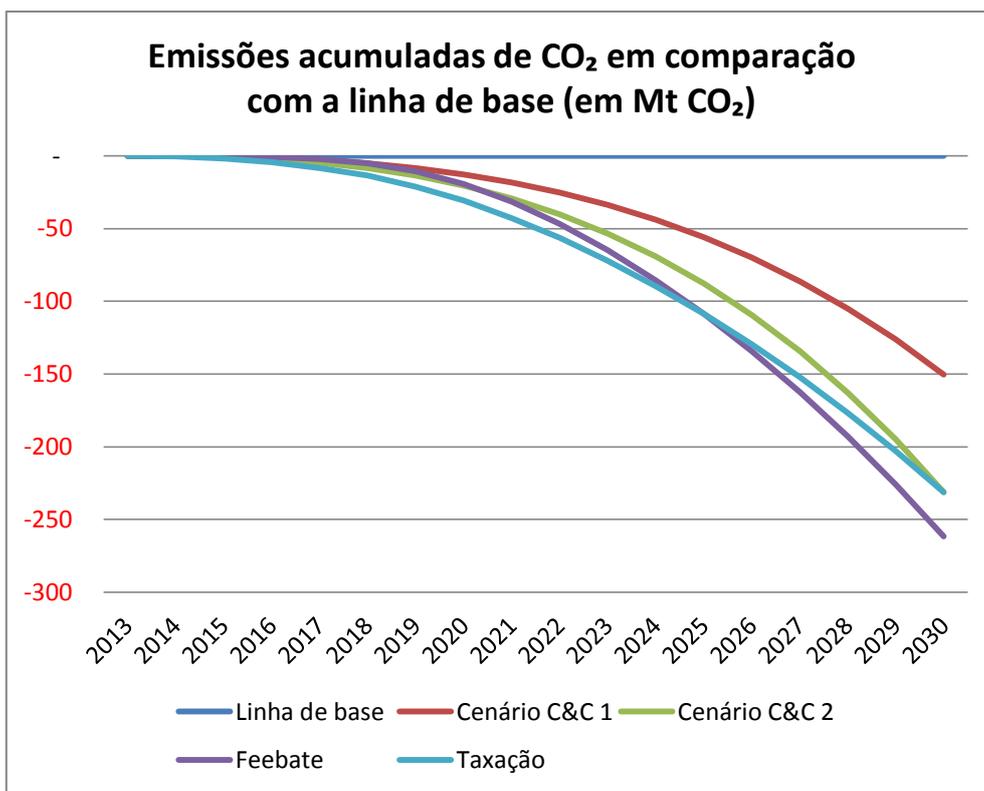
**Figura 4.69: Consumo total de combustível acumulado em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual)**

Fonte: Elaboração própria.



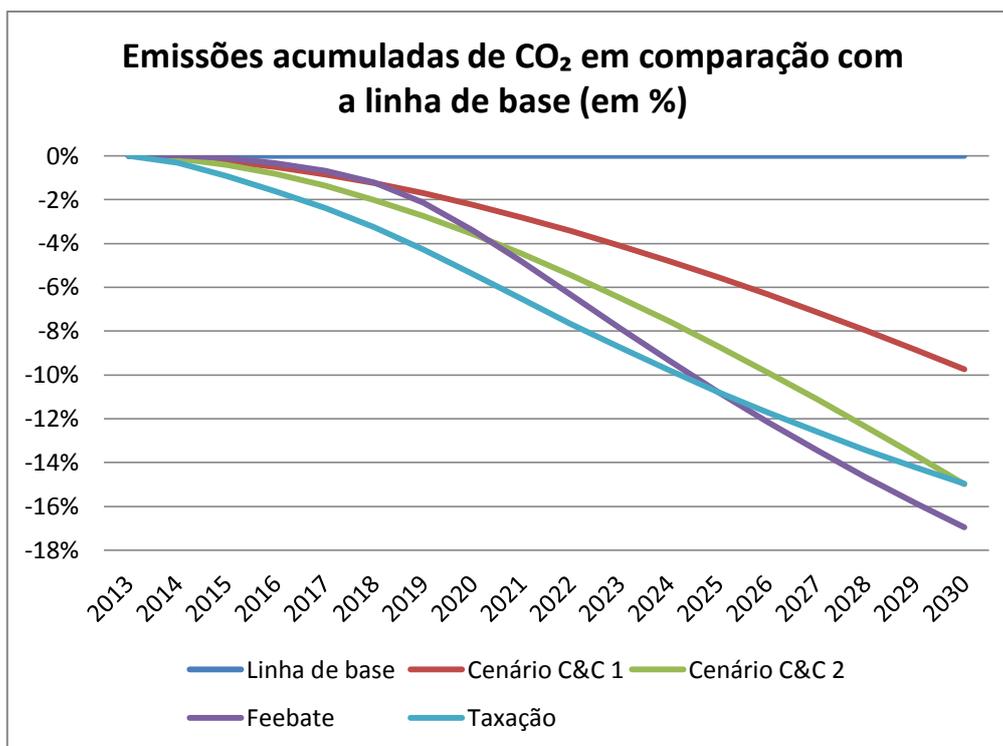
**Figura 4.70: Emissões de CO<sub>2</sub> acumuladas em cada cenário**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.71: Emissões de CO<sub>2</sub> acumuladas em cada cenário em comparação com a linha de base (em valores absolutos)**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 4.72: Emissões de CO<sub>2</sub> acumuladas em cada cenário em comparação com a linha de base (percentual)**

Fonte: Elaboração própria.

Devido à inércia da frota, cuja renovação é determinada pelo sucateamento e vendas, os cenários mais céleres no incremento de eficiência são favorecidos quando analisados o consumo acumulado de combustível e as emissões acumuladas de CO<sub>2</sub>. Como se vê mais claramente na Figura 4.68 e na Figura 4.71, apenas no ano de 2025 o cenário de taxaço deixa de ser o de menores emissões e consumo energético, posição conquistada pelo *feebate* nesse ano. Nesse contexto, o *feebate* leva mais tempo para ultrapassar os cenários de comando e controle – se observado o consumo acumulado de combustível (ou emissões acumuladas de CO<sub>2</sub>), ele ultrapassa o C&C1 em 2019 e o C&C2 somente em 2021, enquanto se considerado o consumo total, ultrapassa ambos no biênio 2017-2018 (seja medindo-se emissões ou consumo de combustível). No entanto, o *feebate* é facilmente o cenário que possui a menor demanda energética acumulada durante o horizonte de modelagem, com quase 140 Mtep consumidos a menos que a linha de base e cerca de 18 Mtep a menos que o segundo lugar, pois conquista expressivos aumentos de eficiência no período de 2017 a 2019. Do ponto de vista de emissões, o resultado é

análogo – o *feebate* é o menor emissor com 262 Mt CO<sub>2</sub> a menos que a linha de base e 31 Mt CO<sub>2</sub> a menos que o segundo lugar.

O cenário C&C2 e o de taxação chegam em 2030 com praticamente o mesmo consumo acumulado de combustível e emissões de CO<sub>2</sub>; este com 1312,5 Mt CO<sub>2</sub> emitidas (e 773.808 ktep consumidos) de 2013 a 2030 e aquele com 1312,4 Mt CO<sub>2</sub> emitidas (773.749 ktep). Apenas em 2030 o cenário C&C2 se torna o segundo menor emissor e consumidor de energia acumulados.

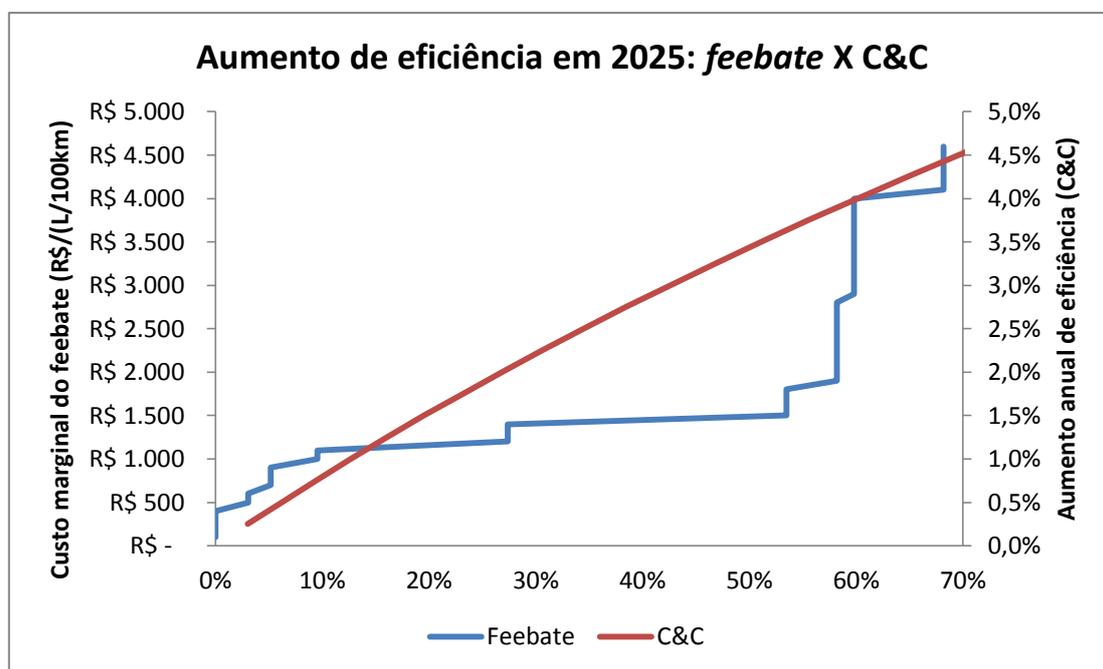
Com 822 Mtep de consumo acumulado (e 1.393 Mt CO<sub>2</sub> de emissões acumuladas), o cenário C&C1   o segundo maior consumidor de energia (e emissor), seguido pela linha de base, com 912 Mtep (1.544 Mt CO<sub>2</sub>) – ainda assim, apresenta uma economia de 150 Mt CO<sub>2</sub> e 90 Mtep (10%), o que é mais do que as emissões (e o consumo de energia) no biênio 2013-2014. Ou seja, mesmo políticas menos ambiciosas podem apresentar economia significativa de recursos energéticos e mitigar impactos climáticos.

### **4.3 Análise de sensibilidade e discussão**

Como foi observado, os dois cenários que apresentaram menor consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub> em 2030 foram o C&C2 e o *feebate*. A rigor, como já foi mencionado, padrões de eficiência veicular (*i.e.*, políticas de comando e controle) e *feebates* possuem efeitos similares – o primeiro fixa a meta a ser alcançada enquanto o segundo corrige custos, porém o objetivo de ambos   inserir novas tecnologias de eficiência veicular no mercado. Contudo, esses dois formatos de política foram modelados de formas diferentes – nos cenários de comando e controle foi estipulado um aumento anual de eficiência equivalente ao de políticas existentes (embora as políticas em geral não exijam cumprimento anual – a maioria opta por metas quinquenais) e no cenário de *feebate* foi adotado um custo marginal de políticas existentes, calculada a alteração no perfil de vendas (que teve pequeno – e positivo – impacto no consumo de energia) e então definidas as tecnologias que seriam adotadas pelas montadoras, com base na literatura existente a respeito de custos. Seguindo essa metodologia, o cenário de *feebate* apresentou alterações descontínuas (ou discretas, no sentido matemático da palavra) na eficiência, enquanto o cenário de comando e controle apresentou um crescimento constante e contínuo.

Da forma como os cenários foram modelados, o resultado foi extremamente sensível a duas variáveis cujos valores foram extraídos a partir de experiências nacionais e internacionais – custo marginal do *feebate* e incremento de eficiência no comando e controle. Em última análise, ambas essas variáveis foram definidas/arbitradas pelos governos dos países cujas experiências embasaram esse estudo. Cabe investigar quais seriam os resultados caso os valores adotados fossem outros.

Foi realizada, portanto, uma análise de sensibilidade da eficiência da frota em função dessas duas variáveis. Ainda usando o mesmo conjunto de tecnologias do *feebate* (disposto na Tabela 3.6), variou-se o incremento anual de eficiência e o custo marginal do *feebate* e avaliou-se o impacto de cada um na eficiência dos veículos vendidos em 2025. Esse ano foi escolhido pois a adoção de um ano muito avançado é injusto com a abordagem de adoção de tecnologias específicas do cenário de *feebate*, dado que, quanto maior o horizonte de tempo, a tendência seria o surgimento de novas tecnologias que não poderiam ser aqui avaliadas. O resultado está disposto na Figura 4.73:



**Figura 4.73: Análise de sensibilidade do aumento de eficiência obtido por políticas de comando e controle e *feebate***

Fonte: Elaboração própria.

Os degraus presentes na curva de *feebate* ocorrem devido à adoção de tecnologias que aumentam a eficiência. Por exemplo, uma tecnologia com o custo de R\$ 2.500 é

adotada se o custo marginal do *feebate* for de R\$ 2.501, mas não é adotada a um custo marginal de R\$ 2.499 – o que gera as descontinuidades. Na Figura 4.73, é possível notar que uma política de comando e controle com um incremento anual de 4% na eficiência dos veículos alcançaria, em 2025, o mesmo resultado que um *feebate* com custo marginal de aproximadamente R\$ 3.000.

Embora se diferenciem em termos de formato e execução, as políticas de *feebate* e comando e controle – desde que adequadamente projetadas, executadas e cumpridas – podem alcançar os mesmos resultados.

Cabe ressaltar que, cada um à sua maneira, ambos os formatos de política possuem premissas fortes que não necessariamente se verificariam na prática. Por um lado, os cenários de política de mercado (*feebate* e taxaço) apresentaram um comportamento absolutamente racional das montadoras, já que elas adotam tecnologias eficientes sempre que o abatimento fiscal decorrente do aumento de eficiência lhes fosse vantajoso – esse comportamento não necessariamente se verificaria na realidade<sup>72</sup>. Por outro, o cenário de comando e controle assume que todas as montadoras atingiriam a meta definida, o que também é uma premissa forte. Ainda que os dois formatos possam servir ao mesmo propósito, caberia ao regulador decidir qual premissa é mais razoável e/ou mais fácil de ser verificada no mundo real.

Há de se imaginar, também, que haja um limite técnico ao aumento de eficiência dos veículos, o que não foi capturado pelos cenários de comando e controle da forma como foram modelados. Contudo, as eficiências que esses cenários alcançam em 2030 são inferiores à meta europeia para 2021<sup>73</sup>. No caso das políticas de mercado, esse limite foi adequadamente representado pois apenas tecnologias com disponibilidade comercial foram adotadas.

Com relação ao acesso a automóveis, tema especialmente relevante ao Brasil, um país com baixa taxa de motorização e grandes desigualdades de renda, a taxaço prejudica a aquisição de veículos por indivíduos de classes de renda mais baixa, ao passo que o

---

<sup>72</sup> Pode haver, por exemplo, custos de adaptação das linhas de produção o que pode encarecer a adoção de tecnologias pela ótica do fabricante, o que não foi considerado nesse trabalho.

<sup>73</sup> A eficiência de 21,5 km/l que o cenário C&C2 alcança em 2030, no ciclo de condução brasileiro, é equivalente a uma eficiência de 109,4 g CO<sub>2</sub>/km no ciclo europeu (e a meta europeia para 2021 é de 95 g CO<sub>2</sub>/km).

*feebate* possui o efeito contrário (o efeito de políticas de comando e controle nesse aspecto dependeria de como se configurariam eventuais repasses de preços das montadoras para os consumidores). De qualquer maneira, é provável que qualquer uma das opções de política de eficiência energética reduza o custo do ciclo de vida do veículo para o consumidor, uma vez contabilizadas as economias com combustível (desde que não sejam utilizadas taxas de desconto excessivamente elevadas).

Ressalva-se, ainda, que qualquer política que atue somente na aquisição de veículos (como as analisadas a fundo nesse trabalho), terá efeito limitado, especialmente no que diz respeito a resultados de curto prazo. Configura como relativa exceção a instituição da taxaço que, por reduzir a venda de veículos novos, gera resultados logo após sua instituição (desde que isso se reflita em um menor aumento do uso de transporte individual, como assumiu-se nesse estudo). Já no médio prazo, em que a renovação da frota tende a remover veículos ineficientes de circulação e substituí-los por novos modelos mais eficientes, os resultados são mais visíveis em todos os formatos de política.

Uma possibilidade não avaliada exaustivamente nesse trabalho que pode gerar impactos energéticos de curto prazo é a taxaço dos combustíveis. Esta pode ter impacto significativo no hábito de uso dos automóveis e assim reduzir o consumo de combustível não só de veículos novos, mas também dos veículos já em circulação (via redução da atividade transporte individual). Enquanto políticas de eficiência energética podem gerar um *rebound effect* (em que o aumento de eficiência reduz o preço do serviço energético e isso leva a um aumento de atividade que corrói os ganhos de eficiência) e aumentar o uso de veículos, a taxaço do combustível não teria tal efeito. Todavia, é provável que a taxaço de combustíveis possua impacto limitado nas taxas de desconto utilizadas por consumidores ao adquirir veículos. Sendo esse o caso, seria interessante uma combinação de políticas atuando sobre a aquisição do veículo (seja via comando e controle, *feebate* ou taxaço) e seu uso (como taxaço do combustível).

Do ponto de vista da sociedade, o transporte individual é energeticamente ineficiente e qualquer política que atue sobre o uso ou aquisição de veículos de transporte individual tende a alcançar resultados mais modestos que uma política de incentivo ao uso de transporte público. Porém, a própria natureza descentralizada da oferta de transporte público e particularidades locais podem resultar, muitas vezes, em dificuldades de

provimento de infraestrutura e serviços adequados de transporte público a nível nacional. Sem uma oferta de transporte público considerada satisfatória pelos consumidores, o transporte individual continuará sendo buscado por aqueles que possam poder aquisitivo suficiente para tal.

Caso o principal objetivo da política energética seja o de redução de emissões de gases de efeito estufa, dificilmente algum formato de política aqui avaliado – ou mesmo incentivos ao transporte público – alcançará resultados tão expressivos quanto um maior incentivo ao uso de combustíveis renováveis. As reduções de emissões acumuladas obtidas nos diferentes cenários, que variam de aproximadamente 10% a 20% (conforme disposto na Figura 4.72), seriam facilmente superadas por um estímulo maciço ao uso de etanol. Sob a aproximação de que toda a frota seja *flex*, seria possível obter uma redução de emissões de 100% caso fosse utilizado somente etanol em um dado ano (de acordo com a metodologia simplificada adotada nesse trabalho para o cálculo de emissões<sup>74</sup>).

Dito isso, é possível levantar alguns aspectos que devem ser incorporados em uma política brasileira de eficiência veicular. Considerando as particularidades brasileiras – em especial, por se tratar de um país em desenvolvimento com grandes desigualdades de renda, exibir alta participação de veículos de baixa cilindrada nas vendas, possuir forte penetração de veículos flex e produção de etanol – algumas considerações podem ser feitas.

Primeiramente, a oferta de transporte coletivo de qualidade deve ser uma prioridade de qualquer governo não só por causa da eficiência energética, mas também por questões alheias ao planejamento energético, como qualidade de vida e o direito de ir e vir. Entretanto, por ser o transporte público um setor regulado/ofertado a nível principalmente municipal, um planejamento centralizado é de difícil execução. Em segundo lugar, em um mercado oligopolizado e pouco concorrencial como o setor automotivo brasileiro, o uso isolado de instrumentos de mercado (como o *feebate*) pode não alcançar resultados expressivos, pelo mesmo motivo de que as forças de mercado não têm reduzido a alta margem de lucro das montadoras brasileiras, mesmo face a quedas expressivas na demanda. Tal fato reforça o argumento de que algum instrumento

---

<sup>74</sup> Haveria outras emissões decorrentes do ciclo de vida do etanol e também emissão de outros gases de efeito estufa durante a combustão, como CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O.

de comando e controle seria necessário ao atingimento de metas audaciosas. De fato, a combinação de uma política de comando e controle com um *feebate* pode fornecer uma política robusta, com diversas vantagens às alternativas. Algumas dessas vantagens são:

- Não prejudica o acesso a veículos por camadas da população de menor renda, em comparação com a taxaço e comando e controle;
- Obriga as montadoras a aumentarem sua eficiência ao mesmo tempo que fornece um incentivo econômico para tal, o que não necessariamente ocorreria em uma política de comando e controle puro;
- A neutralidade de receitas tende a ser um fator importante para a sustentabilidade de longo prazo da política;
- Fornece um incentivo de curto prazo para que os fabricantes adotem medidas simples e baratas de eficiência energética, por meio do *feebate*; e
- Fornece metas de longo prazo às montadoras para que as mesmas possam incorporar o melhoramento contínuo da eficiência às suas atividades produtivas.

Além disso, como forma de mitigar o *rebound effect*, poderia ser aplicado um imposto sobre a gasolina<sup>75</sup>, o que teria ainda o efeito secundário de favorecer a competitividade do etanol, um combustível renovável. Existem, ainda, propostas de criação de um imposto municipal sobre a gasolina com o mandato específico de financiar melhorias no transporte público, o que também seria de grande interesse ao planejamento energético, se implantado de forma adequada.

---

<sup>75</sup> Embora a gasolina brasileira possua uma série de impostos, nenhum deles possui o objetivo de promover a eficiência energética ou melhorar o transporte público.

## **5. Considerações finais**

Esse trabalho realizou uma análise de perspectivas para a política de eficiência energética veicular do Brasil.

Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica iniciada com uma caracterização da indústria automotiva mundial e brasileira, com o objetivo de extrair características desse setor que pudessem enriquecer a análise. Em seguida, foi apresentado o histórico da política brasileira de eficiência energética veicular, incluindo o PECO (Programa de Economia de Combustíveis), o PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos), o PBEV (Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular) e o Programa Inovar-Auto.

Posteriormente, conceitos de política pública foram levantados e aplicados à indústria automotiva brasileira no contexto do Inovar-Auto, de forma a melhor compreender do que se trata e como pode ser formada uma política pública, além de identificar os atores envolvidos no duelo de forças que culmina com a criação da política em si. Seguindo essa linha, foram levantadas características de políticas de eficiência veicular e foram descritas características de medidas informacionais, fiscais e padrões de eficiência. Depois disso, foram descritas experiências internacionais em políticas de eficiência energética veicular, como foco nos Estados Unidos, Europa e Japão. Por fim, a última seção da revisão bibliográfica realizou um levantamento de tecnologias de eficiência veicular, seus preços e potenciais de aumento de eficiência.

A metodologia adotada consistiu em modelagem energética por meio de um modelo *bottom-up* paramétrico com elaboração de cenários, com ano base em 2013 e horizonte

de modelagem até 2030. Quatro cenários foram criados, além da linha de base: dois cenários de comando e controle e dois de políticas de mercado, *feebate* e taxaço. Um dos cenários de comando e controle foi baseado no incremento anual de eficiência determinado pela política europeia e outro pelo Inovar-Auto. Nos cenários de *feebate* e taxaço, o custo marginal da eficiência foi baseado inicialmente no *feebate* francês e depois no custo marginal implícito na política do Reino Unido. Ambos os efeitos do *feebate* e taxaço foram quantificados: o impacto no perfil de vendas, por meio da elasticidade-preço da demanda, e a adoção de tecnologias cujo custo fosse inferior ao custo marginal da política.

Apenas o cenário de taxaço teve impacto relevante nas vendas de veículos, com uma redução de aproximadamente 8% nas vendas de automóveis, no ano de adoção da política. Já o cenário de *feebate* ocasionou um ligeiro aumento nas vendas, de cerca de 0,5%, por conta do perfil de vendas brasileiro, que é concentrado em veículos leves com baixa cilindrada, com eficiência maior que a de veículos mais pesados e potentes.

O cenário que atingiu o menor consumo de energia em 2030 foi o C&C2, cenário de comando e controle com aumentos anuais de eficiência equivalentes à política europeia, com 47,7 Mtep consumidos e 80 Mt CO<sub>2</sub> emitidas. Contudo, o cenário de *feebate* atingiu, em 2030, o menor consumo acumulado de energia (755 Mtep de 2013 a 2030, uma média de 42 Mtep por ano). O setor automobilístico possui certa inércia – os veículos são renovados por meio de um processo relativamente lento (representado na modelagem pela curva de sucateamento). Com isso, o quanto antes for incrementada a eficiência dos veículos, maiores os benefícios à sociedade e ao sistema energético.

Adicionalmente, vale ressaltar uma conclusão importante desse trabalho, extraída da análise de sensibilidade. Conforme foi constatado, qualquer formato de política (seja ela uma política de mercado ou de comando e controle) pode atingir o objetivo de aumentar a eficiência dos veículos leves, contanto que adequadamente planejada e executada.

Dito isso, e tendo em mente as particularidades brasileiras, a política ideal provavelmente seria aquela que combine a taxaço da aquisição e uso de veículos, a oferta de transporte coletivo de qualidade e o uso de combustíveis renováveis. O uso de um *feebate* em conjunto com uma política de comando e controle e taxaços sobre o combustível para mitigar o *rebound effect* provavelmente seria o sistema ideal para o Brasil.

Convém, ainda, salientar algumas limitações desse estudo. Por ter sido utilizada a análise de cenários, ainda que os cenários tenham buscado a representação mais fidedigna possível das possibilidades de política, é sempre necessário assumir premissas para modelar um comportamento futuro incerto. Dessa forma, os resultados aqui apresentados são apenas ilustrativos de possíveis desdobramentos de diferentes políticas energéticas. Qualquer tentativa de projeção de cenários está sujeita a essa característica.

Outra limitação do estudo foi o uso de uma quantidade relativamente reduzida de anos para o cálculo da elasticidade-renda da demanda de veículos. Não é possível inferir como essa elasticidade tem se comportado ao longo do tempo, o que é relevante caso ela venha a ser utilizada como um insumo para uma política pública. A depender do tempo decorrido entre os anos utilizados no cálculo da elasticidade e a implantação da política, seria interessante realizar uma atualização de seu valor.

Além disso, a elasticidade utilizada nesse trabalho avaliou somente a aquisição de veículos. Fatores adicionais cuja avaliação seria de grande valia ao estabelecimento de uma política de eficiência veicular brasileira incluem, entre outros: (i) a elasticidade do uso de veículos relativa ao preço do combustível (de modo a avaliar até que ponto é mais interessante a taxa da aquisição do veículo ou do seu uso); (ii) a elasticidade do preço do combustível com relação à aquisição de veículos (pelo mesmo motivo anterior); (iii) estimativa da ordem de grandeza da taxa de desconto utilizada por consumidores para adquirir veículos novos (com o objetivo de determinar qual nível de *feebate* ou taxa seria recomendável para reduzir essa taxa de desconto a níveis considerados adequados); (iv) quais fatores são preponderantes ao uso do transporte individual em detrimento ao transporte público; e (v) do ponto de vista de emissões de gases de efeito estufa, até que ponto é mais interessante dispensar recursos com incentivos à eficiência energética ou oferta de biocombustíveis.

## Referências bibliográficas

ABDI. **Plano Brasil Maior - Balanço Executivo - 2 anos**, 2013a. Disponível em: <[http://www.abdi.com.br/Estudo/PBM%20-%20Balan%C3%A7o\\_.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo/PBM%20-%20Balan%C3%A7o_.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2014

ABDI. **Plano Brasil Maior - Acompanhamento das Medidas Setoriais**. [s.l.] Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2013b.

ABDI. **Relatório de acompanhamento das agendas estratégicas setoriais**. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2014. Disponível em: <<http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/images/data/201501/9e3f3cc3dfbc0b3e7a9db2656cc5d74c.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2015.

ANFAVEA. **Anuário da indústria automobilística brasileira**, 2014a. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario2014/Anuario2014.zip>>. Acesso em: 26 ago. 2014

ANFAVEA. **A ANFAVEA**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/>>. Acesso em: 8 abr. 2014b.

ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2014. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=71976>>.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Conversão de moedas**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

BARROS, D. C.; PEDRO, L. S. O papel do BNDES no desenvolvimento do setor automotivo brasileiro. In: **BNDES 60 anos: perspectivas setoriais**. 1. ed. Rio de Janeiro: BNDES, 2012.

BASTIN, C. **Análise da difusão de novas tecnologias automotivas em prol da eficiência energética na frota de novos veículos leves no brasil**, 2010. Disponível em: <[http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/cristina\\_smith.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/cristina_smith.pdf)>. Acesso em: 30 set. 2014

BLS. **CPI Inflation Calculator**. [s.l.] Bureau of Labor Statistics, 2015. Disponível em: <[http://www.bls.gov/data/inflation\\_calculator.htm](http://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm)>. Acesso em: 1 set. 2015.

BRADESCO. **Projeções Bradesco Longo Prazo**. Disponível em: <<http://www.economiaemdia.com.br/vgn-ext-templating/v/index.jsp?vgnextoid=065098037f782310VgnVCM100000882810acRCRD&vgnextfmt=default>>. Acesso em: 21 ago. 2015.

BRASIL. **Decreto nº 7.819, de 3 de outubro de 2012**, 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/Decreto/D7819.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/Decreto/D7819.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2014

BRASIL. **Decreto nº 8.015, de 17 de maio de 2013**, 2013. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/Decreto/D8015.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/Decreto/D8015.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2014

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Política de Incentivos Fiscais: Quem Recebe Isenção por Setores e Regiões do País**. Consultoria legislativa – Marcelo Sobreiro Maciel, 2010. Disponível em: < [http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/areas-da-conle/tema20/2009\\_9801.pdf](http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/areas-da-conle/tema20/2009_9801.pdf)>. Acesso em fevereiro de 2016.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Avaliação de impacto legislativo - Projeto de Lei nº 3.029/2011**. Brasília: Consultoria legislativa, 2012. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/a-camara/gestao-na-camara-dos-deputados/arquivos-de-projetos-corporativos/ail/1o-estudo>>. Acesso em: 21 abr. 2015.

CARROS NA WEB. **Catálogo - Busca detalhada - Fichas técnicas, equipamentos e fotos de carros**. Disponível em: <<http://www.carrosnaweb.com.br/avancada.asp>>.

CARVALHO, R. **Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular**. In: APRESENTAÇÃO DA PALESTRA PROFERIDA POR REPRESENTANTE DO CONPET/PETROBRAS NA COPPE EM NOVEMBRO DE 2008. , 2008.

CASOTTI, B. P.; GOLDENSTEIN, M. Panorama do Setor Automotivo: As Mudanças Estruturais da Indústria e as Perspectivas para o Brasil. **BNDES Setorial**, n. 28, p. 147–188, 2008.

CETESB. **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2011**: Relatórios. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/documentos/Relatorio\\_de\\_Emissoes\\_Veiculares\\_no\\_Estado\\_de\\_Sao\\_Paulo\\_2011.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/documentos/Relatorio_de_Emissoes_Veiculares_no_Estado_de_Sao_Paulo_2011.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2014.

CETESB. **Curvas de intensidade de uso por tipo de veículo automotor da frota da cidade de São Paulo**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/emissao-veicular/files/2013/12/curvas-intensidade-uso-veiculos-automotores-cidade-sao-paulo.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2015.

CIUFFO, B.; PUNZO, V.; MONTANINO, M. **The Calibration of Traffic Simulation Models - Report on the assessment of different Goodness of Fit measures and Optimization Algorithms**, 2012. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/lbna25188enn.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2015

CNI; ANFAVEA. **Indústria automobilística e sustentabilidade**, 2012. Disponível em: <[http://www.cni.org.br/portal/data/files/FF80808137E2C2CF01380120568575BE/ANFAVEA\\_RIO20\\_web.pdf](http://www.cni.org.br/portal/data/files/FF80808137E2C2CF01380120568575BE/ANFAVEA_RIO20_web.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2014

CNM/CUT. **A Indústria Automobilística no Brasil: Diagnóstico do Setor e Análise do Novo Regime Automotivo**Confederação Nacional dos Metalúrgicos da Central Única dos Trabalhadores, , 2012. Disponível em: <<http://www.cnmcut.org.br/midias/arquivo/182-diagnostico-automotivo.pdf>>. Acesso em: 8 maio. 2014

COLTON, J.; BOWER, K. **Some Misconceptions About R2**, 2015. Disponível em: <<http://web.crc.losrios.edu/~larsenl/ExtraMaterials/MisconceptionsR2.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2014

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 18/1986**, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res1886.html>>. Acesso em: 30 set. 2014

CONTRAN. **Resolução nº 316 de 08 de maio de 2009**, 2009. Disponível em: <[http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO\\_CONTRAN\\_316\\_09.pdf](http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_CONTRAN_316_09.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2014

COSTA NETO, P. L. DE O. **Estatística**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2002.

DAISHO, Y. et al. **Final Report of Joint Meeting between the Automobile Evaluation Standards Subcommittee, Energy Efficiency Standards Subcommittee of the Advisory Committee for Natural Resources and Energy and the Automobile Fuel Efficiency Standards Subcommittee, Automobile Section, Land Transport Division of the Council for Transport Policy**, 2011. Disponível em: <[http://www.eccj.or.jp/top\\_runner/pdf/tr\\_passenger\\_vehicles\\_dec2011.pdf](http://www.eccj.or.jp/top_runner/pdf/tr_passenger_vehicles_dec2011.pdf)>. Acesso em: 1 fev. 2015

DOE. **Energy Efficient Technologies**. [s.l.] United States Department of Energy, 2011. Disponível em: <[http://www.fueleconomy.gov/feg/tech\\_adv.shtml](http://www.fueleconomy.gov/feg/tech_adv.shtml)>. Acesso em: 22 ago. 2015.

EPA. **Gas Guzzler Tax**. [s.l.] Environmental Protection Agency, 2012a. Disponível em: <<http://www.epa.gov/fueleconomy/guzzler/420f12068.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

EPA. **EPA and NHTSA Set Standards to Reduce Greenhouse Gases and Improve Fuel Economy for Model Years 2017-2025 Cars and Light Trucks**. [s.l.] Environmental Protection Agency, 2012b. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/420f12051.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2015.

EPA. **Regulatory Impact Analysis: Final Rulemaking for 2017-2025 Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards**. [s.l.] Environmental Protection Agency, 2012c. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/climate/documents/420r12016.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

EPA; NHTSA. **2017 and Later Model Year Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emissions and Corporate Average Fuel Economy Standards**. [s.l.] Environmental Protection Agency (EPA) e National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), 2012. Disponível em: <<http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2012-10-15/pdf/2012-21972.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2015.

EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2007. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/PNE/20080111\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PNE/20080111_1.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2015.

EPE. **Consolidação de bases de dados do setor transporte: 1970-2010**: Estudo associado ao Plano Decenal de Energia PDE 2021. [s.l.] Empresa de Pesquisa Energética, 2012. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos\\_28/Consolida%C3%A7%C3%A3](http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_28/Consolida%C3%A7%C3%A3)>

o%20de%20Bases%20de%20Dados%20do%20Setor%20Transporte%201970-2010%20-%20PDE%202021.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2015.

EPE. **Balço Energético Nacional 2013: Ano base 2012**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2013.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2015.

EPE. **Nota técnica DEA 13/14. Demanda de Energia 2050**. [s.l.] Empresa de Pesquisa Energética, 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA%2013-14%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2015.

EUROPEAN CENTRAL BANK. **Inflation Dashboard**. Disponível em: <<https://www.ecb.europa.eu/stats/prices/hicp/html/inflation.en.html>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

EUROPEAN COMMISSION. **Climate action: Questions and Answers on the proposals to reduce CO2 emissions from cars and vans further by 2020**, 2012. Disponível em: <[http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-12-548\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-12-548_en.htm)>. Acesso em: 17 jan. 2014

EUROPEAN COMMISSION. **Reducing CO2 emissions from passenger cars**, 2014. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index_en.htm)>. Acesso em: 17 jan. 2014

FAUTH, K.; MORAIS, I.; CLEZAR, R. **O mercado de automóveis, ônibus e caminhões no Brasil, 1996-2008**. In: XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. Foz do Iguaçu: 2009 Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2009/inscricao.on/arquivos/000-8d8a1c7eb496ce1680ca428558c0b429.doc>>. Acesso em: 28 out. 2014

FEDERAL CHAMBER OF AUTOMOTIVE INDUSTRIES. **Light Vehicle CO2 Emission Standards for Australia**, 2011. Disponível em: <[http://www.fcmai.com.au/library/publication/submission\\_co2\\_discussion\\_paper\\_final.pdf](http://www.fcmai.com.au/library/publication/submission_co2_discussion_paper_final.pdf)>. Acesso em: 1 fev. 2015

FENABRAVE. **Emplacamentos**. Disponível em: <<http://www3.fenabrave.org.br:8082/plus/modulos/listas/index.php?tac=indices-e-numeros&idtipo=1&layout=indices-e-numeros>>.

GAZETA DO POVO. Europa vai à OMC contra o Brasil e o Inovar-Auto. **Gazeta do Povo**, 20 dez. 2013.

GFEI. **International comparison of light-duty vehicle fuel economy and related characteristics**. Paris: Global Fuel Economy Initiative. International Energy Agency, 2011.

GREENE, D. L. **FISCAL INCENTIVES for GHG Mitigation: Feebates**. In: CLIMATE CHANGE MITIGATION: THE IMPORTANCE OF PASSENGER VEHICLE EFFICIENCY. Cidade do México, 8 mar. 2010. Disponível em:

<[http://www.unep.org/transport/gfei/autotool/approaches/economic\\_instruments/Greene\\_ORNL\\_Feebates.pdf](http://www.unep.org/transport/gfei/autotool/approaches/economic_instruments/Greene_ORNL_Feebates.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2015

GUJARATI, D. N. **Econometria Clássica**. São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

HEAPS, C. **Integrated Energy-Environment Modeling and LEAP**, 2002.

HICKS, M. **Enforcement Programs for Footprint Calculations and Credit Tracking and Allocation**, 2010. Disponível em: <<http://www.sae.org/events/gim/presentations/2010/mauricehicks.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2015

IBGE. **Microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**, 2012. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho\\_e\\_Rendimento/Pesquisa\\_Nacional\\_por\\_Amostra\\_de\\_Domicilios\\_anual/2012/Volume\\_Brasil/pnad\\_brasil\\_2012.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Nacional_por_Amostra_de_Domicilios_anual/2012/Volume_Brasil/pnad_brasil_2012.pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2014

IBGE. **Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 2000-2060**, 2013. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao\\_da\\_populacao/2013/default\\_tab.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default_tab.shtm)>. Acesso em: 27 out. 2014

IBGE. **Produto Interno Bruto - Valores Correntes**. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=1&op=1&t&vcodigo=SCN52>>. Acesso em: 27 out. 2014a.

IBGE. **Produto Interno Bruto - Variação em Volume**. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=11&op=2&vcodigo=SCN53&t=produto-interno-brutobrvariacao-volume>>. Acesso em: 27 out. 2014b.

ICCT. **Best Practices for Feebate Program Design and Implementation: Feebate Review and Assessment**. [s.l.] The International Council on Clean Transportation, 2010. Disponível em: <[http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_feebates\\_may2010.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_feebates_may2010.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2015.

ICCT. **A Review and Comparative Analysis of Fiscal Policies Associated with New Passenger Vehicle CO2 Emissions**. Washington: The International Council on Clean Transportation, 2011. Disponível em: <[http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_fiscalpolicies\\_feb2011.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_fiscalpolicies_feb2011.pdf)>. Acesso em: 1 fev. 2015.

ICCT. **Conversion tool**. [s.l.] The International Council on Clean Transportation, 2014a. Disponível em: <[http://www.theicct.org/sites/default/files/info-tools/pvstds/icon\\_xls.png](http://www.theicct.org/sites/default/files/info-tools/pvstds/icon_xls.png)>. Acesso em: 22 ago. 2015.

ICCT. **Global Comparison of Passenger Car and Light-commercial Vehicle Fuel Economy/GHG Emissions Standards**. [s.l.] The International Council on Clean Transportation, 2014b. Disponível em: <[http://www.theicct.org/sites/default/files/info-tools/ICCT\\_PV\\_standard\\_Feb2014.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/info-tools/ICCT_PV_standard_Feb2014.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2015.

IEA. **World Energy Outlook 2011**. Paris: International Energy Agency, 2011.

IEA. **Technology Roadmap - Fuel Economy of Road Vehicles**. Paris: International Energy Agency, 2012a. Disponível em: <[http://www.iea.org/publications/fueleconomy\\_2012\\_final\\_web.pdf](http://www.iea.org/publications/fueleconomy_2012_final_web.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2015.

IEA. **Improving the Fuel Economy of Road Vehicles: A policy package**. International Energy Agency, 2012b.

IGUCHI, M. **Japan's Fuel Efficiency Regulations and the Car Industry: a Study from Policy-Network Approach**, 2008. Disponível em: <<http://www.glogov.org/images/doc/IGUCHI.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2014

INMETRO. **Regulamento específico para uso da etiqueta nacional de conservação de energia - ENCE / edição nº 05 - revisão 00 - condicionadores de ar domésticos**, 2003. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pdf/resp003.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2014

INMETRO. **Regulamento específico para uso da etiqueta nacional de conservação de energia - ENCE - linha de fogões e fornos a gás**, 2006. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pdf/resp008\\_06.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pdf/resp008_06.pdf)>. Acesso em: 30 set. 2014

INMETRO. **Portaria n.º 377, de 29 de setembro de 2011**. [s.l.] Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2011. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001739.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2015.

INMETRO. **Como você decide a compra de seu carro?**, 2014a. Disponível em: <[http://pbeveicular.petrobras.com.br/Arquivos/Guia\\_PBE\\_Veicular\\_INMETRO.pdf](http://pbeveicular.petrobras.com.br/Arquivos/Guia_PBE_Veicular_INMETRO.pdf)>. Acesso em: 30 set. 2014

INMETRO. **Programa Brasileiro de Etiquetagem. Consulta de Veículos Leves**. Disponível em: <<http://pbeveicular.petrobras.com.br/TabelaConsumo.aspx>>. Acesso em: 30 set. 2014b.

IPCC. **Chapter 8 - Transport: Climate Change 2014 - Mitigation for Climate Change**. [s.l.] International Panel on Climate Change, Working Group III, 2014. Disponível em: <<http://mitigation2014.org/report/final-draft>>. Acesso em: 11 set. 2014.

IPEA. **Elasticidade-Renda e Elasticidade-Preço da Demanda de Automóveis no Brasil: Textos para discussão**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1998. Disponível em: <[http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_0558.pdf](http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0558.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2014.

KAJIWARA, A. **Overview of FY2020 Fuel Efficiency Standards for Passenger Vehicles**, 2012. Disponível em: <<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp29grpe/GRPE-63-07e.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2015

KIMURA, O. **Japanese Top Runner Approach for energy efficiency standards**, 2010. Disponível em: <<http://www.climatepolicy.jp/thesis/pdf/09035dp.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2015

LOWI, T. J. Four Systems of Policy, Politics, and Choice. **Public Administration Review**, v. 32, n. 4, p. 298–310, 1972.

MAHLIA, T. M. I.; TOHNO, S.; TEZUKA, T. A global review of success story on implementation of fuel economy standard for passenger cars: Lesson for other countries. **Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research**, v. 29, p. 947–972, 2011.

MAHLIA, T. M. I.; TOHNO, S.; TEZUKA, T. International experience on incentive program in support of fuel economy standards and labelling for motor vehicle: A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p. 18–33, 2013.

MCT. **Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis, no Setor Energético: Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatórios de Referência**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0008/8848.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8848.pdf)>. Acesso em: 5 abr. 2015.

MCT. **Segunda Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**, 2010. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0213/213909.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0213/213909.pdf)>. Acesso em: 8 jul. 2014

MDIC. **Inovar-Auto 2013-2017**, 2012. Disponível em: <[www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl\\_1349358208.ppt](http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1349358208.ppt)>. Acesso em: 10 jan. 2014

MENDES, F. E. **Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil**, 2004. Disponível em: <<http://ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/femendes.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2014

MF. **Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados (TIPI)**. [s.l.] Ministério da Fazenda. Receita Federal do Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/publico/tipi/TIPI.doc>>. Acesso em: 23 ago. 2015.

MIC. Portaria nº 346, de 19 de novembro de 1976. . 1976.

MIT. **On the Road in 2035 - Reducing Transportation's Petroleum Consumption and GHG Emissions**. [s.l.] Massachusetts Institute of Technology, 2008. Disponível em: <[http://web.mit.edu/sloan-auto-lab/research/beforeh2/otr2035/On%20the%20Road%20in%202035\\_MIT\\_July%202008.pdf](http://web.mit.edu/sloan-auto-lab/research/beforeh2/otr2035/On%20the%20Road%20in%202035_MIT_July%202008.pdf)>. Acesso em: 17 ago. 2015.

MMA. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/163/\\_publicacao/163\\_publicacao27072011055200.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_publicacao/163_publicacao27072011055200.pdf)>. Acesso em: 5 abr. 2015.

MMA. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários - Ano-Base 2012**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014. Disponível em:

<<http://www.anp.gov.br/?pg=71044&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1402513929715>>. Acesso em: 5 abr. 2015.

**NHTSA. NHTSA and EPA Set Standards to Improve Fuel Economy and Reduce Greenhouse Gases for Passenger Cars and Light Trucks for Model Years 2017 and Beyond.** [s.l.] National Highway Traffic Safety Administration, 2011. Disponível em: <[http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/cape/CAFE\\_2017-25\\_Fact\\_Sheet.pdf](http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/cape/CAFE_2017-25_Fact_Sheet.pdf)>. Acesso em: 17 jan. 2015.

NOGUEIRA, A. H.; BRANCO, G. M. **Promovendo a eficiência energética nos automóveis brasileiros,** 2005. Disponível em: <<http://www.etanolveicular.inee.org.br/downloads/eficiencia-automoveis-brasileiros.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2014

O GLOBO. **Automóvel no Brasil custa até 106% mais que lá fora.** O Globo, 29 ago. 2012. Disponível em <<http://oglobo.globo.com/economia/automovel-no-brasil-custa-ate-106-mais-que-la-fora-5928923>>. Acesso em fev. de 2016.

O GLOBO. Governo desiste de adiar exigência de airbags e freios ABS em veículos feitos no país. **O Globo,** 17 dez. 2013.

OICA. **2013 Production Statistics.** Disponível em: <<http://www.oica.net/category/production-statistics/>>.

PEREIRA, A. Modelos de Planejamento Energético. **V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético,** 2008.

PEREIRA, A. et al. Modelos Energéticos: Uma Proposta de Planejamento Integrado. **V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético,** 2008.

PEW. **History of Fuel Economy.** [s.l.] The Pew Environment Group, 2011.

RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. Power comparison of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics,** v. 2, n. 1, p. 21–33, 2011.

RECEITA FEDERAL. **Direito ao crédito presumido do IPI.** Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/PessoaJuridica/IPI/dcp/Orientacoes/direito.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

RODRIGUES, B. **Estoques Reguladores de Etanol Combustível Frente à Introdução dos Veículos Flex Fuel na Frota Nacional.** [s.l.] UFRJ/COPPE, 2012.

RUAS, M. DAS G. Análise de Políticas Públicas: Conceitos Básicos. In: [s.l: s.n.].

RUAS, M. DAS G. **Políticas Públicas.** Florianópolis: [s.n.].

RYAN, L.; FERREIRA, S.; COVERY, F. The impact of fiscal and other measures on new passenger car sales and CO2 emissions intensity: Evidence from Europe. **Energy Economics,** v. 31, p. 365–374, 2009.

SCHAEFFER, R. et al. **Estudo sobre as ameaças e as oportunidades relativas ao problema das mudanças climáticas globais sobre o setor de petróleo e gás e proposição de ações por parte da Petrobras para lidar com o risco carbono.** [s.l.: s.n.].

SEBRAE. **Políticas Públicas: conceitos e práticas**, 2008. Disponível em: <<http://www.agenda21comperj.com.br/sites/localhost/files/MANUAL%20DE%20POLITICAS%20P%C3%9ABLICAS.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2014

SOUZA, C. Políticas Públicas: uma Revisão da Literatura. **Sociologias**, p. 20–45, 2006.

SWISHER, J.; JANNUZZI, G. DE M.; REDLINGER, R. **Tools and methods for integrated resource planning. Improving energy efficiency and protecting the environment.** Roskilde: UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, 1997. Disponível em: <<http://apps.unep.org/publications/pmtdocuments/-Tools%20and%20Methods%20for%20Integrated%20Resource%20Planning-20021173.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2015.

TEIXEIRA, E. C. **O Papel das Políticas Públicas no Desenvolvimento Local e na Transformação da Realidade**, 2002. Disponível em: <[http://www.dhnet.org.br/dados/cursos/aatr2/a\\_pdf/03\\_aatr\\_pp\\_papel.pdf](http://www.dhnet.org.br/dados/cursos/aatr2/a_pdf/03_aatr_pp_papel.pdf)>. Acesso em: 8 abr. 2014

UNEP. **Hybrid Electric Vehicles: An overview of current technology and its application in developing and transitional countries.** [s.l.] United Nations Environment Programme, 2009. Disponível em: <[http://www.unep.org/transport/pcfvp/pdf/hev\\_report.pdf](http://www.unep.org/transport/pcfvp/pdf/hev_report.pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2015.

UNEP. **The European Union Automotive Fuel Economy Policy.** [s.l.] United Nations Environment Program, 2011. Disponível em: <[http://www.unep.org/transport/gfei/autotool/case\\_studies/europe/cs\\_eu\\_0.asp#p1](http://www.unep.org/transport/gfei/autotool/case_studies/europe/cs_eu_0.asp#p1)>. Acesso em: 17 jan. 2014.

VAN RUIJVEN, B. et al. **Uncertainty from Model Calibration: Applying a New Method to Transport Energy Demand Modelling.** 2009.

VARIAN, H. R. **Intermediate Microeconomics.** 8. ed. [s.l.] W. W. Norton & Company, 2010.

WORLD BANK. **Motor vehicles (per 1,000 people).** Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3>>.

YAHOO! FINANCE. **The World's Largest Automakers.** Disponível em: <<http://finance.yahoo.com/news/world-largest-automakers-222430745.html>>.

*Anexos*

## Anexo I - Vendas de automóveis por tipo de combustível utilizado

Tabela I.1: Vendas de automóveis leves por tipo de combustível utilizado

Ano	Vendas totais de automóveis leves	Venda de automóveis a gasolina	Venda de automóveis a etanol	Venda de automóveis <i>Flex</i>
1957	1.172	1.172	-	-
1958	3.682	3.682	-	-
1959	14.371	14.371	-	-
1960	40.980	40.980	-	-
1961	60.132	60.132	-	-
1962	83.541	83.541	-	-
1963	94.619	94.619	-	-
1964	103.427	103.427	-	-
1965	114.882	114.882	-	-
1966	127.865	127.865	-	-
1967	139.211	139.211	-	-
1968	164.341	164.341	-	-
1969	241.542	241.542	-	-
1970	308.024	308.024	-	-
1971	395.266	395.266	-	-
1972	457.124	457.124	-	-
1973	557.692	557.692	-	-
1974	639.668	639.668	-	-
1975	661.332	661.332	-	-
1976	695.207	695.207	-	-
1977	678.824	678.824	-	-
1978	797.942	797.942	-	-
1979	828.733	828.733	-	-
1980	793.028	567.370	225.658	-
1981	447.608	317.867	129.741	-
1982	556.229	338.852	217.377	-
1983	608.499	64.053	544.446	-
1984	532.235	25.650	506.585	-
1985	602.069	19.215	582.854	-
1986	672.384	51.722	620.662	-
1987	410.260	19.231	391.029	-
1988	556.744	64.738	492.006	-
1989	566.582	218.907	347.675	-
1990	532.906	462.280	70.626	-
1991	597.892	469.313	128.579	-
1992	596.964	436.490	160.474	-
1993	903.828	673.063	230.765	-
1994	1.127.673	1.005.936	121.737	-

Ano	Vendas totais de automóveis leves	Venda de automóveis a gasolina	Venda de automóveis a etanol	Venda de automóveis <i>Flex</i>
1995	1.407.073	1.375.094	31.979	-
1996	1.405.545	1.405.545	-	-
1997	1.569.727	1.569.727	-	-
1998	1.211.885	1.211.885	-	-
1999	1.011.847	1.011.847	-	-
2000	1.176.774	1.176.774	-	-
2001	1.295.096	1.295.096	-	-
2002	1.218.546	1.174.120	44.426	-
2003	1.168.681	1.094.799	33.583	40.299
2004	1.258.446	934.490	49.839	274.117
2005	1.364.270	557.342	41.627	765.301
2006	1.553.626	269.143	1.020	1.283.463
2007	1.981.646	163.513	9	1.818.124
2008	2.206.633	110.086	-	2.096.547
2009	2.504.030	93.163	-	2.410.867
2010	2.625.344	95.601	-	2.529.743
2011	2.647.255	199.100	-	2.448.155
2012	2.851.540	136.365	-	2.715.175
2013	2.763.718	155.634	-	2.608.084

Fonte: Elaboração própria a partir de ANFAVEA (2014b) e MMA (2011, 2014).

## Anexo II – Características de eficiência e vendas de automóveis no período 2005-2013

**Tabela II.2: Características de eficiência e vendas de automóveis no período 2005-2013**

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2005	Gol	179.347	4,05	6,38	1.260	958	7,2	9,5	11,0	14,5
2005	Palio	126.391	3,84	6,10	1.398	953	6,7	9,8	8,9	12,8
2005	Celta	119.821	3,93	6,03	1.129	868	7,6	8,7	8,7	14,4
2005	Uno	119.406	3,65	5,72	999	818	7,0	8,7	10,0	13,3
2005	Fox	94.962	4,04	6,24	1.598	1.020	6,4	10,4	9,1	14,3
2005	Classic	67.607	3,93	6,68	999	905	7,4	9,2	10,4	13,0
2005	Fiesta	62.728	4,19	6,57	1.299	1.041	6,4	10,4	9,6	13,5
2005	Ecosport	45.420	4,32	7,33	1.598	1.210	7,9	9,8	12,1	15,1
2005	Siena	43.513	3,86	6,73	1.242	1.065	7,7	10,5	10,1	14,2
2005	Fiesta Sedan	37.141	4,32	7,30	1.199	1.095	6,8	10,2	8,5	13,1
2005	Corolla	36.093	4,43	7,72	1.794	1.160	6,1	9,0	11,0	14,7
2005	Fit	34.840	4,10	6,42	1.444	1.060	7,3	8,6	10,8	15,3
2005	Corsa	32.625	4,10	6,29	1.796	1.072	5,7	9,9	7,3	13,0
2005	Corsa Sedan	31.020	4,10	6,88	1.389	1.073	6,7	8,3	10,2	12,8
2005	Palio Weekend	26.904	4,02	6,95	1.611	1.121	6,6	9,2	8,7	12,2
2005	Civic	20.663	4,49	7,64	1.668	1.157	7,3	9,8	10,2	14,0
2005	Clio	18.899	4,05	6,18	1.299	943	7,1	10,7	10,3	14,3
2005	Ka	17.032	4,03	6,30	1.299	952	8,0	9,1	10,9	13,3
2005	Parati	12.977	4,08	6,92	1.596	1.003	6,0	7,9	9,3	11,9

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2005	C3	12.791	4,38	7,05	1.587	1.362	6,1	8,5	8,7	12,0
2005	Polo Sedan	11.423	4,07	6,88	1.598	1.137	6,2	8,1	9,4	12,1
2005	Focus	10.724	4,45	7,10	1.999	1.231	6,4	8,1	8,9	12,9
2005	Golf	9.638	4,36	7,20	1.984	1.197	6,1	8,0	8,6	13,1
2005	Pajero	9.577	5,15	8,85	3.431	2.133	4,5	6,0	6,8	8,8
2005	Polo	9.256	4,07	6,42	1.598	1.105	6,8	9,3	10,1	13,6
2005	Idea	8.967	4,31	6,94	1.697	1.288	6,1	6,9	9,0	10,1
2005	Doblo	8.654	4,55	7,68	1.796	1.400	6,2	6,6	8,0	12,0
2005	Focus Sedan	6.018	4,45	7,46	1.999	1.261	6,4	8,1	7,5	12,2
2005	A3	4.333	4,55	7,48	1.984	1.330	-	-	8,0	12,4
2005	Hilux	1.631	5,66	9,65	2.838	1.840	5,0	6,1	8,0	9,6
2005	Freelander	1.038	5,08	8,60	2.179	1.805	-	-	8,0	10,0
2005	T4	933	4,45	7,57	2.796	2.190	-	-	9,0	13,4
2006	Gol	189.073	4,07	6,49	1.493	960	7,2	9,4	10,5	13,8
2006	Palio	162.700	3,88	6,25	1.582	1.022	7,1	9,3	9,9	12,8
2006	Celta	126.198	3,93	6,03	999	870	7,6	8,7	10,7	12,8
2006	Uno	115.129	3,90	6,19	1.245	920	7,5	8,8	11,1	13,4
2006	Fox	107.600	4,05	6,27	1.598	1.054	6,6	8,3	9,8	12,3
2006	Classic	76.349	3,93	6,52	999	920	7,4	9,2	10,4	13,0
2006	Siena	56.346	3,86	6,71	1.184	1.048	7,5	9,8	9,7	12,7
2006	Fiesta	56.283	4,36	7,16	1.398	1.110	7,7	9,3	11,0	14,1
2006	Ecosport	43.589	4,32	7,33	1.598	1.210	7,9	9,8	12,1	15,1
2006	Fiesta Sedan	40.370	4,39	7,46	1.598	1.098	7,1	8,4	9,7	12,4

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2006	Corsa	37.512	4,10	6,29	1.398	1.074	7,1	8,9	10,6	13,3
2006	Corolla	35.323	4,43	7,72	1.598	1.140	6,1	9,0	8,5	13,8
2006	Fit	35.127	4,25	6,64	1.433	1.139	7,3	8,6	11,2	12,5
2006	Civic	29.262	4,68	7,94	1.799	1.263	7,3	9,8	10,6	13,4
2006	Corsa Sedan	29.212	4,10	6,86	1.796	1.117	6,4	9,3	8,7	12,5
2006	Idea	26.696	4,26	6,67	1.582	1.205	6,3	7,2	9,3	10,3
2006	C3	22.272	4,10	6,42	1.511	1.048	7,2	10,0	9,4	13,1
2006	Palio Weekend	22.049	3,98	6,89	1.368	1.091	7,6	9,8	9,9	11,7
2006	Clio	19.880	4,05	6,26	999	880	7,9	10,1	10,8	14,3
2006	Ka	19.834	3,99	6,00	1.299	920	8,0	9,1	9,9	14,6
2006	Parati	18.665	4,08	6,94	1.781	1.032	6,0	7,9	9,0	11,8
2006	Polo Sedan	15.461	4,07	6,88	1.598	1.137	6,2	8,1	9,4	12,1
2006	Polo	13.462	4,07	6,42	1.598	1.105	6,8	9,3	10,1	13,6
2006	Space Fox	11.903	4,08	6,92	1.598	1.147	7,2	10,0	9,4	13,0
2006	Focus	11.237	4,45	7,10	1.999	1.231	6,4	8,1	8,1	12,0
2006	Pajero	10.856	5,15	8,85	3.431	2.133	4,5	6,0	6,8	8,8
2006	Doblo	9.344	4,47	7,52	1.621	1.367	6,2	6,6	9,0	9,7
2006	Prisma	9.108	4,02	6,79	1.389	905	7,0	8,8	10,4	13,2
2006	Golf	8.294	4,36	7,29	1.791	1.245	6,1	8,0	9,3	11,8
2006	Fusion	7.040	5,00	8,87	2.294	1.523	-	-	8,7	10,2
2006	Focus Sedan	6.465	4,45	7,46	1.598	1.184	6,4	8,1	9,7	12,8
2006	Hilux	6.175	5,55	9,45	2.738	1.765	5,0	6,1	10,1	13,4
2006	Tucson	3.564	4,72	7,76	2.657	1.690	5,2	6,6	6,5	8,9

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m²)	Média de área total (m²)	Média de cilindradas do motor (cm³)	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2006	A3	2.409	4,55	7,48	1.984	1.330	-	-	8,0	12,4
2007	Gol	243.112	4,07	6,49	999	961	7,4	9,6	10,8	14,1
2007	Palio	221.732	3,88	6,25	999	970	7,5	10,0	10,4	13,0
2007	Uno	128.502	3,90	6,19	1.245	920	7,5	8,8	11,1	13,4
2007	Fox	126.291	4,05	6,27	1.598	1.054	6,6	8,3	9,8	12,3
2007	Celta	126.237	3,97	6,16	999	880	7,6	8,7	10,7	12,8
2007	Classic	95.683	3,93	6,68	999	905	7,4	9,2	10,4	13,0
2007	Siena	88.721	3,88	6,76	1.397	1.083	6,8	9,0	9,2	12,1
2007	Fiesta	68.019	4,39	6,90	999	1.076	7,0	9,3	9,4	12,3
2007	Prisma	54.603	4,02	6,79	1.389	905	7,0	8,8	10,4	13,2
2007	Civic	47.747	4,73	7,86	1.849	1.276	7,0	10,0	9,1	12,9
2007	Ecosport	47.025	4,32	7,35	1.999	1.269	6,5	7,7	9,4	12,0
2007	Corsa	45.441	4,10	6,29	1.796	1.072	7,2	9,1	9,2	13,0
2007	Fiesta Sedan	44.479	4,39	7,46	1.598	1.098	7,1	8,4	9,7	12,4
2007	Corolla	34.461	4,58	7,99	1.986	1.230	6,1	9,0	8,2	12,8
2007	Fit	34.408	4,25	6,64	1.433	1.139	7,3	8,6	11,2	12,5
2007	Idea	30.350	4,30	7,10	1.796	1.305	5,6	7,4	7,8	10,5
2007	C3	29.508	4,38	7,05	1.587	1.362	6,1	8,5	8,7	12,0
2007	Ka	29.327	4,03	6,30	1.299	952	8,0	9,1	10,9	13,3
2007	Polo Sedan	28.633	4,07	6,93	1.598	1.133	6,5	9,5	9,2	13,4
2007	Space Fox	27.611	4,08	6,92	1.598	1.147	7,2	10,0	9,4	13,0
2007	Polo	22.313	4,07	6,46	1.690	1.135	6,2	8,1	8,6	13,6
2007	Corsa Sedan	20.331	4,10	6,88	1.389	1.073	6,7	8,3	10,2	12,8

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2007	Clio	19.636	4,05	6,26	1.598	1.005	7,1	10,7	9,0	13,8
2007	Palio Weekend	18.274	4,10	7,08	1.796	1.168	6,2	8,0	8,5	11,0
2007	Parati	17.266	4,08	6,92	1.596	1.003	6,0	7,9	9,3	11,9
2007	Pajero	15.715	5,27	9,15	3.200	2.165	4,5	6,0	9,0	11,0
2007	Logan	14.597	4,58	7,46	1.598	1.085	6,2	8,7	8,5	11,9
2007	Focus	14.382	4,86	8,01	1.999	1.347	6,4	8,1	9,2	11,7
2007	Punto	13.847	4,23	6,80	1.673	1.180	6,7	8,2	9,8	11,8
2007	Golf	13.560	4,36	7,29	1.791	1.245	6,1	8,0	9,3	11,8
2007	Tucson	12.343	4,72	7,76	1.975	1.550	5,2	6,6	7,2	9,1
2007	Fusion	11.415	5,01	8,88	2.488	1.687	-	-	13,8	13,1
2007	Doblo	8.354	4,40	7,13	1.796	1.280	7,8	11,0	10,4	14,8
2007	Focus Sedan	7.345	4,86	8,25	1.999	1.338	6,4	8,1	9,2	11,7
2007	Hilux	7.067	5,66	9,65	2.838	1.840	5,0	6,1	8,0	9,6
2007	C4	6.154	4,61	7,56	1.997	1.279	5,3	7,8	8,5	12,9
2008	Gol	285.914	4,08	6,49	1.596	979	6,7	8,8	9,7	12,8
2008	Palio	197.181	3,89	6,31	1.490	997	7,0	9,4	9,7	13,0
2008	Uno	141.850	3,90	6,19	1.245	920	7,5	8,8	11,1	13,4
2008	Celta	130.374	3,97	6,16	999	890	7,6	8,7	10,7	12,8
2008	Fox	115.059	4,04	6,24	1.598	1.046	6,4	10,4	9,1	14,3
2008	Classic	103.819	3,93	6,68	999	905	7,4	9,2	10,4	13,0
2008	Siena	95.283	3,89	6,81	1.388	1.072	7,2	9,0	10,3	12,4
2008	Civic	67.677	4,73	7,86	1.799	1.245	7,1	10,1	9,9	13,6
2008	Ka	64.878	4,02	6,29	1.299	924	7,2	9,8	9,4	13,4

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2008	Fiesta	58.821	4,39	6,99	1.398	1.095	7,5	9,0	10,1	14,1
2008	Prisma	50.685	4,02	6,79	1.389	905	7,0	8,8	10,4	13,2
2008	Corsa	47.300	4,10	6,31	1.389	1.056	6,7	8,3	10,2	12,8
2008	Corolla	45.634	4,43	7,72	1.794	1.150	7,1	9,1	10,5	13,3
2008	Ecosport	44.168	4,32	7,35	1.598	1.208	5,7	6,5	8,9	10,1
2008	Fit	40.502	4,25	6,64	1.433	1.139	7,3	8,6	11,2	12,5
2008	Sandero	39.625	4,52	7,02	1.598	1.087	5,9	7,6	8,5	11,3
2008	Punto	38.571	4,23	6,80	1.582	1.157	6,8	8,4	9,1	11,7
2008	Fiesta Sedan	37.927	4,39	7,45	1.299	1.114	6,9	10,0	8,8	14,5
2008	Logan	36.594	4,58	7,39	1.298	1.068	7,0	8,9	9,5	12,5
2008	C3	35.835	4,38	7,05	1.587	1.362	6,1	8,5	8,7	12,0
2008	Palio Weekend	30.391	4,17	7,22	1.697	1.197	7,1	9,3	9,7	12,6
2008	Corsa Sedan	28.263	4,10	6,88	1.389	1.043	6,7	8,3	10,2	12,8
2008	Idea	27.003	4,31	6,94	1.697	1.288	6,1	6,9	9,0	10,1
2008	Polo Sedan	24.279	4,07	6,88	1.598	1.137	6,2	8,1	9,4	12,1
2008	Space Fox	22.217	4,08	6,92	1.598	1.147	7,2	10,0	9,4	13,0
2008	Tucson	19.637	4,72	7,76	1.975	1.542	5,2	6,6	8,3	9,8
2008	Polo	18.350	4,07	6,42	1.598	1.105	6,8	9,3	10,1	13,6
2008	Pajero	18.120	4,12	6,77	1.999	1.363	4,8	6,2	7,4	9,0
2008	C4	17.945	4,81	8,45	1.997	1.388	5,3	7,8	8,4	11,6
2008	Parati	17.762	4,08	6,92	1.596	1.003	6,0	7,9	9,3	11,9
2008	Golf	17.265	4,36	7,29	1.788	1.240	6,2	8,1	8,3	11,7
2008	Focus	13.177	4,45	7,10	1.598	1.190	7,6	11,4	9,0	13,0

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2008	207	12.716	4,08	6,77	1.474	1.111	6,8	9,1	9,7	13,0
2008	Clio	11.395	4,05	6,25	999	912	9,1	9,6	13,1	14,3
2008	Fusion	9.727	5,00	8,87	2.294	1.523	-	-	8,7	10,2
2008	Voyage	8.951	4,08	7,00	1.598	1.027	7,3	9,5	10,7	13,6
2008	Doblo	8.642	4,47	7,52	1.621	1.367	6,2	6,6	9,0	9,7
2008	CR-V	7.953	4,77	8,23	1.997	1.573	-	-	8,7	11,0
2009	Gol	303.014	4,08	6,47	999	906	7,5	10,2	10,3	14,2
2009	Palio	203.712	4,02	6,46	1.420	1.038	7,2	9,1	10,7	13,3
2009	Uno	168.488	3,65	5,72	999	810	8,8	9,9	12,4	14,6
2009	Celta	139.406	3,97	6,16	999	890	7,6	8,7	10,7	12,8
2009	Fox	129.179	4,09	6,31	1.598	1.036	6,3	10,2	9,0	14,1
2009	Siena	116.046	3,89	6,81	1.598	1.092	6,5	7,7	9,5	11,6
2009	Classic	108.430	3,93	6,52	999	920	7,4	9,2	10,4	13,0
2009	Voyage	85.675	4,08	7,00	999	970	7,4	9,5	10,8	14,1
2009	Ka	83.947	4,03	6,30	1.299	952	8,0	9,1	10,9	13,3
2009	Fiesta	73.003	4,36	7,16	1.398	1.110	7,7	9,3	11,0	14,1
2009	Prisma	62.454	4,02	6,79	999	921	7,5	9,1	11,2	13,1
2009	Corolla	54.593	4,58	7,99	1.794	1.220	6,6	9,1	9,5	13,2
2009	Civic	50.189	4,73	7,86	1.998	1.322	7,3	9,8	8,0	13,1
2009	Sanderó	49.376	4,53	7,16	1.598	1.117	6,7	8,9	8,7	11,6
2009	Fit	48.650	4,24	6,61	1.418	1.110	7,2	8,5	10,8	12,7
2009	Ecosport	43.573	4,32	7,34	1.999	1.310	5,3	6,3	8,0	9,6
2009	Palio Weekend	43.244	4,09	7,13	1.511	1.129	6,9	7,9	10,1	11,5

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2009	Fiesta Sedan	41.954	4,39	7,46	1.598	1.098	7,1	8,4	9,7	12,4
2009	Corsa	35.614	4,10	6,31	1.389	1.029	6,7	8,3	10,2	12,8
2009	C3	33.542	4,38	7,05	1.587	1.362	6,1	8,5	8,7	12,0
2009	Space Fox	31.908	4,08	6,92	1.598	1.147	7,2	10,0	9,4	13,0
2009	Logan	30.127	4,58	7,46	1.598	1.085	6,2	8,7	8,5	11,9
2009	Corsa Sedan	29.575	4,10	6,88	1.389	1.073	6,7	8,3	10,2	12,8
2009	207	49.068	4,08	6,80	1.511	1.164	6,3	8,6	9,1	12,5
2009	Tucson	28.867	4,72	7,76	1.975	1.550	5,2	6,6	7,2	9,1
2009	Idea	27.648	4,31	6,94	1.697	1.288	6,1	6,9	9,0	10,1
2009	Punto	27.395	4,23	6,80	1.673	1.180	6,7	8,2	9,8	11,8
2009	Vectra	23.966	4,58	7,50	1.998	1.256	5,8	7,4	8,4	10,6
2009	Golf	20.956	4,36	7,29	1.855	1.254	6,9	9,5	9,5	12,7
2009	Polo Sedan	17.233	4,07	6,93	1.791	1.152	7,3	10,7	9,4	13,6
2009	Focus	16.699	4,86	8,01	1.999	1.348	6,4	8,1	9,0	12,7
2009	Polo	14.937	4,07	6,46	1.727	1.109	6,5	8,9	9,6	13,1
2009	Pajero	14.907	5,15	8,85	3.431	2.133	4,5	6,0	6,8	8,8
2009	Linea	14.658	4,50	7,89	1.682	1.313	6,5	7,7	9,5	11,1
2009	City	14.625	4,32	7,46	1.497	1.175	7,5	8,3	11,2	14,0
2009	Agile	14.387	4,28	6,73	1.389	1.075	7,5	9,7	9,8	12,6
2009	Clio	13.885	4,05	6,26	999	880	7,2	9,0	11,4	14,5
2009	Captiva	13.584	5,01	8,47	3.171	1.771	-	-	6,4	9,1
2009	i30	13.348	4,79	7,94	1.975	1.371	-	-	9,3	13,7
2009	C4	12.020	4,87	8,04	1.997	1.454	6,0	9,0	7,8	11,5

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2009	Vectra	11.446	4,58	7,50	1.998	1.256	5,8	7,4	8,4	10,6
2009	CR-V	11.231	4,77	8,33	1.997	1.544	-	-	9,5	11,5
2009	C4	10.029	4,87	8,04	1.997	1.454	6,0	9,0	7,8	11,5
2009	Fusion	9.822	5,01	8,88	2.488	1.687	-	-	13,8	13,1
2010	207	63.341	4,08	6,77	1.474	1.111	6,8	9,1	9,7	13,0
2010	Agile	67.732	4,28	6,73	1.389	1.075	7,5	9,7	9,8	12,6
2010	Azera	7.269	5,18	9,13	3.342	1.640	-	-	7,9	11,1
2010	C3	39.936	4,38	7,05	1.587	1.362	6,1	8,5	8,7	12,0
2010	C4	25.500	4,75	8,15	1.997	1.347	5,3	7,8	7,4	10,7
2010	Celta	155.180	3,97	6,16	999	890	7,6	8,7	10,7	12,8
2010	City	35.130	4,32	7,46	1.497	1.175	7,5	8,3	11,2	14,0
2010	Civic	31.229	4,68	7,94	1.799	1.263	7,3	9,8	10,6	13,4
2010	Clio	30.094	4,05	6,25	999	912	9,1	9,6	13,1	14,3
2010	Corolla	55.024	4,58	7,99	1.986	1.230	6,1	9,0	8,2	12,8
2010	Corsa	34.042	4,10	6,31	1.389	1.029	6,7	8,3	10,2	12,8
2010	Corsa Sedan	141.443	4,10	6,88	1.389	1.073	6,7	8,3	10,2	12,8
2010	Doblo	5.971	4,47	7,52	1.621	1.367	6,2	6,6	9,0	9,7
2010	Fiesta	95.504	4,36	7,16	1.398	1.110	7,7	9,3	11,0	14,1
2010	Fiesta Sedan	39.609	4,39	7,46	1.598	1.098	7,1	8,4	9,7	12,4
2010	Fit	40.954	4,25	6,64	1.433	1.139	7,3	8,6	11,2	12,5
2010	Focus	25.371	4,86	8,01	1.999	1.347	6,4	8,1	9,2	11,7
2010	Focus Sedan	6.765	4,86	8,25	1.999	1.338	6,4	8,1	9,2	11,7
2010	Fusion	10.918	5,01	8,88	2.488	1.687	-	-	13,8	13,1

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2010	Gol	293.783	4,07	6,49	1.299	928	7,8	9,6	10,7	13,8
2010	Golf	17.746	4,36	7,29	1.791	1.245	6,1	8,0	9,3	11,8
2010	i30	35.930	4,79	7,94	1.975	1.371	-	-	9,3	13,7
2010	Idea	25.830	4,31	6,94	1.697	1.288	6,1	6,9	9,0	10,1
2010	Ka	84.883	4,03	6,30	1.299	952	8,0	9,1	10,9	13,3
2010	Linea	12.082	4,50	7,89	1.747	1.318	6,7	8,1	9,9	11,8
2010	Livina	12.641	4,39	7,06	1.698	1.182	6,8	7,8	9,9	11,5
2010	Logan	36.726	4,58	7,46	1.598	1.085	6,2	8,7	8,5	11,9
2010	Palio	137.518	4,02	6,46	1.420	1.038	7,2	9,1	10,7	13,3
2010	Palio Weekend	31.743	4,17	7,22	1.697	1.197	7,1	9,3	9,7	12,6
2010	Parati	3.849	4,08	6,92	1.596	1.003	6,0	7,9	9,3	11,9
2010	Picanto	8.667	3,80	5,73	998	955	8,3	9,6	11,7	13,8
2010	Polo	13.003	4,07	6,42	1.598	1.105	6,8	9,3	10,1	13,6
2010	Polo Sedan	16.782	4,07	6,88	1.598	1.137	6,2	8,1	9,4	12,1
2010	Prisma	63.092	4,02	6,79	1.389	905	7,0	8,8	10,4	13,2
2010	Punto	35.737	4,23	6,80	1.673	1.180	6,7	8,2	9,8	11,8
2010	Sanderó	68.832	4,53	7,05	1.478	1.087	6,9	8,7	9,6	11,7
2010	Siena	120.518	3,89	6,81	1.598	1.092	6,5	7,7	9,5	11,6
2010	Soul	7.490	4,55	7,35	1.591	1.267	7,0	8,0	10,3	11,8
2010	Space Fox	18.223	4,08	6,92	1.598	1.147	7,2	10,0	9,4	13,0
2010	Symbol	8.397	4,13	7,12	1.598	1.045	7,5	8,4	10,8	12,8
2010	Uno	229.323	3,90	6,19	1.245	920	7,5	8,8	11,1	13,4
2010	Voyage	82.708	4,08	7,00	1.598	1.027	7,3	9,5	10,7	13,6

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2010	Fox	143.782	4,05	6,27	1.598	1.054	6,6	8,3	9,8	12,3
2011	207	55.914	4,08	6,46	1.587	1.156	6,7	9,4	8,7	12,2
2011	Agile	73.255	4,28	6,73	1.389	1.075	7,5	9,7	9,8	12,6
2011	Bravo	11.827	4,66	7,77	1.621	1.355	6,4	7,5	8,9	10,7
2011	C3	37.573	4,38	7,05	1.587	1.362	6,1	8,5	8,7	12,0
2011	C4	11.016	4,75	8,15	1.997	1.347	5,3	7,8	7,4	10,7
2011	Celta	149.044	3,97	6,16	999	890	7,6	8,7	10,7	12,8
2011	City	24.637	4,32	7,46	1.497	1.175	7,5	8,3	11,2	14,0
2011	Civic	22.962	4,68	7,94	1.799	1.263	7,3	9,8	10,6	13,4
2011	Clio	27.057	4,05	6,25	999	912	9,1	9,6	13,1	14,3
2011	Corolla	53.147	4,58	7,99	1.892	1.283	6,9	9,3	9,6	12,8
2011	Corsa	41.954	4,10	6,31	1.389	1.029	6,7	8,3	10,2	12,8
2011	Corsa Sedan	125.777	4,10	6,88	1.389	1.073	6,7	8,3	10,2	12,8
2011	Doblo	13.179	4,47	7,52	1.621	1.367	6,2	6,6	9,0	9,7
2011	Fiesta	86.204	4,36	7,16	1.398	1.110	7,7	9,3	11,0	14,1
2011	Fiesta Sedan	35.016	4,39	7,46	999	1.098	6,2	7,0	9,4	11,3
2011	Fit	28.761	4,25	6,64	1.433	1.139	7,3	8,6	11,2	12,5
2011	Fluence	10.386	4,89	8,36	1.997	1.369	6,8	9,2	10,2	14,1
2011	Focus	27.611	4,86	8,01	1.999	1.347	6,4	8,1	9,2	11,7
2011	Fox	121.588	4,05	6,27	1.598	1.054	6,6	8,3	9,8	12,3
2011	Gol	293.454	4,07	6,49	1.299	928	7,8	9,6	10,7	13,8
2011	Golf	15.515	4,36	7,29	1.791	1.245	6,1	8,0	9,3	11,8
2011	i30	35.717	4,79	7,94	1.975	1.385	-	-	8,8	12,5

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2011	Idea	26.053	4,31	6,94	1.697	1.288	6,1	6,9	9,0	10,1
2011	J3	12.805	3,96	6,70	1.332	1.080	-	-	9,6	11,7
2011	Jetta	14.085	4,71	8,26	1.984	1.344	6,2	7,9	8,9	11,3
2011	Ka	63.764	4,03	6,30	1.299	952	8,0	9,1	10,9	13,3
2011	Linea	12.258	4,50	7,89	1.747	1.318	6,7	8,1	9,9	11,8
2011	Livina	16.684	4,39	7,06	1.698	1.182	6,8	7,8	9,9	11,5
2011	Logan	39.086	4,58	7,46	1.598	1.085	6,2	8,7	8,5	11,9
2011	New Fiesta	13.074	4,22	6,90	1.596	1.145	8,0	10,0	12,0	14,3
2011	Palio	105.794	4,02	6,46	1.420	1.038	7,2	9,1	10,7	13,3
2011	Palio Weekend	22.853	4,17	7,22	1.697	1.197	7,1	9,3	9,7	12,6
2011	Polo Sedan	12.939	4,07	6,88	1.598	1.137	6,2	8,1	9,4	12,1
2011	Prisma	51.063	4,02	6,79	1.389	905	7,0	8,8	10,4	13,2
2011	Punto	36.547	4,23	6,80	1.747	1.189	6,6	7,8	9,6	11,3
2011	QQ	9.923	3,50	5,31	1.083	890	-	-	11,8	13,9
2011	Sandero	81.780	4,53	7,05	1.478	1.087	6,9	8,7	9,6	11,7
2011	Sentra	10.489	4,81	8,17	1.997	1.359	6,0	8,1	9,0	11,7
2011	Siena	90.167	3,89	6,81	1.483	1.084	6,8	8,3	10,1	12,4
2011	Soul	17.926	4,55	7,35	1.591	1.287	6,5	7,6	9,6	11,3
2011	Space Fox	20.502	4,08	6,92	1.598	1.147	7,2	10,0	9,4	13,0
2011	Tiida	10.103	4,41	7,28	1.798	1.234	7,0	8,9	10,4	12,9
2011	Uno	273.537	3,84	6,06	1.326	904	7,9	9,8	11,0	14,6
2011	Voyage	87.210	4,08	7,00	1.598	1.027	7,3	9,5	10,7	13,6
2012	207	39.670	4,08	6,46	1.587	1.105	7,2	10,6	9,4	13,8

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2012	308	12.027	4,73	7,82	1.751	1.390	6,0	9,1	8,2	12,3
2012	500	15.922	3,74	5,77	1.368	1.153	-	-	10,0	12,0
2012	Agile	54.045	4,28	6,73	1.389	1.075	7,5	9,7	9,8	12,6
2012	Bravo	10.438	4,66	7,77	1.747	1.372	6,5	7,6	9,1	10,8
2012	C3	34.923	4,25	6,81	1.518	1.198	7,1	9,1	10,1	13,3
2012	Celta	137.617	3,97	6,16	999	890	7,6	8,7	10,7	12,8
2012	City	30.908	4,32	7,46	1.497	1.175	7,5	8,3	11,2	14,0
2012	Civic	50.490	4,68	7,94	1.799	1.263	7,3	9,8	10,6	13,4
2012	Clio	16.544	4,05	6,25	999	912	9,1	9,6	13,1	14,3
2012	Cobalt	66.654	4,55	7,77	1.796	1.136	7,0	9,6	9,1	12,5
2012	Corolla	56.365	4,58	7,99	1.986	1.285	6,7	10,1	8,2	12,8
2012	Corsa	26.246	4,10	6,31	1.389	1.029	6,7	8,3	10,2	12,8
2012	Corsa Sedan	98.551	4,10	6,88	1.389	1.073	6,7	8,3	10,2	12,8
2012	Cruze HB	13.184	4,81	8,07	1.796	1.410	6,8	8,8	8,7	11,6
2012	Cruze Sedan	39.530	4,81	8,23	1.796	1.416	6,7	9,4	8,7	12,2
2012	Doblo	12.278	4,47	7,52	1.621	1.367	6,2	6,6	9,0	9,7
2012	Fiesta	113.546	4,36	7,16	1.398	1.110	7,7	9,3	11,0	14,1
2012	Fiesta Sedan	37.209	4,39	7,46	1.598	1.098	7,1	8,4	9,7	12,4
2012	Fit	38.623	4,25	6,64	1.433	1.139	7,3	8,6	11,2	12,5
2012	Fluence	15.336	4,89	8,40	1.998	1.341	6,0	8,1	8,1	13,5
2012	Focus	24.023	4,86	8,01	1.999	1.347	6,4	8,1	9,2	11,7
2012	Fox	167.685	4,06	6,30	1.598	1.028	7,0	9,5	9,7	13,1
2012	Gol	293.293	4,07	6,45	1.265	924	7,6	9,5	11,1	13,9

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2012	Golf	15.110	4,36	7,29	1.791	1.245	6,1	8,0	9,3	11,8
2012	HB20	22.053	4,20	6,55	1.393	993	7,4	8,9	11,1	13,0
2012	i30	19.262	4,79	7,94	1.975	1.371	-	-	9,3	13,7
2012	Idea	26.243	4,26	6,72	1.368	1.197	6,5	7,3	9,5	10,5
2012	Jetta	20.637	4,71	8,26	1.984	1.344	6,2	7,9	8,9	11,3
2012	Ka	56.932	4,03	6,30	1.299	952	8,0	9,1	10,9	13,3
2012	Livina	15.278	4,39	7,06	1.698	1.182	6,8	7,8	9,9	11,5
2012	Logan	33.910	4,58	7,46	1.598	1.080	7,5	10,1	9,7	13,1
2012	March	33.149	4,08	6,29	1.298	945	8,3	9,6	12,2	14,3
2012	New Fiesta	10.304	4,22	6,90	1.596	1.145	8,0	10,0	12,0	14,3
2012	Onix	18.149	4,31	6,70	1.194	1.043	7,8	11,1	9,4	15,0
2012	Palio	186.384	4,02	6,46	1.420	1.038	7,2	9,1	10,7	13,3
2012	Palio Weekend	18.629	4,11	7,15	1.571	1.163	7,0	8,0	10,1	11,7
2012	Polo Sedan	14.240	4,07	6,88	1.598	1.137	6,2	8,1	9,4	12,1
2012	Prisma	34.932	4,02	6,79	1.389	905	7,0	8,8	10,4	13,2
2012	Punto	42.362	4,26	6,90	1.520	1.213	7,0	8,1	9,8	11,5
2012	Sanderó	98.442	4,53	7,07	1.598	1.076	7,0	9,5	8,9	12,1
2012	Siena	103.547	4,08	7,06	1.333	1.108	7,2	8,7	10,5	12,9
2012	Space Fox	21.134	4,08	6,92	1.598	1.147	7,2	10,0	9,4	13,0
2012	Spin	18.930	4,55	7,56	1.796	1.229	6,9	9,0	8,9	11,6
2012	Uno	255.838	3,90	6,19	1.245	920	7,5	8,8	11,1	13,4
2012	Versa	19.670	4,41	7,55	1.598	1.061	7,8	9,3	11,7	13,9
2012	Voyage	96.394	4,08	6,99	1.478	988	7,4	9,6	10,9	13,9

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2013	207	10.385	4,73	7,82	1.751	1.390	6,0	9,1	8,2	12,3
2013	308	10.931	5,22	8,88	1.598	1.410	-	-	8,4	11,4
2013	Agile	30.120	4,28	6,73	1.389	1.075	7,5	9,7	9,8	12,6
2013	Bravo	9.060	4,66	7,77	1.621	1.355	6,4	7,5	8,9	10,7
2013	C3	33.669	4,20	6,74	1.449	1.081	7,5	9,3	11,9	14,7
2013	Celta	74.647	3,97	6,16	999	890	7,6	8,7	10,7	12,8
2013	City	29.243	4,32	7,46	1.497	1.175	7,5	8,3	11,2	14,0
2013	Civic	60.970	4,68	7,94	1.799	1.263	7,3	9,8	10,6	13,4
2013	Classic	86.936	3,93	6,68	999	905	7,4	9,2	10,4	13,0
2013	Clio	29.911	4,05	6,25	999	912	9,1	9,6	13,1	14,3
2013	Cobalt	59.685	4,55	7,77	1.389	1.072	7,2	9,9	9,4	12,9
2013	Corolla	54.103	4,58	7,99	1.986	1.230	6,1	9,0	8,2	12,8
2013	Cruze HB	22.464	4,81	8,07	1.796	1.410	6,8	8,8	8,7	11,6
2013	Cruze Sedan	26.525	4,81	8,23	1.796	1.416	6,7	9,4	8,7	12,2
2013	Doblo	10.512	4,47	7,52	1.621	1.367	6,2	6,6	9,0	9,7
2013	Etios	34.801	4,17	6,40	1.413	955	8,5	9,0	12,5	13,2
2013	Etios Sedan	27.236	4,32	7,23	1.496	965	8,4	9,3	11,9	14,0
2013	Fiesta	136.712	4,36	7,16	1.398	1.110	7,7	9,3	11,0	14,1
2013	Fiesta Sedan	29.048	4,39	7,46	1.598	1.098	7,1	8,4	9,7	12,4
2013	Fit	40.637	4,25	6,64	1.433	1.139	7,3	8,6	11,2	12,5
2013	Fluence	13.878	4,89	8,36	1.997	1.372	6,0	8,1	9,1	12,0
2013	Focus	20.825	4,86	8,01	1.999	1.347	6,4	8,1	9,2	11,7
2013	Fox	129.927	4,04	6,27	999	1.009	7,5	9,5	11,5	13,5

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2013	Fusion	9.562	5,45	9,31	2.244	1.585	5,4	8,2	7,9	11,6
2013	Gol	255.057	4,07	6,49	1.299	928	7,8	9,6	10,7	13,8
2013	Golf	13.785	4,36	7,29	1.791	1.245	6,1	8,0	9,3	11,8
2013	HB20	157.702	4,20	6,55	1.393	993	7,4	8,9	11,1	13,0
2013	Idea	23.451	4,31	6,94	1.697	1.288	6,1	6,9	9,0	10,1
2013	Jetta	14.350	4,71	8,26	1.984	1.378	6,2	7,9	8,9	12,1
2013	Ka	26.252	4,03	6,30	1.299	952	8,0	9,1	10,9	13,3
2013	Linea	7.531	4,50	7,89	1.747	1.318	6,7	8,1	9,9	11,8
2013	Livina	9.542	4,39	7,06	1.698	1.182	6,8	7,8	9,9	11,5
2013	Logan	23.036	4,58	7,46	1.598	1.085	6,2	8,7	8,5	11,9
2013	March	24.255	4,08	6,29	1.298	945	8,3	9,6	12,2	14,3
2013	New Fiesta	8.498	4,22	6,90	1.596	1.145	8,0	10,0	12,0	14,3
2013	Onix	122.333	4,31	6,70	1.194	1.043	7,8	11,1	9,4	15,0
2013	Palio	177.014	4,02	6,46	1.420	1.038	7,2	9,1	10,7	13,3
2013	Palio Weekend	15.554	4,17	7,22	1.697	1.197	7,1	9,3	9,7	12,6
2013	Polo Sedan	8.187	4,07	6,88	1.598	1.137	6,2	8,1	9,4	12,1
2013	Prisma	61.301	4,31	7,29	1.194	1.055	7,8	11,1	9,4	15,0
2013	Punto	40.407	4,23	6,80	1.673	1.180	6,7	8,2	9,8	11,8
2013	Sandero	102.514	4,53	7,05	1.478	1.087	6,9	8,7	9,6	11,7
2013	Siena	129.825	3,89	6,81	1.598	1.092	6,5	7,7	9,5	11,6
2013	Space Fox	16.324	4,08	6,92	1.598	1.147	7,2	10,0	9,4	13,0
2013	Spin	41.983	4,55	7,56	1.796	1.229	6,9	9,0	8,9	11,6
2013	Uno	184.362	3,65	5,72	999	830	8,9	10,7	12,7	15,6

Ano	Modelo	Vendas	Média de área entre-eixos (m <sup>2</sup> )	Média de área total (m <sup>2</sup> )	Média de cilindradas do motor (cm <sup>3</sup> )	Média de Peso (kg)	Média de eficiência (km/l) na cidade a etanol	Média de eficiência (km/l) na estrada a etanol	Média de eficiência (km/l) na cidade a gasolina	Média de eficiência (km/l) na estrada a gasolina
2013	Versa	20.730	4,41	7,55	1.598	1.061	7,8	9,3	11,7	13,9
2013	Voyage	89.759	4,08	7,00	1.598	1.027	7,3	9,5	10,7	13,6

Fonte: Elaboração própria com base em FENABRAVE (2015) e Carros na Web (2015).

### **Anexo III - Teste de normalidade dos resíduos da regressão para validação do cálculo da elasticidade-preço da demanda**

No modelo clássico de regressão linear, a variável dependente ( $Y$ ), é descrita em função da variável independente ( $X$ ), conforme a Equação III-1 (GUJARATI, 2000):

#### **Equação III-1: Modelo clássico de regressão linear**

$$E(Y | X_i) = \beta_1 + \beta_2 \cdot X_i + u_i$$

Em que  $\beta_1$  e  $\beta_2$  são chamados coeficientes da regressão (também conhecidos como intercepto e coeficiente de inclinação, respectivamente) e  $u_i$  é o termo de erro (também conhecido como perturbação estocástica) (GUJARATI, 2000). No caso específico da regressão a qual está sendo referida, tratou-se de uma regressão linear múltipla, pois foram utilizadas duas variáveis independentes (preço dos veículos e uma variável *dummy*) cujos parâmetros estão reproduzidos a seguir, com a devida correspondência com a Equação III-1:

#### **Equação III-2: Função de demanda Cobb-Douglas no cálculo da elasticidade-preço da demanda**

$$\underbrace{\ln Q}_{E(Y|X_i)} = \underbrace{\ln k}_{\beta_1} + \underbrace{\alpha}_{\beta_2} \underbrace{\ln P}_{X_{1i}} + \underbrace{\beta}_{\beta_3} \underbrace{\ln D}_{X_{2i}} + \underbrace{\varepsilon}_{u_i}$$

Em que  $Q$  é a quantidade de veículos vendida;  $P$  é seu preço;  $D$  é uma variável *dummy*; e  $\varepsilon$  é o termo de erro.

Há uma série de hipóteses subjacentes ao modelo clássico de regressão linear e, portanto, para validar os resultados de um modelo desse tipo, deve-se testá-las para averiguar a adequação do modelo aos dados e à teoria proposta. Algumas dessas hipóteses merecem destaque, entre elas<sup>76</sup> (GUJARATI, 2000):

- Valor médio zero da perturbação  $u_i$ ;
- Homocedasticidade (variância constante) de  $u$ ;
- Nenhuma autocorrelação entre as perturbações;

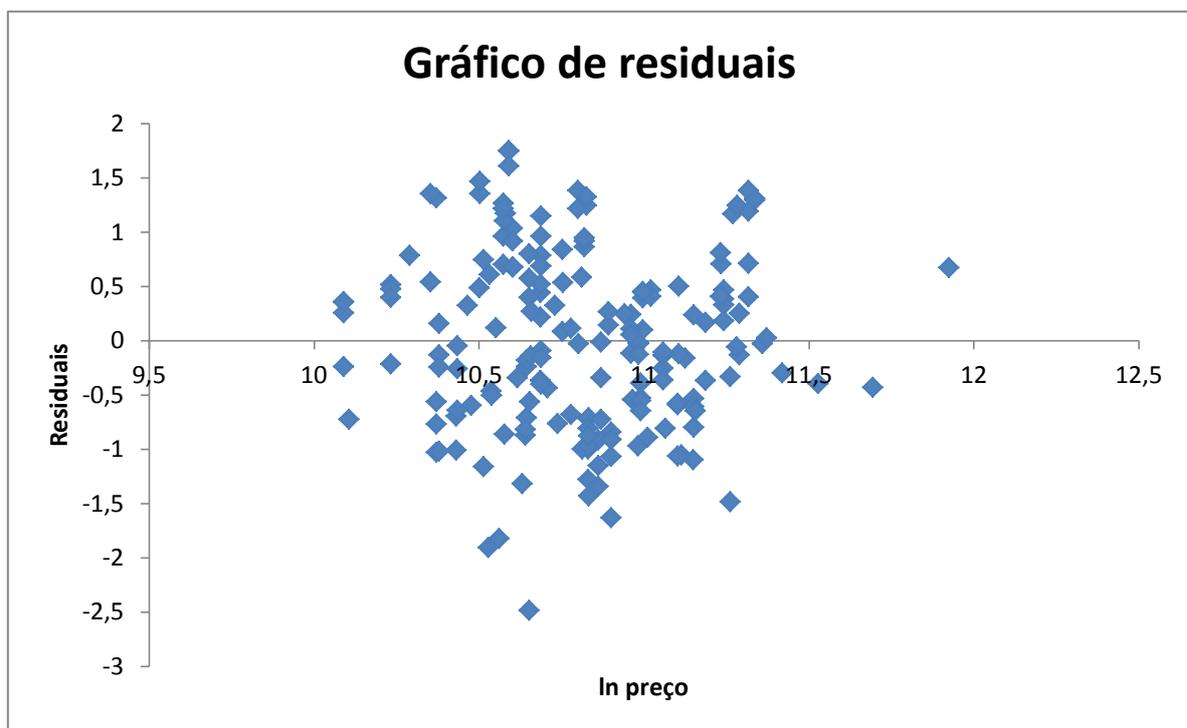
---

<sup>76</sup> Seleção própria de hipóteses mais relevantes com base em Gujarati (2000), que não hierarquiza as hipóteses em função de relevância. Algumas das hipóteses levantadas por Gujarati (2000) e não detalhadas aqui são, por exemplo, a Hipótese 1 (“O modelo de regressão é linear nos parâmetros”) e a Hipótese 10 (“Não existe multicolinearidade perfeita”).

Como consequência dessas premissas e outros motivadores, assume-se que o termo de erro siga uma distribuição normal com média zero e variância constante (GUJARATI, 2000). Dessa forma, para validar uma regressão que siga o modelo clássico, é necessário avaliar se os resíduos da regressão (que correspondem a cada  $u_i$  calculado pelo modelo, equivalente à diferença entre o valor observado e o calculado pelo modelo, também referido como  $\hat{u}_i$ ) seguem uma distribuição normal com média zero.

Segundo Razali e Wah (2011), há três métodos para avaliar se uma amostra aleatória segue uma distribuição normal: métodos gráficos (por meio de histogramas e gráficos); métodos numéricos (através do cálculo de índices como curtose e assimetria); e testes formais de normalidade. Os três métodos foram empregados nesse trabalho.

Em primeiro lugar, foram plotados os resíduos da regressão em função da principal variável explicativa, o logaritmo natural do preço dos veículos. O resultado pode ser visto na Figura III-1:



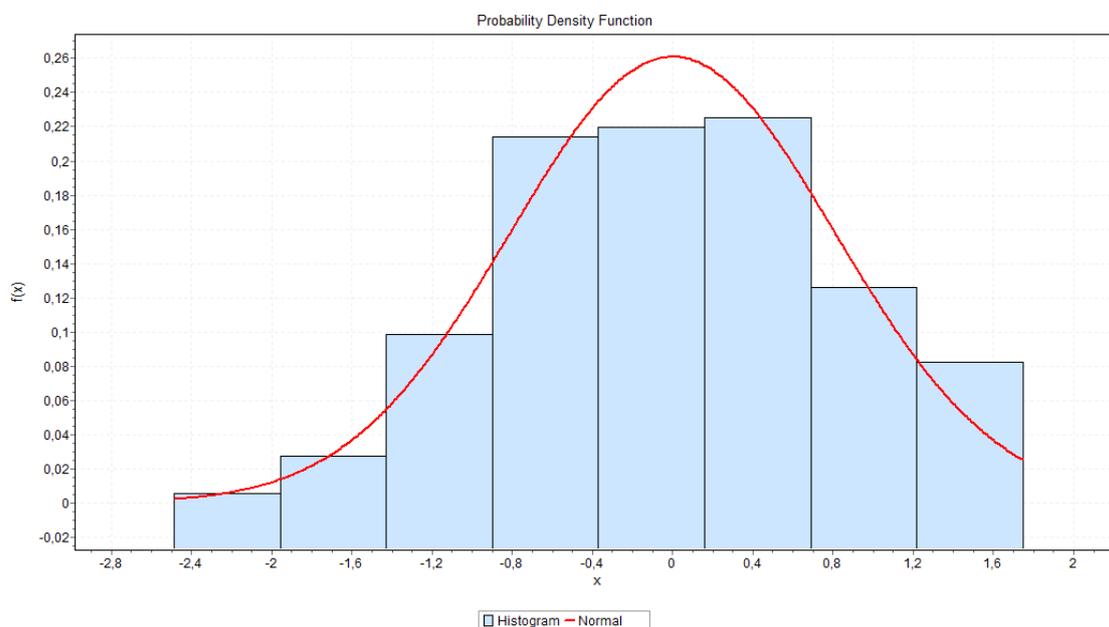
**Figura III.1: Resíduos da regressão do cálculo da elasticidade-preço**

Fonte: Elaboração própria.

Visualmente, os resíduos aparentam seguir uma tendência aleatória, o que fortalece a hipótese de que se trata de uma perturbação estocástica, já que não há uma tendência ou

viés visualmente identificável. Também é possível observar que os resíduos estão, no mínimo, próximos de zero e, aparentemente uniformemente distribuídos acima e abaixo do eixo da abcissa.

Ainda assim, a melhor forma de avaliar visualmente a normalidade dos resíduos é por meio de um histograma comparado à curva normal, como ilustrado na Figura III-2. Tal figura foi gerada por meio do *software* EasyFit.



**Figura III.2: Histograma dos resíduos da regressão comparados à curva normal**

Fonte: Elaboração própria.

Reforça-se assim a tese de que, ao menos visualmente, os resíduos aparentam seguir uma distribuição normal com média zero.

Em seguida, foi realizado o cálculo dos índices, a começar pela soma e média dos resíduos da regressão, os quais foram muito próximos de zero:  $6,2 \cdot 10^{-14}$  (soma) e  $3,4 \cdot 10^{-16}$  (média). O desvio-padrão calculado foi de 0,81 e a assimetria e a curtose foram respectivamente -0,07 e 2,63 (os valores esperados para uma curva normal seriam de 0 e 3).

Embora existam diversos testes de normalidade, Gujarati (2000) levanta dois: (1) o teste de ajuste por qui-quadrado e (2) o teste de Jarque-Bera. Ambos utilizam os resíduos calculados  $\hat{u}_i$  e a distribuição de probabilidade qui-quadrado. No caso do teste qui-

quadrado, foi utilizado o *software* EasyFit; o teste de Jarque-Bera foi realizado no Excel. Razali e Wah (2011) citam outros quatro testes de normalidade e afirmam que os mais utilizados atualmente são o de Kolmogorov-Smirnov e o de Anderson-Darling. Esses testes foram realizados, mais uma vez, com o auxílio do *software* EasyFit.

Os quatro testes citados (qui-quadrado, Jarque-Bera, Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling) testam a hipótese de normalidade e a rejeitam caso os resíduos não sigam uma distribuição normal no nível de significância adotado e a aceitam caso não haja evidência suficiente para rejeitá-la. À exceção do teste de Jarque-Bera, não serão detalhados o embasamento teórico ou os cálculos envolvidos nos demais testes de normalidade, pois estes foram realizados pelo *software* EasyFit. Os resultados dos testes de normalidade qui-quadrado, Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling extraídos do EasyFit estão dispostos na Figura III-3 e todos permitem a aceitação da hipótese de normalidade dos resíduos da regressão:

Normal [#27]					
Kolmogorov-Smirnov					
Sample Size	182				
Statistic	0,0456				
P-Value	0,82668				
Rank	11				
$\alpha$	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	0,07954	0,09065	0,10066	0,11252	0,12075
Reject?	No	No	No	No	No
Anderson-Darling					
Sample Size	182				
Statistic	0,46189				
Rank	10				
$\alpha$	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	1,3749	1,9286	2,5018	3,2892	3,9074
Reject?	No	No	No	No	No
Chi-Squared					
Deg. of freedom	7				
Statistic	7,6075				
P-Value	0,36848				
Rank	14				
$\alpha$	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
Critical Value	9,8032	12,017	14,067	16,622	18,475
Reject?	No	No	No	No	No

**Figura III.3: Resultado dos testes de normalidade qui-quadrado, Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling extraídos do *software* EasyFit**

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, o teste de normalidade de Jarque-Bera baseia-se na assimetria e curtose dos resíduos da regressão e utiliza a seguinte estatística (GUJARATI, 2000):

**Equação III-3: Cálculo da estatística Jarque-Bera**

$$JB = n \left[ \frac{A^2}{6} + \frac{(C - 3)}{24} \right]$$

Em que  $A$  representa a assimetria dos dados;  $C$  sua curtose e  $n$  o número de observações. No caso, conforme já mencionado, houve 182 observações, a assimetria foi de -0,07 e a curtose de 2,63. De acordo com esse teste, em grandes amostras, a

estatística *JB* segue a distribuição qui-quadrado com 2 graus de liberdade. Se o valor *p* da estatística qui-quadrado for suficientemente baixo, é possível rejeitar a hipótese de que os resíduos seguem a distribuição normal; se o valor *p* for razoavelmente alto, não é possível rejeitar a normalidade (GUJARATI, 2000). O valor da estatística *JB* calculada para os resíduos da regressão foi de 1,20, o que implica em um valor *p* de 0,547. Não há um limiar bem definido do que seria um valor razoavelmente alto, mas Gujarati (2000) cita em um exemplo, o valor de 0,678, como “bastante considerável”. Dada a proximidade ao valor *p* encontrado, não é possível rejeitar a hipótese de normalidade dos dados pelo teste de Jarque-Bera e deve-se aceitá-la.

Assim, infere-se que os resíduos da regressão utilizada no cálculo da elasticidade-preço da demanda seguem a distribuição normal e, portanto, a regressão é adequada a seu objetivo.

## Anexo IV – Dados de preço e demanda utilizados no cálculo da elasticidade-preço da demanda

**Tabela IV.3: Dados de preço e demanda utilizados no cálculo da elasticidade-preço da demanda**

Ano	Modelo	Q (Vendas)	Preço médio	ln Q (ln Vendas)	ln Preço	Dummy
2010	207	63.341	R\$ 49.624	11,06	10,81	0
2010	AGILE	67.732	R\$ 43.790	11,12	10,69	0
2010	AZERA	7.269	R\$ 101.515	8,89	11,53	0
2010	C3	39.936	R\$ 61.131	10,60	11,02	0
2010	C4	25.500	R\$ 69.618	10,15	11,15	0
2010	CELTA	155.180	R\$ 27.812	11,95	10,23	0
2010	CITY	35.130	R\$ 57.550	10,47	10,96	0
2010	CIVIC	31.229	R\$ 82.183	10,35	11,32	0
2010	CLIO	30.094	R\$ 24.120	10,31	10,09	1
2010	COROLLA	55.024	R\$ 83.843	10,92	11,34	0
2010	CORSA	34.042	R\$ 31.939	10,44	10,37	0
2010	CORSA SEDAN	141.443	R\$ 40.204	11,86	10,60	0
2010	DOBLO	5.971	R\$ 54.225	8,69	10,90	0
2010	FIESTA	95.504	R\$ 43.837	11,47	10,69	0
2010	FIESTA SEDAN	39.609	R\$ 43.840	10,59	10,69	0
2010	FIT	40.954	R\$ 59.688	10,62	11,00	0
2010	FOCUS	25.371	R\$ 76.318	10,14	11,24	0
2010	FOCUS SEDAN	6.765	R\$ 69.504	8,82	11,15	0
2010	FUSION	10.918	R\$ 151.031	9,30	11,93	0
2010	GOL	293.783	R\$ 39.768	12,59	10,59	0
2010	GOLF	17.746	R\$ 59.341	9,78	10,99	0
2010	I30	35.930	R\$ 66.549	10,49	11,11	0
2010	IDEA	25.830	R\$ 58.950	10,16	10,98	0
2010	KA	84.883	R\$ 32.163	11,35	10,38	0
2010	LINEA	12.082	R\$ 66.361	9,40	11,10	0
2010	LIVINA	12.641	R\$ 50.540	9,44	10,83	0
2010	LOGAN	36.726	R\$ 41.942	10,51	10,64	0
2010	PALIO	137.518	R\$ 39.130	11,83	10,57	0
2010	PALIO WEEKEND	31.743	R\$ 52.606	10,37	10,87	0
2010	PARATI	3.849	R\$ 42.266	8,26	10,65	0
2010	PICANTO	8.667	R\$ 38.617	9,07	10,56	0
2010	POLO	13.003	R\$ 49.686	9,47	10,81	0
2010	POLO SEDAN	16.782	R\$ 50.647	9,73	10,83	0
2010	PRISMA	63.092	R\$ 34.000	11,05	10,43	0
2010	PUNTO	35.737	R\$ 53.797	10,48	10,89	0
2010	SANDERO	68.832	R\$ 42.295	11,14	10,65	0
2010	SIENA	120.518	R\$ 50.295	11,70	10,83	0

Ano	Modelo	Q (Vendas)	Preço médio	In Q (In Vendas)	In Preço	Dummy
2010	SOUL	7.490	R\$ 67.074	8,92	11,11	0
2010	SPACE FOX	18.223	R\$ 63.505	9,81	11,06	0
2010	SYMBOL	8.397	R\$ 37.390	9,04	10,53	0
2010	UNO	229.323	R\$ 36.421	12,34	10,50	0
2010	VOYAGE	82.708	R\$ 50.035	11,32	10,82	0
2010	FOX	143.782	R\$ 49.046	11,88	10,80	0
2011	207	55.914	R\$ 45.750	10,93	10,73	0
2011	AGILE	73.255	R\$ 43.790	11,20	10,69	0
2011	BRAVO	11.827	R\$ 69.613	9,38	11,15	0
2011	C3	37.573	R\$ 61.131	10,53	11,02	0
2011	C4	11.016	R\$ 69.618	9,31	11,15	0
2011	CELTA	149.044	R\$ 27.812	11,91	10,23	0
2011	CITY	24.637	R\$ 57.550	10,11	10,96	0
2011	CIVIC	22.962	R\$ 82.183	10,04	11,32	0
2011	CLIO	27.057	R\$ 24.120	10,21	10,09	1
2011	COROLLA	53.147	R\$ 78.469	10,88	11,27	0
2011	CORSA	41.954	R\$ 31.939	10,64	10,37	0
2011	CORSA SEDAN	125.777	R\$ 40.204	11,74	10,60	0
2011	DOBLO	13.179	R\$ 54.225	9,49	10,90	0
2011	FIESTA	86.204	R\$ 43.837	11,36	10,69	0
2011	FIESTA SEDAN	35.016	R\$ 37.682	10,46	10,54	0
2011	FIT	28.761	R\$ 59.688	10,27	11,00	0
2011	FLUENCE	10.386	R\$ 63.889	9,25	11,06	0
2011	FOCUS	27.611	R\$ 76.318	10,23	11,24	0
2011	FOX	121.588	R\$ 49.046	11,71	10,80	0
2011	GOL	293.454	R\$ 39.768	12,59	10,59	0
2011	GOLF	15.515	R\$ 59.341	9,65	10,99	0
2011	I30	35.717	R\$ 75.650	10,48	11,23	0
2011	IDEA	26.053	R\$ 58.950	10,17	10,98	0
2011	J3	12.805	R\$ 41.429	9,46	10,63	0
2011	JETTA	14.085	R\$ 79.974	9,55	11,29	0
2011	KA	63.764	R\$ 32.163	11,06	10,38	0
2011	LINEA	12.258	R\$ 66.361	9,41	11,10	0
2011	LIVINA	16.684	R\$ 50.540	9,72	10,83	0
2011	LOGAN	39.086	R\$ 41.942	10,57	10,64	0
2011	NEW FIESTA	13.074	R\$ 52.132	9,48	10,86	0
2011	PALIO	105.794	R\$ 39.130	11,57	10,57	0
2011	PALIO WEEKEND	22.853	R\$ 52.606	10,04	10,87	0
2011	POLO SEDAN	12.939	R\$ 50.647	9,47	10,83	0
2011	PRISMA	51.063	R\$ 34.000	10,84	10,43	0
2011	PUNTO	36.547	R\$ 56.433	10,51	10,94	0
2011	QQ	9.923	R\$ 24.484	9,20	10,11	1
2011	SANDERO	81.780	R\$ 42.295	11,31	10,65	0
2011	SENTRA	10.489	R\$ 69.990	9,26	11,16	0

Ano	Modelo	Q (Vendas)	Preço médio	In Q (In Vendas)	In Preço	Dummy
2011	SIENA	90.167	R\$ 46.771	11,41	10,75	0
2011	SOUL	17.926	R\$ 67.885	9,79	11,13	0
2011	SPACE FOX	20.502	R\$ 63.505	9,93	11,06	0
2011	TIIDA	10.103	R\$ 58.823	9,22	10,98	0
2011	UNO	273.537	R\$ 31.930	12,52	10,37	0
2011	VOYAGE	87.210	R\$ 50.035	11,38	10,82	0
2012	207	39.670	R\$ 42.490	10,59	10,66	0
2012	308	12.027	R\$ 77.790	9,39	11,26	0
2012	500	15.922	R\$ 57.900	9,68	10,97	0
2012	AGILE	54.045	R\$ 43.790	10,90	10,69	0
2012	BRAVO	10.438	R\$ 60.600	9,25	11,01	0
2012	C3	34.923	R\$ 49.118	10,46	10,80	0
2012	CELTA	137.617	R\$ 27.812	11,83	10,23	0
2012	CITY	30.908	R\$ 57.550	10,34	10,96	0
2012	CIVIC	50.490	R\$ 82.183	10,83	11,32	0
2012	CLIO	16.544	R\$ 24.120	9,71	10,09	1
2012	COBALT	66.654	R\$ 46.840	11,11	10,75	0
2012	COROLLA	56.365	R\$ 79.500	10,94	11,28	0
2012	CORSA	26.246	R\$ 31.939	10,18	10,37	0
2012	CORSA SEDAN	98.551	R\$ 40.204	11,50	10,60	0
2012	CRUZE HB	13.184	R\$ 72.150	9,49	11,19	0
2012	CRUZE SEDAN	39.530	R\$ 75.544	10,58	11,23	0
2012	DOBLO	12.278	R\$ 54.225	9,42	10,90	0
2012	FIESTA	113.546	R\$ 43.837	11,64	10,69	0
2012	FIESTA SEDAN	37.209	R\$ 43.840	10,52	10,69	0
2012	FIT	38.623	R\$ 59.688	10,56	11,00	0
2012	FLUENCE	15.336	R\$ 79.370	9,64	11,28	0
2012	FOCUS	24.023	R\$ 76.318	10,09	11,24	0
2012	FOX	167.685	R\$ 39.345	12,03	10,58	0
2012	GOL	293.293	R\$ 31.365	12,59	10,35	0
2012	GOLF	15.110	R\$ 59.341	9,62	10,99	0
2012	HB20	22.053	R\$ 39.273	10,00	10,58	0
2012	I30	19.262	R\$ 66.549	9,87	11,11	0
2012	IDEA	26.243	R\$ 42.370	10,18	10,65	0
2012	JETTA	20.637	R\$ 79.974	9,93	11,29	0
2012	KA	56.932	R\$ 32.163	10,95	10,38	0
2012	LIVINA	15.278	R\$ 50.540	9,63	10,83	0
2012	LOGAN	33.910	R\$ 35.480	10,43	10,48	0
2012	MARCH	33.149	R\$ 33.910	10,41	10,43	0
2012	NEW FIESTA	10.304	R\$ 52.132	9,24	10,86	0
2012	ONIX	18.149	R\$ 36.853	9,81	10,51	0
2012	PALIO	186.384	R\$ 39.130	12,14	10,57	0
2012	PALIO WEEKEND	18.629	R\$ 46.080	9,83	10,74	0
2012	POLO SEDAN	14.240	R\$ 50.647	9,56	10,83	0

Ano	Modelo	Q (Vendas)	Preço médio	In Q (In Vendas)	In Preço	Dummy
2012	PRISMA	34.932	R\$ 34.000	10,46	10,43	0
2012	PUNTO	42.362	R\$ 46.805	10,65	10,75	0
2012	SANDERO	98.442	R\$ 40.310	11,50	10,60	0
2012	SIENA	103.547	R\$ 37.498	11,55	10,53	0
2012	SPACE FOX	21.134	R\$ 63.505	9,96	11,06	0
2012	SPIN	18.930	R\$ 48.000	9,85	10,78	0
2012	UNO	255.838	R\$ 36.421	12,45	10,50	0
2012	VERSA	19.670	R\$ 41.791	9,89	10,64	0
2012	VOYAGE	96.394	R\$ 36.342	11,48	10,50	0
2013	207	10.385	R\$ 77.790	9,25	11,26	0
2013	308	10.931	R\$ 119.900	9,30	11,69	0
2013	AGILE	30.120	R\$ 43.790	10,31	10,69	0
2013	BRAVO	9.060	R\$ 69.613	9,11	11,15	0
2013	C3	33.669	R\$ 37.758	10,42	10,54	0
2013	CELTA	74.647	R\$ 27.812	11,22	10,23	0
2013	CITY	29.243	R\$ 57.550	10,28	10,96	0
2013	CIVIC	60.970	R\$ 82.183	11,02	11,32	0
2013	CLASSIC	86.936	R\$ 35.058	11,37	10,46	0
2013	CLIO	29.911	R\$ 24.120	10,31	10,09	1
2013	COBALT	59.685	R\$ 42.579	11,00	10,66	0
2013	COROLLA	54.103	R\$ 83.843	10,90	11,34	0
2013	CRUZE HB	22.464	R\$ 72.150	10,02	11,19	0
2013	CRUZE SEDAN	26.525	R\$ 75.544	10,19	11,23	0
2013	DOBLO	10.512	R\$ 54.225	9,26	10,90	0
2013	ETIOS	34.801	R\$ 40.790	10,46	10,62	0
2013	ETIOS SEDAN	27.236	R\$ 44.690	10,21	10,71	0
2013	FIESTA	136.712	R\$ 43.837	11,83	10,69	0
2013	FIESTA SEDAN	29.048	R\$ 43.840	10,28	10,69	0
2013	FIT	40.637	R\$ 59.688	10,61	11,00	0
2013	FLUENCE	13.878	R\$ 85.712	9,54	11,36	0
2013	FOCUS	20.825	R\$ 76.318	9,94	11,24	0
2013	FOX	129.927	R\$ 31.347	11,77	10,35	0
2013	FUSION	9.562	R\$ 91.106	9,17	11,42	0
2013	GOL	255.057	R\$ 39.768	12,45	10,59	0
2013	GOLF	13.785	R\$ 59.341	9,53	10,99	0
2013	HB20	157.702	R\$ 39.273	11,97	10,58	0
2013	IDEA	23.451	R\$ 58.950	10,06	10,98	0
2013	JETTA	14.350	R\$ 86.807	9,57	11,37	0
2013	KA	26.252	R\$ 32.163	10,18	10,38	0
2013	LINEA	7.531	R\$ 66.361	8,93	11,10	0
2013	LIVINA	9.542	R\$ 50.540	9,16	10,83	0
2013	LOGAN	23.036	R\$ 41.942	10,04	10,64	0
2013	MARCH	24.255	R\$ 33.910	10,10	10,43	0
2013	NEW FIESTA	8.498	R\$ 52.132	9,05	10,86	0

Ano	Modelo	Q (Vendas)	Preço médio	ln Q (ln Vendas)	ln Preço	Dummy
2013	ONIX	122.333	R\$ 36.853	11,71	10,51	0
2013	PALIO	177.014	R\$ 39.130	12,08	10,57	0
2013	PALIO WEEKEND	15.554	R\$ 52.606	9,65	10,87	0
2013	POLO SEDAN	8.187	R\$ 50.647	9,01	10,83	0
2013	PRISMA	61.301	R\$ 38.231	11,02	10,55	0
2013	PUNTO	40.407	R\$ 53.797	10,61	10,89	0
2013	SANDERO	102.514	R\$ 42.295	11,54	10,65	0
2013	SIENA	129.825	R\$ 50.295	11,77	10,83	0
2013	SPACE FOX	16.324	R\$ 63.505	9,70	11,06	0
2013	SPIN	41.983	R\$ 48.000	10,65	10,78	0
2013	UNO	184.362	R\$ 29.459	12,12	10,29	0
2013	VERSA	20.730	R\$ 41.791	9,94	10,64	0
2013	VOYAGE	89.759	R\$ 50.035	11,40	10,82	0

Fonte: Elaboração própria. Dados de eficiência e preço obtidos em Carros na Web (2015) e vendas obtidos em FENABRAVE (2015).

## Anexo V – Dados utilizados no cálculo da eficiência benchmark em 2013 para o cenário de *feebate*

**Tabela V.4: Dados utilizados no cálculo da eficiência benchmark em 2013 para o cenário de *feebate***

Modelo	Média de eficiência estrada e cidade a gasolina (L/100km)	Vendas sem taxa	Preço médio	Valor da taxa	Preço pós-taxa	Δ% preço com taxa	Δ% vendas com taxa	Vendas pós-taxa	Total de taxa (com alteração de vendas)
207	10,0	10.385	R\$ 77.790	R\$ 2.322	R\$ 80.112	3,0%	-5,0%	9.871	R\$ 22.917.079
308	10,3	10.931	R\$ 119.900	R\$ 2.777	R\$ 122.677	2,3%	-3,8%	10.511	R\$ 29.189.242
Agile	9,0	30.120	R\$ 43.790	R\$ 811	R\$ 44.601	1,9%	-3,1%	29.194	R\$ 23.678.360
Bravo	10,3	9.060	R\$ 69.613	R\$ 2.788	R\$ 72.401	4,0%	-6,6%	8.458	R\$ 23.583.814
C3	7,6	33.669	R\$ 37.758	-R\$ 1.524	R\$ 36.235	-4,0%	6,7%	35.924	-R\$ 54.743.639
Celta	8,6	74.647	R\$ 27.812	R\$ 76	R\$ 27.888	0,3%	-0,5%	74.309	R\$ 5.646.624
City	8,0	29.243	R\$ 57.550	-R\$ 833	R\$ 56.717	-1,4%	2,4%	29.945	-R\$ 24.945.110
Civic	8,4	60.970	R\$ 82.183	-R\$ 155	R\$ 82.028	-0,2%	0,3%	61.161	-R\$ 9.468.700
Classic	8,6	86.936	R\$ 35.058	R\$ 166	R\$ 35.224	0,5%	-0,8%	86.253	R\$ 14.324.387
Clio	7,3	29.911	R\$ 24.120	-R\$ 1.957	R\$ 22.163	-8,1%	13,5%	33.937	-R\$ 66.402.727
Cobalt	9,1	59.685	R\$ 42.579	R\$ 924	R\$ 43.503	2,2%	-3,6%	57.535	R\$ 53.184.480
Corolla	9,7	54.103	R\$ 83.843	R\$ 1.937	R\$ 85.780	2,3%	-3,8%	52.029	R\$ 100.761.370
CruzeHB	10,0	22.464	R\$ 72.150	R\$ 2.390	R\$ 74.540	3,3%	-5,5%	21.229	R\$ 50.747.070
CruzeSedan	9,7	26.525	R\$ 75.544	R\$ 1.924	R\$ 77.468	2,5%	-4,2%	25.404	R\$ 48.873.690
Doblo	10,8	10.512	R\$ 54.225	R\$ 3.615	R\$ 57.840	6,7%	-11,1%	9.349	R\$ 33.793.615
Etios	7,8	34.801	R\$ 40.790	-R\$ 1.166	R\$ 39.624	-2,9%	4,7%	36.451	-R\$ 42.489.791
EtiosSedan	7,8	27.236	R\$ 44.690	-R\$ 1.222	R\$ 43.468	-2,7%	4,5%	28.472	-R\$ 34.801.820
Fiesta	8,1	136.712	R\$ 43.837	-R\$ 761	R\$ 43.076	-1,7%	2,9%	140.652	-R\$ 107.092.146

Modelo	Média de eficiência estrada e cidade a gasolina (L/100km)	Vendas sem taxa	Preço médio	Valor da taxa	Preço pós-taxa	Δ% preço com taxa	Δ% vendas com taxa	Vendas pós-taxa	Total de taxa (com alteração de vendas)
FiestaSedan	9,2	29.048	R\$ 43.840	R\$ 1.005	R\$ 44.845	2,3%	-3,8%	27.943	R\$ 28.094.660
Fit	8,5	40.637	R\$ 59.688	-R\$ 66	R\$ 59.622	-0,1%	0,2%	40.711	-R\$ 2.677.157
Fluence	9,6	13.878	R\$ 85.712	R\$ 1.732	R\$ 87.444	2,0%	-3,4%	13.413	R\$ 23.232.984
Focus	9,7	20.825	R\$ 76.318	R\$ 1.853	R\$ 78.171	2,4%	-4,0%	19.986	R\$ 37.028.000
Fox	8,1	129.927	R\$ 31.347	-R\$ 770	R\$ 30.577	-2,5%	4,1%	135.224	-R\$ 104.145.943
Fusion	10,5	9.562	R\$ 91.106	R\$ 3.138	R\$ 94.244	3,4%	-5,7%	9.016	R\$ 28.290.425
Gol	8,3	255.057	R\$ 39.768	-R\$ 416	R\$ 39.352	-1,0%	1,7%	259.485	-R\$ 107.979.058
Golf	9,6	13.785	R\$ 59.341	R\$ 1.702	R\$ 61.043	2,9%	-4,8%	13.129	R\$ 22.349.623
HB20	8,4	157.702	R\$ 39.273	-R\$ 264	R\$ 39.009	-0,7%	1,1%	159.458	-R\$ 42.030.616
Idea	10,5	23.451	R\$ 58.950	R\$ 3.223	R\$ 62.173	5,5%	-9,1%	21.324	R\$ 68.722.103
Jetta	9,7	14.350	R\$ 86.807	R\$ 1.830	R\$ 88.637	2,1%	-3,5%	13.848	R\$ 25.341.172
Ka	8,4	26.252	R\$ 32.163	-R\$ 256	R\$ 31.907	-0,8%	1,3%	26.599	-R\$ 6.809.475
Linea	9,3	7.531	R\$ 66.361	R\$ 1.296	R\$ 67.657	2,0%	-3,2%	7.287	R\$ 9.445.994
Livina	9,5	9.542	R\$ 50.540	R\$ 1.489	R\$ 52.029	2,9%	-4,9%	9.075	R\$ 13.516.732
Logan	10,0	23.036	R\$ 41.942	R\$ 2.350	R\$ 44.292	5,6%	-9,3%	20.894	R\$ 49.100.926
March	7,6	24.255	R\$ 33.910	-R\$ 1.463	R\$ 32.447	-4,3%	7,2%	25.991	-R\$ 38.021.100
NewFiesta	7,7	8.498	R\$ 52.132	-R\$ 1.406	R\$ 50.726	-2,7%	4,5%	8.878	-R\$ 12.482.506
Onix	8,4	122.333	R\$ 36.853	-R\$ 219	R\$ 36.634	-0,6%	1,0%	123.539	-R\$ 27.049.089
Palio	8,5	177.014	R\$ 39.130	-R\$ 136	R\$ 38.993	-0,3%	0,6%	178.037	-R\$ 24.262.566
PalioWeekend	9,1	15.554	R\$ 52.606	R\$ 951	R\$ 53.557	1,8%	-3,0%	15.087	R\$ 14.352.625
PoloSedan	9,4	8.187	R\$ 50.647	R\$ 1.424	R\$ 52.071	2,8%	-4,7%	7.805	R\$ 11.117.907
Prisma	8,4	61.301	R\$ 38.231	-R\$ 219	R\$ 38.012	-0,6%	1,0%	61.884	-R\$ 13.549.514

Modelo	Média de eficiência estrada e cidade a gasolina (L/100km)	Vendas sem taxa	Preço médio	Valor da taxa	Preço pós-taxa	Δ% preço com taxa	Δ% vendas com taxa	Vendas pós-taxa	Total de taxa (com alteração de vendas)
Punto	9,4	40.407	R\$ 53.797	R\$ 1.374	R\$ 55.172	2,6%	-4,2%	38.694	R\$ 53.180.053
Sanderó	9,5	102.514	R\$ 42.295	R\$ 1.542	R\$ 43.837	3,6%	-6,0%	96.314	R\$ 148.487.021
Siena	9,6	129.825	R\$ 50.295	R\$ 1.673	R\$ 51.968	3,3%	-5,5%	122.661	R\$ 205.163.926
SpaceFox	9,1	16.324	R\$ 63.505	R\$ 864	R\$ 64.370	1,4%	-2,3%	15.955	R\$ 13.788.225
Spin	9,9	41.983	R\$ 48.000	R\$ 2.222	R\$ 50.222	4,6%	-7,7%	38.759	R\$ 86.110.423
Uno	7,1	184.362	R\$ 29.459	-R\$ 2.266	R\$ 27.193	-7,7%	12,8%	207.892	-R\$ 471.052.038
Versa	7,9	20.730	R\$ 41.791	-R\$ 1.068	R\$ 40.722	-2,6%	4,2%	21.609	-R\$ 23.088.068
Voyage	8,3	89.759	R\$ 50.035	-R\$ 341	R\$ 49.695	-0,7%	1,1%	90.773	-R\$ 30.931.467

**Total 2.565.539**

**2.581.954 R\$ -**

Fonte: Elaboração própria. Dados de eficiência e preço obtidos em Carros na Web (2015) e vendas obtidos em FENABRAVE (2015).