

Universidade de São Paulo  
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de  
Ribeirão Preto  
Departamento de Economia  
Programa de Pós-graduação em Economia - Área: Economia  
Aplicada

Arthur de Souza Godeli

Orientador: Cláudio Ribeiro de Lucinda

Ribeirão Preto - SP

27 de abril de 2017

Prof. Dr. Marco Antonio Zago  
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Dante Pinheiro Martinelli  
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão  
Preto

Prof. Dr. Renato Leite Marcondes  
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Sérgio Naruhiko Sakurai  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia - Área: Economia  
Aplicada

ARTHUR DE SOUZA GODELI

Estimativa da disposição a pagar por eficiência energética no mercado de carros novos no Brasil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia - Área: Economia Aplicada da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Cláudio Ribeiro de Lucinda

Ribeirão Preto - SP

27 de abril de 2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

---

Godeli, Arthur de Souza

Estimativa da disposição a pagar por eficiência energética no mercado de carros novos no Brasil./ USP - Universidade de São Paulo

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto - FEA RP; Orientador: Cláudio Ribeiro de Lucinda

Ribeirão Preto - SP, 27 de abril de 2017- 45 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 27 de abril de 2017.

1. Eficiência Energética - Carros. 2. Preços Hedônicos. 3. Demanda. I. Orientador: Prof. Dr. Cláudio Ribeiro de Lucinda. II. Universidade De São Paulo - Campus Ribeirão Preto. III. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade.

---

Nome: Arthur de Souza Godeli

Título: Estimativa da disposição a pagar por eficiência energética no mercado de carros novos no Brasil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia - Área: Economia Aplicada da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovada em:

Banca Examinadora

---

**Prof. Dr. Cláudio Ribeiro de  
Lucinda (Orientador)**  
FEA-RP/USP

---

**Prof. Sérgio Sakurai**  
FEA-RP/USP

---

**Prof. Cristian Huse**  
Stockholm School of Economics

---

**Prof. André Garcia de Oliveira  
Trindade**  
FGV/EPGE - Escola Brasileira de Economia  
e Finanças



# Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais por todo o apoio e compreensão ao longo do período de mestrado. Agradeço também aos amigos que fiz nesse período, que ajudaram a superar as muitas horas de estudo que foram necessárias.

Ao professor Cláudio Lucinda, pela excelente orientação, ajuda e paciência. Sua ajuda foi essencial para que eu pudesse crescer e começar a desenvolver paixão pela pesquisa.

A todos os professores pelas aulas que tive ao longo do mestrado e que são os responsáveis pelo grande quantidade de conhecimento que obtive ao longo desses dois anos de mestrado.

Ao CNPQ, pelo apoio financeiro durante o mestrado.





# Resumo

GODELI, A. S. **Estimativa da disposição a pagar por eficiência energética no mercado de carros novos no Brasil.** 2017. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

É esperado que o consumidor, no momento de decidir qual carro ele irá adquirir, leve em conta, entre diversos outros fatores, a eficiência energética do modelo. Contudo, diversos trabalhos apontam que o consumidor subvaloriza o gasto total que terá com combustível no momento que decide qual modelo de carro irá comprar. Como carros são grandes produtores de externalidades, e por isso, frequentemente são objetos de política pública, é necessário entender esse comportamento do consumidor para que os formuladores o possam levar em conta no momento de fazer as políticas públicas.

O objetivo principal desse trabalho é estimar o peso relativo que o consumidor brasileiro dá à economia de combustível no momento da escolha da compra do carro, e verificar se, de fato, há uma subvalorização da importância do gasto com combustível no mercado de carros novos no Brasil. Para tentar responder a pergunta proposta serão utilizados duas metodologias distintas. A primeira será uma regressão de preços hedônicos, e a segunda um modelo de demanda aninhado.

**Palavras-chaves:** eficiência energética, economia de combustível, mercado de carros no Brasil.



# Abstract

GODELI, A. S. **Estimation of the willingness to pay for energy efficiency in the new car market in Brazil.** 2017. Dissertation (Master Degree) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

It is expected that the consumer, in the moment when deciding which car he will buy, take in account the energetic efficiency of the model. However, many works show that the consumer undervalues the total spent that he will have with fuel in the moment he decides which model to buy. Cars are important externalities creators, and so, are frequently target of public policies, it is necessary to understand this behavior of the consumer in order that the policies makers can design the most useful policy.

The main objective of this work is to estimate the relative weight that the Brazilian consumer gives to the fuel economy in the moment of the car purchase choice, and verify if indeed, there is a undervaluation of the weight of the fuel spending in the Brazilian new car market. To try to answer this question will be used two different methodologies. The first one is a hedonic prices regression, and the second a nested demand model.

**Keywords:** Energy efficiency, fuel economy, car market in Brazil



# Lista de ilustrações

Figura 1 – Preço da gasolina em dólares americanos . . . . .	23
Figura 2 – Gráfico de emplacamentos mensais no Brasil . . . . .	25
Figura 3 – Gráfico mensal do consumo médio de carros emplacado . . . . .	26
Figura 4 – Gráfico da taxa de sobrevivência de veículos . . . . .	34
Figura 5 – Histograma com o gasto com combustível durante a vida útil de veículos comprados em 2012 . . . . .	34
Figura 6 – Histograma dos valores de quilômetros rodados por litro de combustível	38
Figura 7 – Histograma dos valores da potência dos motores dos carros, em CV . .	38
Figura 8 – Histograma dos valores de velocidade máxima dos carros, em km/h . .	39
Figura 9 – Histograma dos pesos dos carros, em kg . . . . .	39
Figura 10 – Histograma da disposição a pagar por economia de combustível ( $econ_i$ ) - OLS . . . . .	41
Figura 11 – Histograma com a distribuição dos valores da elasticidade dos km/l . .	43
Figura 12 – Histograma da disposição a pagar por economia de combustível ( $econ_i$ ) - Semi par. . . . .	44
Figura 13 – Gráfico de emplacamentos no Distrito Federal e no Rio Grande do Sul	61
Figura 14 – Gráfico de emplacamentos no Distrito Federal e no Mato Grosso . . . .	61
Figura 15 – Gráfico de emplacamentos no Distrito Federal e no Maranhão . . . . .	61
Figura 16 – Gráfico de emplacamentos no Distrito Federal e no Amazonas . . . . .	62
Figura 17 – Tabela com o resultado da regressão para os diferentes grupos de controle	62
Figura 18 – Gráfico de emplacamentos no Distrito Federal e para o Controle Sintético com 4 estados . . . . .	63
Figura 19 – Gráfico da diferença percentual entre o tratamento e o Controle Sintético com 4 estados . . . . .	64
Figura 20 – Gráfico de emplacamentos no Distrito Federal e para o Controle Sintético com 26 estados . . . . .	64
Figura 21 – Gráfico da diferença percentual entre o tratamento e o Controle Sintético com 26 estados . . . . .	65



# Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela com emplacements anuais . . . . .	25
Tabela 2 – Tabela com market share anual por potência de motor . . . . .	26
Tabela 3 – Tabela com a média dos valores para o gasto total com combustível . . . . .	35
Tabela 4 – Tabela com as estatísticas descritivas da variáveis usadas . . . . .	37
Tabela 5 – Tabela com os coeficientes encontrados na regressão por OLS . . . . .	40
Tabela 6 – Tabela com a média dos valores para $econ_i$ - OLS . . . . .	41
Tabela 7 – Tabela com os coeficientes encontrados na regressão semi paramétrica . . . . .	42
Tabela 8 – Tabela com a média dos valores para a elasticidade dos km/l . . . . .	42
Tabela 9 – Tabela com a média dos valores para $econ_i$ - Semi par. . . . .	43
Tabela 10 – Tabela com a frequência de cada uma das carrocerias . . . . .	44
Tabela 11 – Tabela com as estatísticas descritivas das variáveis usadas no modelo . . . . .	45
Tabela 12 – Tabela com os valores dos principais coeficientes estimados . . . . .	47
Tabela 13 – Tabela com algumas das elasticidades pre preço próprias encontradas . . . . .	47
Tabela 14 – Tabela com o resultado das simulações para diferentes taxas de desconto . . . . .	48
Tabela 15 – Tabela com valores das taxas de juros no Brasil . . . . .	49
Tabela 16 – Tabela com os valores dos principais estimados na regressão de demanda . . . . .	56





# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
1.1	Políticas Públicas	20
1.2	Taxação de gasolina	22
<b>2</b>	<b>BASE DE DADOS</b>	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>29</b>
3.1	Modelo de demanda	29
3.2	Preços Hedônicos	31
3.3	Cálculo do Gasto com Combustível	32
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>37</b>
4.1	Preços Hedônicos	37
4.1.1	Mínimos Quadrados	40
4.1.2	Regressão semi paramétrica	41
4.2	Modelo de demanda	44
4.2.1	Simulação para diferentes taxas de juros	48
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>51</b>
	Referências	53
	<b>APÊNDICE A – TABELA COEFICIENTES DA REGRESSÃO DE DEMANDA</b>	<b>55</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXO A – IMPACTO DA ISENÇÃO DE IPVA PARA CARROS NOVOS NO DISTRITO FEDERAL.</b>	<b>59</b>
A.1	Introdução	59
A.2	Metodologia	59
A.3	Resultados	62
A.4	Conclusão	65



# 1 Introdução

Quando um consumidor toma a decisão de comprar um veículo, deve decidir entre diversos modelos disponíveis, e certamente, leva em conta diversas características do carro para tomar sua decisão. Características como potência do motor, tamanho do carro, ar condicionado e várias outras são levadas em conta no momento da escolha. Um determinante importante no momento da decisão é o preço do carro. E da mesma forma, o gasto que o consumidor terá com combustível também deveria ter um peso importante na decisão de compra. Supõe-se que, tudo mais constante, um consumidor racional valorize um real de economia igualmente, seja ele na forma de um menor preço do automóvel ou um real a menos de valor presente líquido de economia de combustível. É exatamente essa relação que iremos tentar encontrar. A questão central desse trabalho é: "quantos reais um consumidor está disposto a pagar a mais no preço de compra de um carro para economizar um real no valor presente do gasto futuro com combustível?"

Um dos trabalhos mais antigos com esse tema, [Hausman \(1979\)](#), estudou os efeitos da eficiência energética no momento da compra de aparelhos de ar condicionado. Ele encontrou que os consumidores superestimam a taxa de desconto da energia na hora da compra, ou seja, dão um peso pequeno para os gastos futuros que terão com energia. Isso faz com que subavaliem a importância da eficiência energética no momento da compra e acabam por optar por produtos menos eficientes. Desde então, esse tema se tornou um frutífero objeto de pesquisa econômica. Existem vários trabalhos que, em geral, mostram que os consumidores não avaliam os custos posteriores corretamente.

A hipótese de que o consumidor, no momento da compra, subvaloriza os gastos que terá com gasolina, energia ou outras despesas futuras de operação é bastante discutida em [Gillingham e Palmer \(2014\)](#). Uma consequência dessa distorção é que as empresas são desestimuladas a investir em pesquisas que levem a tecnologias mais eficientes energeticamente. Como o consumidor subavalia sua economia com energia, não reconhece o valor do produto mais eficiente e, portanto, no momento da compra, opta por comprar um produto mais barato mas menos eficiente. Esse tipo de avaliação equivocada pode trazer consequências como desestimular o investimento em pesquisa de produtos com maior eficiência energética.

Nesse contexto, uma política pública que procure atenuar as externalidades produzidas por veículos deve levar em conta essa subavaliação dos consumidores na importância dos gastos com combustível. A princípio, se não houvesse problema na avaliação do consumidor, um imposto Pigouviano poderia ser uma boa primeira aposta de como atenuar o problema. Segundo [Sandmo \(2008\)](#) o imposto Pigouviano é uma taxa tem que como

objetivo corrigir externalidades negativas que certos produtos causem a sociedade. A taxa tem como objetivo corrigir um mercado ineficiente e deve ser estipulada igual ao custo social da externalidade em questão.

Porém, se estiverem presentes diferentes imperfeições, a solução não é tão clara, e somente um imposto sobre a externalidade causada pelos carros pode não ser suficiente. Nesse contexto é necessário entender o que causa essa imperfeição na avaliação do consumidor para que possa ser formulada uma política adequada.

Algumas alternativas de política são, por exemplo, campanhas informativas que utilizam rótulos e certificados em produtos mais eficientes, como ocorre no PROCONVE. Outra opção é o fornecimento de incentivos monetários, como subsídios, descontos ou facilidade de crédito para a compra de produtos mais eficientes. E, por fim, também existe a possibilidade de se estabelecer estabelecer padrões de eficiência energética, um exemplo é o Corporate Average Fuel Economy (CAFE) nos Estados Unidos, como apresentado em [Bastani, Heywood e Hope \(2012\)](#) que impõem padrões para a eficiência energética média de novos veículos produzidos no país.

Porém, ao se adotar esse tipo de política de padrão para eficiência, não há qualquer incentivo para que o consumidor ande menos quilômetros, ao contrário. Como os carros ficam mais eficientes, fica mais barato usar o carro, e isso faz com que as pessoas andem mais quilômetros. Esse tipo de política não fará com que os consumidores tenham menos carros, e fará com que os carros mais ineficientes sejam sucateados mais tarde.

Portanto, segundo [Parry, Walls e Harrington \(2007\)](#) o efeito sobre a poluição atmosférica de políticas que definem padrões mínimos de consumo de combustível é duvidoso, visto que os carros eles andam mais quilômetros em média, ainda que sejam mais eficientes, é o chamado "rebound effect". E os efeitos nas demais externalidades que os carros causam é negativo. Os autores justificam a adoção desse tipo de política por ser bem menos custosa politicamente do que um aumento no imposto da gasolina.

No Brasil existem alguns mecanismos que tentam promover a eficiência energética. [Souza et al. \(2009\)](#) cita os programas atualmente vigentes no Brasil. Em nosso país existe o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que procura promover o uso racional dos recursos energéticos. Existe, por exemplo, uma lei que destina parte da receita das operadoras de energia em projetos de eficiência, e há também a etiquetagem de produtos, feita pelo Instituto Nacional de Meteorologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que tem por objetivo informar os consumidores o sobre a a eficiência energética de diversos produtos. Além dessas medidas ainda há a "Lei de Eficiência Energética", que determina níveis máximos de consumo de energia em aparelhos fabricados ou comercializados no país, porém até o momento, apenas motores trifásicos foram regulamentados. E existe ainda o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), que é um programa do Ministério de Minas e Energia, e exercido

---

pela Petrobras. Seu principal objetivo é incentivar o uso eficiente de fontes de energia não renováveis.

Mais especificamente no setor de veículo existe o Programa de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), que surgiu em 1986 e é coordenado pelo IBAMA. O objetivo do programa é reduzir os níveis de emissão dos principais poluentes de origem veicular. O programa a princípio eliminou os modelos mais poluentes e iniciou o controle de emissões. Além disso, o programa estabelece prazos para o desenvolvimento de veículos, peças e combustíveis mais econômicos. De 1986 para cá, o PROCONVE já passou por diversas fases, sempre impondo uma redução na emissão de gases poluentes, e está atualmente em sua sexta fase. Há também uma versão do PROCONVE para veículos pesados e também uma versão para motos o PROMOT.

Portanto, o Brasil já possui algumas leis e conselhos que visam aumentar a eficiência energética, como mencionado anteriormente. E, apesar de existirem diversos trabalhos acadêmicos que apontam que há uma subvalorização da eficiência por parte do consumidor ao redor do mundo, não existem muitos que procuram essa subvalorização também nos mercados brasileiros. E esse entendimento se mostra indispensável para a melhor formulação de novas políticas ou mesmo para o ajuste das que já estão em vigor no Brasil

Alguns trabalhos procuram entender essa disposição a pagar por produtos mais eficientes especificamente, trabalhos recentes no mercado de veículos, [Adenbaum, Copeland e Stevens \(2015\)](#) estudam esse efeito no mercado norte americano de caminhões pesados, e [Sallee, West e Fan \(2015\)](#) e [Allcott e Wozny \(2009\)](#) estudam o mercado norte americano de carros usados. Em geral, essas investigações concluem que o consumidor subvaloriza o valor presente da gasolina, e por consequência, está disposto a pagar menos que um dólar por uma economia equivalente de combustível. Esse tipo de comportamento acaba por retardar a utilização de tecnologias mais energeticamente eficientes pelos consumidores, e também desestimula o investimento em novas tecnologias mais energeticamente econômicas.

Carros são grandes produtores de externalidades, produzem poluição, trânsito, barulho, e por isso, são comumente objeto de política pública do governo. Mas se, de fato, os consumidores não avaliam corretamente os gastos que terão com combustível, os formuladores de políticas devem levar isso em conta.

Nesse cenário, em que a eficiência energética é cada vez mais discutida, e se torna uma preocupação dos governos, é cada vez mais importante entender como o consumidor pondera a eficiência no momento da compra de um novo produto. Além disso, um melhor entendimento de como o consumidor se comporta perante a um produto mais eficiente é indispensável para que, tanto o governo como as empresas, continuem e ampliem os esforços e investimentos no sentido de produzir bens que poluam menos.

## 1.1 Políticas Públicas

Segundo [Anderson e Sallee \(2016\)](#) décadas de pesquisa sobre o tema mostram que um imposto sobre o preço da gasolina é a maneira mais eficiente de resolver os problemas das externalidades causadas pelo uso de carros. Mas eles usam um modelo simples para mostrar que, caso o consumidor sub avalie a economia que terá com a compra de um carro mais eficiente, uma política de padrões de eficiência energética passa a também ser necessária. Seja o bem estar avaliado em dólares dado pela seguinte expressão:

$$W(g, x, v, n) = \mu(n)\theta(x)u(v) + y - nc(x, g) - n[p + d]gv \quad (1.1)$$

Em que  $g$  é a o gasto com combustível por quilômetro médio,  $x$  é um vetor de características do veículo,  $v$  é o número médio de quilômetros percorridos por cada carro,  $n$  é o número total de carros,  $y$  representa a renda exógena do consumidor,  $p$  é o preço marginal do combustível por litro e  $d$  é custo social marginal do combustível por litro.  $\mu(n)\theta(x)u(v)$  é a utilidade gerada pelo número de carros total, seus atributos médio e sua utilização médio. Onde,  $\mu'(n), \theta'(x), u'(v) > 0$  e  $\mu''(n), \theta''(x), u''(v) < 0$ . Ou seja, cada quilômetro dirigido em um carro de alta qualidade é mais gratificante do que um quilômetro em um carro de baixa qualidade e o valor aumenta se o carro é dirigido por mais quilômetros.

A expressão  $nc(x, g)$  é o gasto total para  $n$  carros. E a expressão  $n(p + d)gv$  é o gasto total privado com gasolina ( $npgv$ ) mais o custo social do consumo de gasolina ( $ndgv$ ). Assim, as condições de primeira ordem para maximização são:

$$\frac{\partial W}{\partial g} = -nc_g(x, g) - n[p + d]v = 0 \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial W}{\partial x} = \mu(n)\theta'(x)u(v) - nc_x(x, g) = 0 \quad (1.3)$$

$$\frac{\partial W}{\partial v} = \mu(n)\theta(x)u'(v) - n[p + d]g = 0 \quad (1.4)$$

$$\frac{\partial W}{\partial n} = \mu'(n)\theta(x)u(v) - c(x, g) - [p + d]gv = 0 \quad (1.5)$$

Seja  $(g^*, x^*, v^*, n^*)$  a solução desse sistema.

A escolha dos consumidores pode potencialmente desviar das condições de bem estar máximo acima por duas razões. A primeira é que os consumidores podem ignorar os custos sociais do uso da gasolina ao escolher seu bem estar privado máximo. A segunda razão é que podem não fazer a escolha privada ótima. Essa falha pode ser um erro de cálculo, ou de percepção do consumidor, mas na prática causa um erro na expectativa de gasto que ele terá com gasolina quando ele compra o carro. Seja  $\beta > 0$  a porcentagem do gasto futuro com combustível que o consumidor avalie no momento da compra do carro.

Um valor de  $\beta = 1$  implica que o consumidor avalia um real de valor presente da economia futura com gasolina exatamente por R\$1. Um valor de  $\beta < 1$  quer dizer que o consumidor sub avalia essa economia. Assumimos que essa sub avaliação afeta todas decisões que o consumidor toma no momento da compra do carro.

Para corrigir essas imperfeições, comumente é usado um imposto sobre o litro da gasolina. Seja  $\tau_f$  essa taxa, tal que a taxa total paga seja  $\tau_f n g v$ . Outra ferramenta usada é a adoção de políticas que definem um padrão de eficiência energética. Esse tipo de política funciona, na prática, como uma taxa de receita neutra. Seja  $\tau_g$  essa taxa implícita, e seja  $\sigma > 0$  o valor do gasto por quilômetro a partir do qual se começa a tributar. Assim, a taxa total imposta é  $\tau_g [g - \sigma] n$ . No contexto em que existem diversos modelos de carro, o que esse tipo de política faz é taxar os carros menos eficientes e dar subsídios aos carros mais eficientes. Outra forma de imposto que pode ser utilizada é uma taxa direta sobre o carro. Sendo o total da taxa paga  $\tau_n n$ .

Na presença dessas políticas, e considerando que o consumidor não leva em conta o custo social  $d$  no momento de maximizar seu bem estar pessoal, as condições de primeira ordem ficam:

$$\frac{\partial W}{\partial g} = -n c_g(x, g) - \beta n [p + \tau_f] v - \tau_g n = 0 \quad (1.6)$$

$$\frac{\partial W}{\partial x} = \mu(n) \theta'(x) u(v) - n c_x(x, g) - \tau_g n \sigma'(x) = 0 \quad (1.7)$$

$$\frac{\partial W}{\partial v} = \mu(n) \theta(x) u'(v) - n [p + \tau_f] g = 0 \quad (1.8)$$

$$\frac{\partial W}{\partial n} = \mu'(n) \theta(x) u(v) - c(x, g) - \beta [p + \tau_f] g v - \tau_g [g - \sigma(x)] - \tau_n = 0 \quad (1.9)$$

Comparando as condições de maximização de bem estar inicialmente encontrada, nas equações (2)-(5), com as encontradas na presença de externalidades e imperfeições, nas equações (6)-(9), implica que uma primeira política para corrigir as imperfeições seria fazer  $\tau_f = d$ . Isto é, um imposto Pigouviano igual ao custo social marginal.

Porém, se ocorre uma sub avaliação do consumidor com o gasto que terá com combustível ( $\beta < 1$ ), então também será necessário incluir uma política de padrões de consumo com uma taxa implícita de  $\tau_g = (1 - \beta)(p + d)v^*$  e um alvo para a política de  $\sigma(x) = g^*$ . E também uma taxa sobre o carro dada por  $\tau_n = (1 - \beta)(p + d)g^*v^*$ .

Ou seja, o imposto pigouviano na gasolina é a melhor forma de corrigir o problema das externalidades que os automóveis causam. Essa política resolve o problema da não consideração do custo social no momento da maximização da utilidade individual. Mas se além das externalidades, o consumidor sub avaliar o gasto futuro que ele terá com combustível, uma política que defina padrões de eficiência para os fabricantes, como o

CAFE norte americano, também se faz necessário para que o mercado atinja a solução de maior bem estar social. Daí a relevância da presente tese.

## 1.2 Taxação de gasolina

A princípio, usar um imposto pigouviano, taxando a gasolina, é a melhor abordagem para um formulador de políticas públicas resolver os problemas que esse mercado causa. [Parry, Walls e Harrington \(2007\)](#) dizem que a adoção de uma taxa na gasolina faz com que, num primeiro momento, os consumidores passem a andar menos quilômetros, mas também faz com que os carros se tornem mais eficientes, e por isso, diminuam em tamanho. Também diminui o tamanho da frota, além de acelerar o sucateamento de carros ineficientes. Ou seja, ajudaria a diminuir todas as externalidades causadas pelo uso de carros, como poluição, acidentes, barulho e congestionamentos. E a maior parte dos governos ao redor do mundo utiliza esse artifício para tentar balancear as externalidades causadas pelo consumo de combustível. Os diferentes impostos, adotados pelos países justificam a diferença do preço da gasolina pelo mundo.

O gráfico da figura 1 foi feito utilizando as informações do preço da gasolina em diferentes países na semana do dia 25 de julho de 2016. Os valores estão em dólares americanos. Como todos os países tem acesso a mesma cotação do petróleo no mercado internacional, as diferenças de preços entre os países vem principalmente de subsídios e impostos que os governos dão no preço da gasolina. Não é incomum que governos de países produtores de petróleo subsidiem o preço da gasolina. Esses países costumam apresentar os preços mais baixos do mundo.

Os Estados Unidos tem o preço mais baixo entre os países desenvolvidos, esse fato faz com que a discussão sobre a necessidade de aumentar o imposto aplicado no preço da gasolina no país seja tema de vários artigos, como por exemplo, [Parry et al. \(2014\)](#) e [Parry e Small \(2002\)](#). Países europeus apresentam os maiores preços de gasolina, e isso vem de fortes políticas de imposto.

O preço da gasolina no Brasil é parecido com vizinhos sul americanos, como Argentina e Chile, e também está em um patamar próximo de outros países em desenvolvimento, como Índia e China. O preço no Brasil é bem superior ao praticado nos Estados Unidos, cerca de 70%. Porém é bem inferior aos países europeus.

Uma pergunta que naturalmente pode surgir é como diferentes custos para se utilizar um carro afeta a demanda por carros novos. Em outras palavras, como o diferente preços do combustível, ou diferentes impostos na utilização do carro impactam sua demanda. Não faz parte do escopo desse trabalho discutir essas questões com profundidade, porém foi feito um pequeno estudo no caso da isenção do IPVA no estado de Distrito Federal em 2012. Não foi encontrado nenhum impacto significativo no mercado de carros novos. Esse



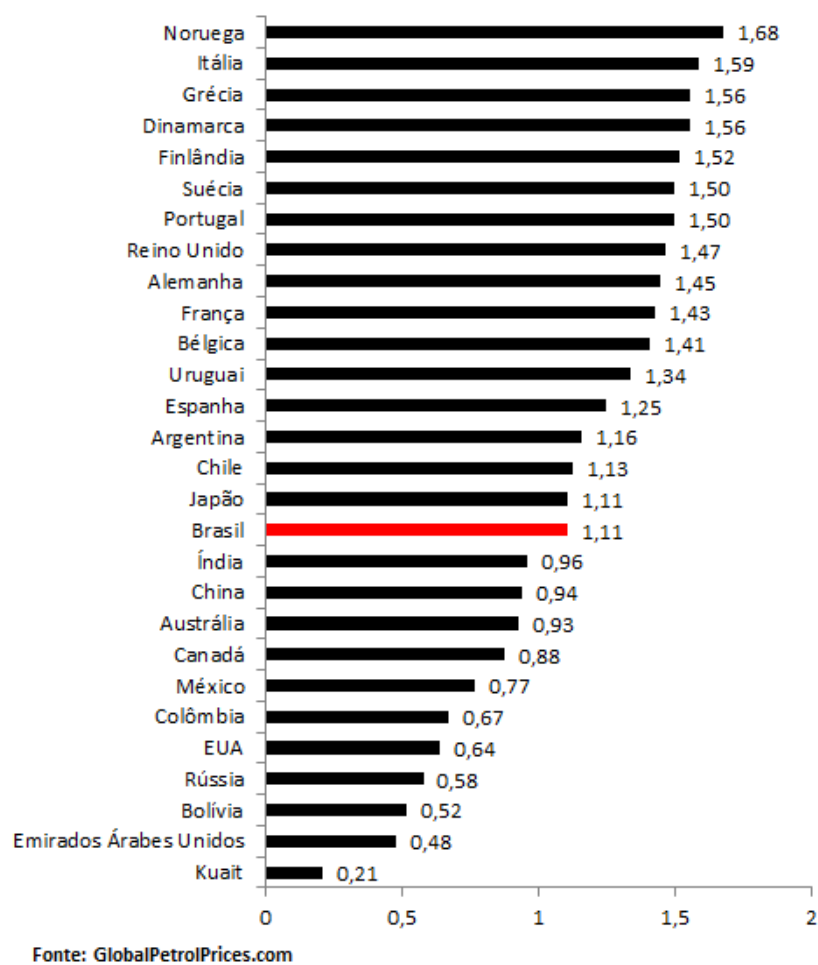


Figura 1 – Preço da gasolina em dólares americanos

estudo pode ser encontrado nos anexos dessa dissertação.



## 2 Base de Dados

Temos à nossa disposição uma base de dados mensal com todos os emplacamentos de carros no Brasil de 2008 até 2013. Essa base tem aberturas por marca, por modelo emplacado e também abertura regional, ou seja, é possível obter informações de emplacamento por estado ou ainda por sub regiões dentro dos estados. Além disso há também uma base com o preço de lista de carros, com abertura por diversas variantes e opcionais dos diferentes modelos. A base é de uma das maiores empresas de inteligência de mercado do setor automobilístico do mundo.

O mercado de carros no Brasil cresceu bastante no período analisado. Em 2008, que é o primeiro ano disponível na base, foram emplacados pouco mais de 2,3 milhões de carros no Brasil. Em 2012, que é o último ano completo da base, foram mais de 3,1 milhões. Ou seja houve um crescimento de pouco mais de 33% no período de 4 anos. Na tabela 1 esse crescimento é acompanhado ano a ano, enquanto a figura 2 é um gráfico com os emplacamentos mensais.

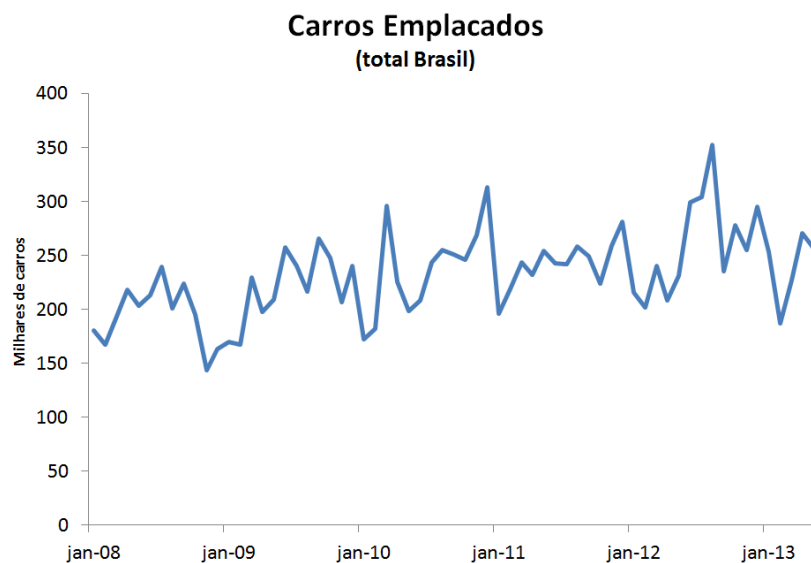


Figura 2 – Gráfico de emplacamentos mensais no Brasil

	2008	2009	2010	2011	2012	2013 *
Carros emplacados (milhares)	2.342	2.648	2.860	2.902	3.116	1.195
Var (%)		13,1%	8,0%	1,5%	7,4%	8,9%

\* dados até mai/13

Tabela 1 – Tabela com emplacamentos anuais

Ou seja, o mercado de carros no Brasil cresceu vigorosamente entre 2008 e 2012, São milhares de novos carros, que contribuem para emissão de gases poluentes. E além disso, os carros emplacados tem ficado, em média menos eficientes. A figura 3 é um gráfico mensal com a kilometragem por litro média dos carros emplacados. Os carros emplacados em janeiro de 2008 faziam em média pouco mais de 8,8 kilometros por litro de combustível, em maio de 2013 esse número caiu para 8,4. é uma queda de pouco mais de 4,3% em pouco mais de 4 anos.

Essa queda na eficiência é explicada pelo grande declínio do market share de carros com menor potência, e que são mais eficientes. A figura 3 é uma tabela com os market shares anuais por potência do motor. Carros 1.0 tinham, em 2008, 47,4% de participação de mercado. Em 2012 essa participação havia caído para 38,2% (e continua a trajetória de queda nos meses disponíveis de 2013). Quem ocupou essa parcela do mercado foram os carros com motores de potência entre 1.5 e 1.6. Sua participação saiu de 16,5% em 2008 para 25,6% em 2012.

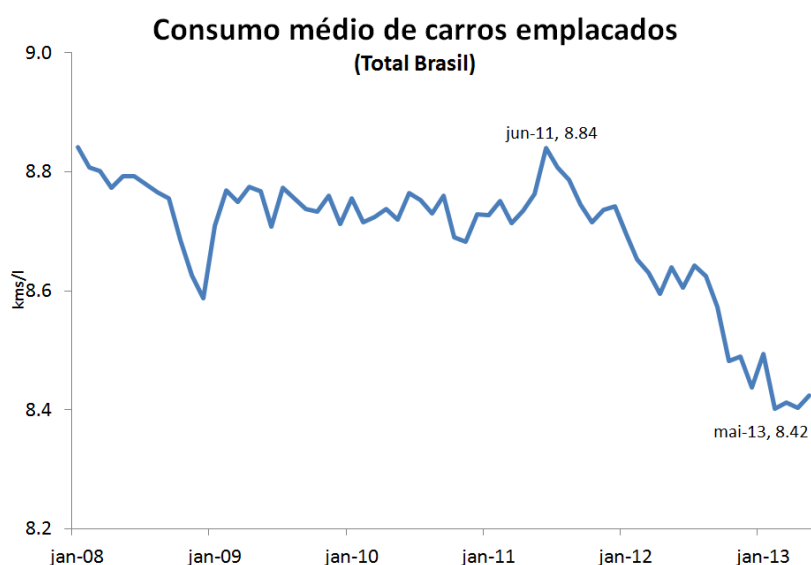


Figura 3 – Gráfico mensal do consumo médio de carros emplacado

	2008	2009	2010	2011	2012	2013 *	Dif
até 1,0	47,4%	49,3%	47,1%	41,5%	38,2%	37,2%	-10,2%
entre 1,1 e 1,4	14,7%	13,9%	15,3%	16,6%	16,4%	15,1%	0,5%
entre 1,5 e 1,6	16,5%	16,8%	18,4%	21,1%	25,6%	28,2%	11,6%
entre 1,7 e 1,9	8,9%	7,4%	5,0%	4,9%	7,5%	7,4%	-1,5%
2,0 ou mais	12,5%	12,6%	14,2%	15,9%	12,3%	12,1%	-0,4%

\* dados até mai/13

Tabela 2 – Tabela com market share anual por potência de motor

Os gráficos e tabelas anteriores ajudam a evidenciar a importância e relevância

do tema, uma vez que o mercado de carros brasileiro, nesse período, cresceu a uma taxa extremamente acelerada e com aumento bastante significativo da participação de carros mais poluentes, implicando em uma menor eficiência média da frota.

Portanto a eficiência energética média da frota brasileira vem caindo nos últimos anos, e portanto poluindo mais. Uma possível explicação para essa queda na eficiência dos carros novos é que talvez o consumidor seja de certa forma "míope" para avaliar os gastos futuros que terá com combustível. E essa é exatamente a pergunta que esse trabalho procura responder: se o consumidor avalia corretamente os gastos futuros que terá com combustível, no momento que adquire um carro novo.



## 3 Metodologia

### 3.1 Modelo de demanda

Uma forma de estimar a importância que o consumidor dá à eficiência energética no mercado de carros novos é abordar o problema de uma forma semelhante feita por [Sallee, West e Fan \(2015\)](#), [Allcott e Wozny \(2009\)](#) e [Grigolon et al. \(2014\)](#). Os dois primeiros estudam o mercado de carros usados norte americanos. Enquanto [Grigolon et al. \(2014\)](#) utiliza informações do mercado europeu. A metodologia utilizada nesses trabalhos é bem semelhante, e também será a metodologia utilizada nesse trabalho, com algumas modificações.

Assumindo que a utilidade dos consumidores depende de consumir um veículo e de consumir um bem numérico. Em cada período  $t$ , os consumidores tem expectativas homogêneas sobre o preço  $g$  da gasolina no futuro. Seja  $j$  um indexador de um veículo e  $t$  um ano, então um consumidor  $i$  tem a utilidade indireta  $u_{ijt}$  de comprar um veículo  $j$  no ano  $t$ , dado por:

$$u_{ijt} = \eta(w - p_{jt}) - \gamma G_{jt} + \psi_{jt} + \epsilon_{ijt} \quad (3.1)$$

Onde  $w$  é a renda do consumidor,  $p_{jt}$  é o preço da compra,  $G_{jt}$  é o valor gasto com combustível trazido à valor presente. Se a utilidade do bem externo for normalizado para zero é possível obter uma relação entre market shares e preços, dada pela próxima equação, que pode ser estimada.

$$\ln s_{jt} - \ln s_{0t} = -\eta p_{jt} - \gamma G_{jt} + \sigma \ln (s_{jt}/s_{nt}) + \psi_{jt} + \epsilon_{ijt} \quad (3.2)$$

Onde  $s_{jt}$  é o share de do veículo  $j$  no período  $t$ ,  $s_o$  é o share do bem externo,  $s_{nt}$  é o share de todos os veículos do ninho  $n$ , do qual o veículo  $j$  faz parte e  $\psi_{jt}$  é o valor presente da utilidade que o veículo  $j$  irá trazer para o consumidor médio. Essa é a relação que será estimada. O termo  $\psi_{jt}$  pode ser dividido em duas partes.

$$\psi_{jt} = x_{jt}\beta + \xi_{jt} \quad (3.3)$$

Onde  $x_{jt}$  são características que podem ser observadas na base de dados, como características de cada um dos modelos de carro. Enquanto  $\xi_{jt}$  representa a utilidade que o carro traz para o consumidor mas não pode ser observado pelo economista através da base de dados.

Como a base de dados usada possui diversas características dos modelos de carros vendidos, o termo  $\psi_{jt}$  pode ser estimado através das demais características dos carros, e a equação a ser estimada fica sendo:

$$\ln s_{jt} - \ln s_{0t} = -\eta p_{jt} - \gamma G_{jt} + \sigma \ln(s_{jt}/s_{nt}) + x_{jt}\beta_i^x + \xi_{jt} + \epsilon_{ijt} \quad (3.4)$$

Onde  $x_{jt}$  é o vetor de características observadas dos carros e dos motores, e  $\xi_{jt}$  são as características não observada do carro. Assim é possível obter estimativas dos parâmetros  $\gamma$  e  $\eta$ , e testar a hipótese de que eles são iguais.

A equação acima é bem conhecida, e foi introduzida por [Berry \(1994\)](#). E pode ser estimada usando um nested logit. Um agrupamento intuitivo e que foi feito por [Allcott e Wozny \(2009\)](#) é juntar os carros por classe, no caso dessa base de dados, no tipo de carroceria (hatch, seda, coupé, SUV, MPV). É razoável agrupar os carros nesses "ninhos" pois é de se esperar que os consumidores tenham preferências diferentes para carros com tamanhos substancialmente diferentes.

Para que seja possível estimar a equação anterior, é necessário definir qual é o share do bem externo, isso é a proporção de pessoas que estão no mercado mas resolvem não consumir nenhum carro. O mercado potencial foi definido como um quinto da fração de pessoas que possuem carro em cada um dos mercados (estado/ano).

Porém um problema que deve ser contornados para que seja possível encontrar estimadores consistentes para a equação é a correlação que deve existir entre os preços e o vetor de características não observado  $\xi_{jt}$ . Para resolve-lo foram usados os instrumentos propostos [Berry \(1994\)](#) e [Berry, Levinsohn e Pakes \(1995\)](#), como características do próprio produto, a soma das características de carros do mesmo fabricante ou a soma das características de carros de outros fabricantes.

O segundo problema que deve ser enfrentado é a correlação que deve existir entre a utilidade  $\psi_{jt}$  com o consumo de combustível do carro. Uma forma de solucionar esse problema é, como proposto por [Allcott e Wozny \(2009\)](#). Dessa forma foram utilizadas dummies para cada mercado (ano/estado) e para cada modelo de carro.

Mas além disso, para estimar a equação é necessário construir a variável  $G_{jt}$ , que é o valor, trazido a valor presente, do gasto que o comprador do carro terá com combustível. Ele é dado pela seguinte expressão:

$$G_{jt} = \sum_{s=t}^L \beta^{s-t} E(g_s) E(m_{jt}) E(f_{jt}^{-1}) \quad (3.5)$$

Onde  $\beta$  é a taxa de desconto anual,  $L$  é a vida média do veículo,  $g_s$  é o preço da gasolina no ano  $s$ ,  $m_{jt}$  é a distância percorrida média do veículo e  $f_{jt}$  é o consumo do



veículo em quilômetros por litro. Mas essa relação e as premissas usadas para calculá-la serão discutidas com mais detalhes em uma seção subsequente.

## 3.2 Preços Hedônicos

Outra abordagem possível é através de uma análise de preços hedônicos. A ideia por trás da análise por preços hedônicos é que produtos mais complexos, como carros por exemplo, podem ser decompostos em suas diversas características. Portanto, o que os consumidores tem para escolher são as cestas das diferentes características que cada um dos produtos apresenta. E nesse caso, os preços dos produtos também podem ser decompostos, e cada característica do produto tem um peso no seu preço final.

$$P = \beta_x X \quad (3.6)$$

Onde P são os preços e X é um vetor de características. Então a disposição a pagar por um ganho no consumo do veículo é justamente a derivada da equação anterior em relação ao consumo, e será igual ao coeficiente correspondente ao consumo encontrado na regressão de preços hedônicos, isto é:

$$\frac{\partial P}{\partial x_0} = \beta_0 \quad (3.7)$$

A regressão será feita com o logaritmo das características, portanto, o resultado encontrado será a elasticidade de cada característica no preço. Ou seja, o coeficiente dos quilômetros por litro que for encontrado significará quantos %s o consumidor está disposto a pagar a mais no preço do carro para um incremento de 1% na quantidade de quilômetros por litro que o carro faz.

$$\epsilon_{km/l} = \frac{km/l}{P} \frac{\partial P}{\partial km/l} \quad (3.8)$$

O resultado esperado é que o valor gasto a mais com a compra de um carro mais eficiente seja igual ao valor presente da economia feita ao longo dos anos de uso do veículo. Para tanto, foi feita uma estimativa do valor gasto com gasolina para cada modelo de veículo, e depois foi recalculado com um incremento de 1% na quantidade de quilômetros por litro.

$$ecog_i = G_i^1 - G_i^0 \quad (3.9)$$

Onde  $G_i^0$  é o gasto com gasolina estimado do carro  $i$  durante sua vida útil, e  $G_i^1$  é o gasto com gasolina estimado do carro  $i$  durante sua vida útil com um incremento de 1% nos seus quilômetros por litro.

E através da regressão de preços hedônicos é possível recuperar quantos reais o consumidor está disposto a pagar por um incremento de 1% na quantidade de quilômetros por litro que o carro faz:

$$ecoc_i = \frac{\beta_c}{100} P_i \quad (3.10)$$

Assim, ao comparar os dois valores encontrados pelas duas equações anteriores é possível observar se o consumidor, no momento da compra do carro, está disposto a pagar em um incremento na quantidade de quilômetros por litro que o carro faz o valor que economizará com combustível ao longo da vida útil do veículo.

$$econ_i = \frac{ecoc_i}{ecog_i} \quad (3.11)$$

Portanto, se  $econ_i$  for igual a 1, consumidor estará disposto a gastar exatamente o que ele economizará com combustível durante a vida útil do veículo para obter um incremento nos quilômetros por litro que o veículo faz. Se  $econ_i$  for maior do que 1, o consumidor está disposto a pagar mais do que economizará com combustível, e se  $econ_i$  for menor do que 1, o consumidor está disposto a pagar menos do que ele economizará com economia de combustível.

### 3.3 Cálculo do Gasto com Combustível

Como explicitado nas seções anteriores, para que seja possível fazer uma estimativa da disposição do consumidor a pagar por um carro que consuma menos combustível por quilômetro rodado, é necessário fazer uma estimativa do gasto que o consumidor terá com combustível durante a vida útil do veículo.

Tanto em [Adenbaum, Copeland e Stevens \(2015\)](#) como em [Allcott e Wozny \(2009\)](#), são feitas estimativas do gasto com combustível que o consumidor tem durante a vida útil do carro. Em ambos os trabalhos a conta é bem semelhante, e aqui também será usada uma estimativa análoga, mas adaptada para o mercado brasileiro. Seja  $G_c$  o total gasto com combustível durante a vida útil do carro de modelo  $c$ , então:

$$G_c = \sum_{t=1}^T p_g \beta^{-t} M_t f_c^{-1} S_t \quad (3.12)$$

Em que  $p_g$  é o preço da gasolina,  $\beta$  é uma taxa de desconto,  $M_t$  é uma estimativa de quantos quilômetros um carro com  $t$  anos de vida anda em um ano,  $f_c$  mede quantos quilômetros um carro do modelo  $c$  anda com um litro de combustível, e por fim  $S_t$  é a probabilidade de um carro com idade  $t$  sobreviver mais um ano.

O preço do combustível está disponível no site da [ANP](#) (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Foi usado o preço médio de revenda mensal e por estado no período da compra do veículo. A premissa adotada para os períodos posteriores ao da compra é que o consumidor considera que o preço real do combustível vá ficar estável. Para chegar ao preço real foi usado o IPCA mensal que está disponível no site do [IBGE](#), e da mesma forma, a premissa é que o consumidor acredita que a inflação dos períodos posteriores fique estável.

Não é incomum encontrar na literatura trabalhos que adotam a premissa de que o consumidor considera o preço real futuro do combustível constante. Por exemplo, [Bento, Li e Roth \(2012\)](#), [Allcott e Wozny \(2009\)](#), [Sallee, West e Fan \(2015\)](#) e [Whitefoot, Fowlie e Skerlos \(2010\)](#) adotam também essa premissa. Além disso, em [Anderson, Kellogg e Sallee \(2013\)](#) os pesquisadores estudaram uma pesquisa com consumidores que respondiam diretamente o que esperavam dos preços futuros de combustível, e a conclusão que chegam é que assumir que os consumidores não esperem mudanças reais nos preços do combustível é uma escolha consistente.

A taxa de desconto usada foi a taxa SELIC da economia. A série mensal foi extraída do site do [Banco Central](#). A premissa para os períodos subsequentes também é de que o consumidor considere a taxa constante.

Para a estimativa de  $M_t$ , isto é, a quantidade média de quilômetros que um carro de idade  $t$  anda por ano, foi usado um estudo da CETESB. Nesse estudo, foram usados dados de quilometragem cedidos pela prefeitura de São Paulo, e foram obtidos através do programa de Inspeção e Manutenção, da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, e executado pela empresa Controlar. Os dados foram coletados em 2010 e 2011. Com essas informações [Bruni e Bales \(2013\)](#) ajustaram um modelo para a quilometragem média anual segundo a idade dos veículos.

$$y = 0,671x^3 - 49,566x^2 + 779,66x + 11266 \quad (3.13)$$

O  $R^2$  desse modelo foi de 96,02%.

Por fim,  $S_t$ , ou seja, a probabilidade de um veículo de idade  $t$  ainda estar em funcionamento foi retirada de um outro estudo da [CETESB \(2014\)](#):

Através do gráfico 4 foi possível fazer uma estimativa da probabilidade de que um automóvel ainda esteja em funcionamento em função da sua idade. Foi usada a premissa de que todos os automóveis saem de circulação com 40 anos ou mais.

Utilizando as premissas descritas acima e a equação 3.12 é possível encontrar o gasto esperado de combustível durante a vida útil de cada veículo da base de dados. O gráfico 5 é um histograma da frequência dos gastos com combustível para modelos

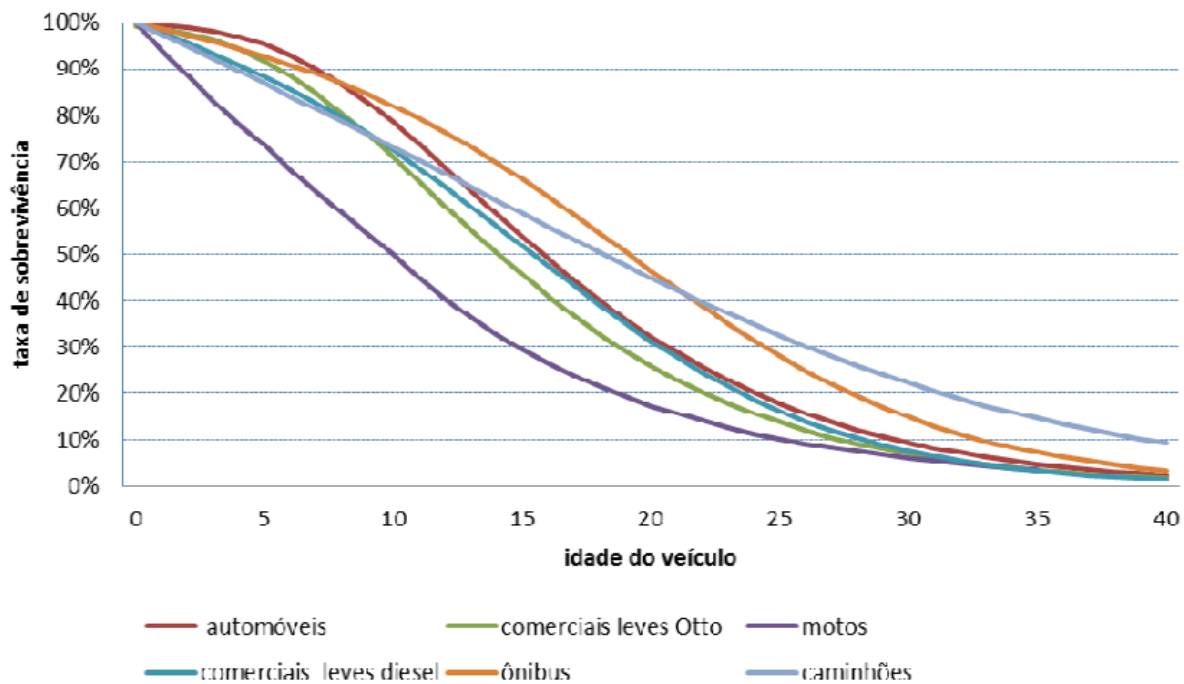


Figura 4 – Gráfico da taxa de sobrevivência de veículos

comprados em 2012:

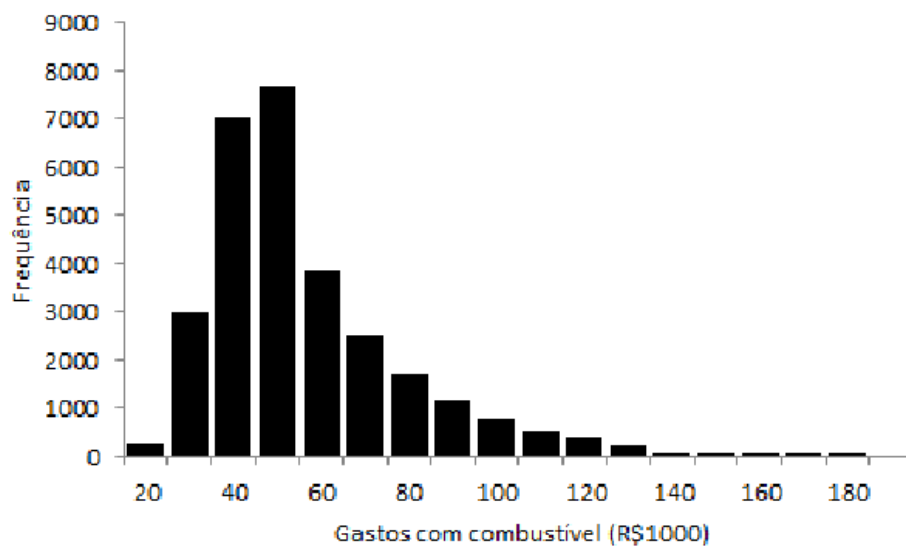


Figura 5 – Histograma com o gasto com combustível durante a vida útil de veículos comprados em 2012

Assim, foi possível estimar a gasto de combustível que cada carro na base de dados teria ao longo de sua vida útil. A tabela 3 mostra informações sobre a distribuição desse gasto para toda a base de dados, levando todos os períodos, regiões e modelos em consideração.

	Média	Desv. Padrão	Percentis				
			10%	25%	50%	75%	90%
Gasto com combustível	57.494	18.659	39.120	46.363	55.341	70.573	92.602

Tabela 3 – Tabela com a média dos valores para o gasto total com combustível

Esse gasto total com combustível  $G_c$  calculado para cada carro da base de dados é fundamental para que seja possível estimar a disposição do consumidor a pagar por economia que fará com combustível no momento que compra um carro novo. O gasto total é parte fundamental das duas metodologias que serão desenvolvidas nas próximas seções.



## 4 Resultados

### 4.1 Preços Hedônicos

Foram feitas duas regressões de preços hedônicos. A primeira com o método dos mínimos quadrados e a segunda utilizando um método semi paramétrico de estimação. Em ambos os casos as variáveis incluídas na regressão foram logaritmo natural das seguintes características contínuas: consumo (em km/l), potência do motor, medida em cavalos vapor, velocidade máxima que o carro alcança e o peso do carro, em quilogramas. Além dessas características também foi incluída na regressão dummies de ano de venda do carro e dummies para os diferentes tipos de carroceria.

Na regressão semi paramétrica apenas o consumo foi estimada de forma não paramétrica. As demais variáveis da regressão entraram de forma paramétrica.

As estatísticas descritivas das variáveis usadas nas regressões estão na tabela 4.

	Média	Desv. Padrão	Percentis				
			10%	25%	50%	75%	90%
Consumo (km/l)	8,75	1,89	6,70	7,50	8,30	9,60	11,33
Potência (CV)	133,5	54,2	77,0	104,0	122,0	144,8	200,0
Vél. Máx (km/h)	186,0	22,1	160,0	171,0	184,0	193,0	218,0
Peso Bruto (kg)	1.704	305	1381	1470	1680	1875	2070

Tabela 4 – Tabela com as estatísticas descritivas da variáveis usadas

Os gráficos 6, 7, 8 e 9 são os histogramas das variáveis usadas:

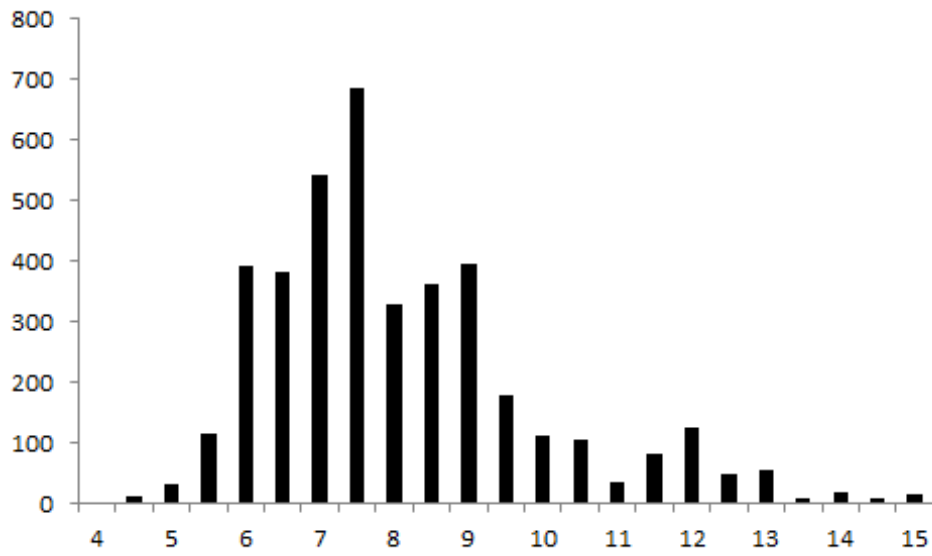


Figura 6 – Histograma dos valores de quilômetros rodados por litro de combustível

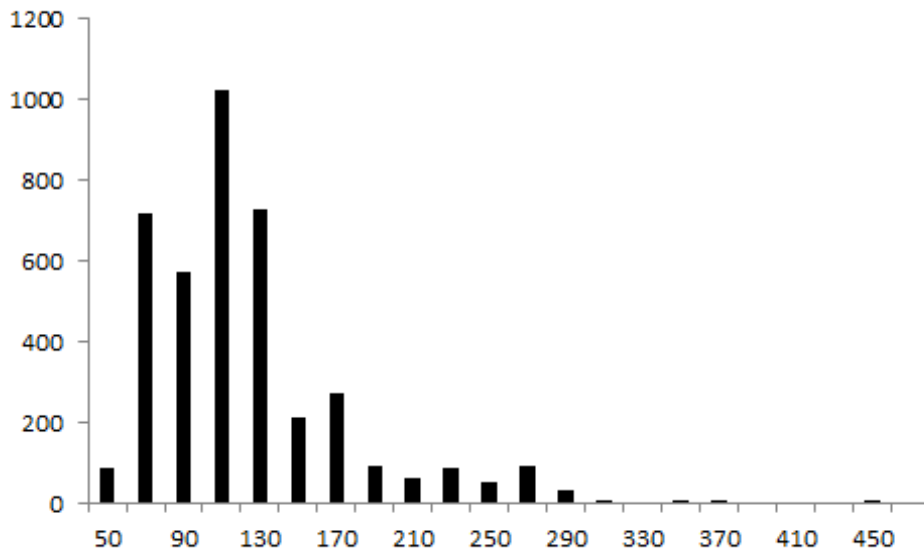


Figura 7 – Histograma dos valores da potência dos motores dos carros, em CV



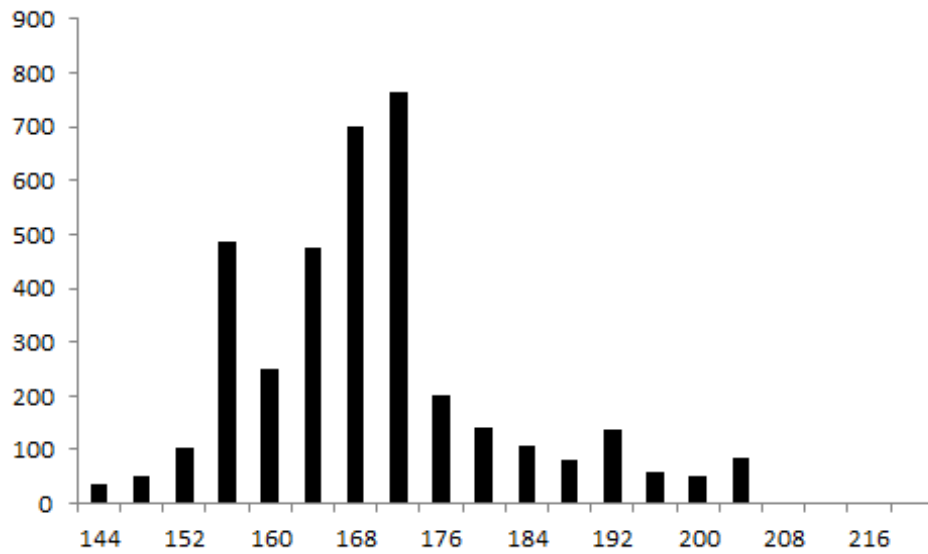


Figura 8 – Histograma dos valores de velocidade máxima dos carros, em km/h

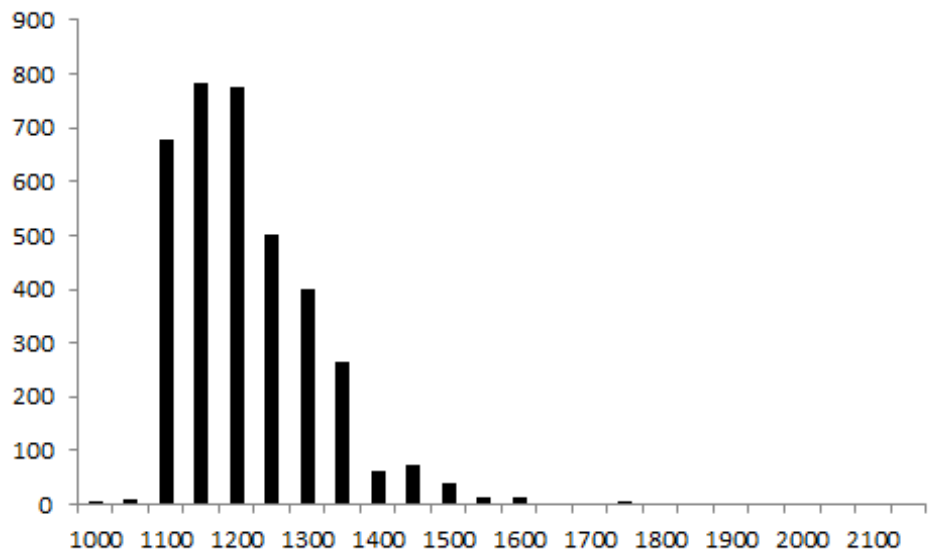


Figura 9 – Histograma dos pesos dos carros, em kg

Com os resultados das regressões é possível estimar se o consumidor, de fato, subavalia a economia que terá com combustível ao comprar um carro mais eficiente. Isso será feito é possível encontrar o  $econ_i$ , como mostrado na equação 3.11, que iremos reproduzir a seguir para fins de clareza na exposição.

$$econ_i = \frac{ecoc_i}{ecog_i} \quad (4.1)$$

O numerador da 4.1 pode ser calculado a partir do coeficiente da economia de combustível encontrado nas regressões hedônicas, e o denominador pode ser calculado

refazendo a conta do gasto total que o consumidor terá com combustível durante a vida do veículo, mas considerando um veículo 1% mais eficiente.

#### 4.1.1 Mínimos Quadrados

Como regressão foi feita com a variável dependente em logaritmos, os coeficientes recuperados são as elasticidades de cada uma das características em relação ao preço de venda do carro. Ou seja, o coeficiente de 0,55 encontrado para a velocidade máxima significa que o consumidor está disposto a pagar 0,55% a mais no preço do carro para obter um aumento de 1% na velocidade máxima do carro comprado.

Variável ind.	Coef. (Std. Err.)
Consumo (km/l)	0.4165*** (0.0151)
Potência (CV)	0.7403*** (0.0240)
Vél. Máx. (km/h)	0.5515*** (0.0564)
Peso bruto (kg)	1.2473*** (0.0379)
R-squared	0.893
N	4289
Significância * (0.10), ** (0.05), ***(0.01)	

Tabela 5 – Tabela com os coeficientes encontrados na regressão por OLS

Todos os coeficientes encontrados tem o sinal esperado, ou seja, o consumidor está disposto a pagar mais por um aumento dos km/l, da potência, da velocidade máxima e por um aumento no comprimento do carro. Além disso todos os coeficientes encontrados são significativos a 1% de significância.

Com os resultados obtidos na regressão, em especial, com o coeficiente dos km/l foi possível recuperar o valor que um consumidor está disposto a pagar no momento da compra do carro novo para que essa característica aumentasse 1%. Como a regressão foi feita com logaritmo natural das variáveis, o coeficiente encontrado já é a elasticidade em relação ao preço. Em outras palavras, em média um aumento de 0,42% nos km/l que o carro faz corresponde a um aumento de 1% no preço de compra.

O resultado da elasticidade dos kms/l encontrado na regressão pode ser comparado com a diferença no gasto total com combustível obtida com um aumento de 1% nos km/l que o carro faz. Se a razão entre essas duas estimativas for igual a 1, o consumidor está disposto a pagar um real a mais o momento da compra do carro para obter uma economia de um real com combustível ao longo da vida do veículo. Se o resultado for menor do que

1, o consumidor está subestimando os gastos com combustível, se for maior do que 1 ele está superestimando.

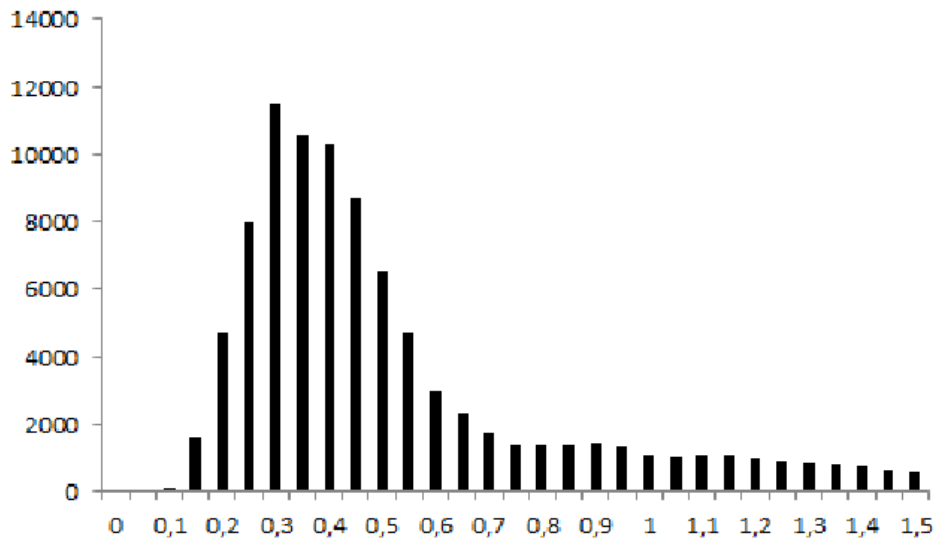


Figura 10 – Histograma da disposição a pagar por economia de combustível ( $econ_i$ ) - OLS

	Média	Desv. Padrão	Percentis				
			10%	25%	50%	75%	90%
Econ.OLS	0,59	0,41	0,27	0,34	0,45	0,68	1,23

Tabela 6 – Tabela com a média dos valores para  $econ_i$  - OLS

O gráfico acima é um histograma com os valores encontrados para  $econ_i$  através da regressão por OLS.

A tabela acima mostra a média encontrada para a disposição do consumidor a pagar por economia de combustível. O resultado de 0,59 sugere que em média o consumidor esteja subestimando a economia que seria feita ao comprar um carro mais econômico. O resultado nos diz, que em média, o consumidor está disposto a pagar apenas 59% do valor economizado com combustível no momento da compra do veículo.

Esse resultado está em linha com o encontrado na maior parte da literatura.

#### 4.1.2 Regressão semi paramétrica

Para realizar a regressão será utilizada a metodologia proposta por [Bajari e Benkard \(2005\)](#), que propõe que a regressão seja estimada através de um método não paramétrico, pois corrige alguns problemas que a regressão de preços hedônicos poderia ter em um mercado com produtos diferenciados, como é o caso do mercado de carros. Essa metodologia já foi utilizada por [Adenbaum, Copeland e Stevens \(2015\)](#) para estudar a disposição do consumidor a pagar por economia de combustível no mercado de caminhões norte americano.

A variável de consumo de combustível foi estimada de forma não paramétrica, enquanto as demais continuaram a ser estimadas parametricamente.

Da mesma forma que a regressão da seção anterior, a regressão foi feita com o logaritmo natural das variáveis, o que faz com que os parâmetros encontrados sejam o equivalente a uma elasticidade da característica no preço de compra do carro.

Variável ind.	Coef. (Std. Err.)
Potência (CV)	0.6880*** (0.0248)
Vél. Máx. (km/h)	0.6739*** (0.0563)
Peso bruto (kg)	1.2600*** (0.0374)
$R^2$	0.878
N	4289

Significância \* (0.10), \*\* (0.05), \*\*\*(0.01)

Tabela 7 – Tabela com os coeficientes encontrados na regressão semi paramétrica

A tabela mostra o resultado encontrado para as variáveis paramétricas na nova regressão. Da mesma forma que na regressão por mínimos quadrados, todos os coeficientes são significativos e tem o sinal desejado. Eles representam a elasticidade de determinada característica em relação ao preço do carro. Por exemplo, um consumidor estaria disposto a pagar 0,67% a mais no preço do carro para ter um incremento de 1% na velocidade máxima que o carro atinge.

Além de serem significativos e terem o sinal correto, os coeficientes encontrados são muito semelhantes aos que foram encontrados na regressão anterior, por mínimos quadrados.

	Média	Desv. Padrão	Percentis				
			10%	25%	50%	75%	90%
Consumo (km/l)	0,39	0,52	-0,11	0,01	0,28	0,72	0,88

Tabela 8 – Tabela com a média dos valores para a elasticidade dos km/l

Alguns resultados encontrados para a elasticidade dos quilômetros por litro do carro estão com o sinal trocado, mas a grande maioria é maior do que 0. A média da distribuição é 0,39. Não muito diferente do coeficiente de 0,42 encontrado na regressão por mínimos quadrados. É possível ver na figura 11 que a grande maioria dos resultados encontrados está entre 0 e 0,8, alguns poucos resultados encontrados são negativos, e há também alguns poucos resultados maiores do que 1. Os coeficientes maiores que 1 são raros, mas vão até valores como 2,3.

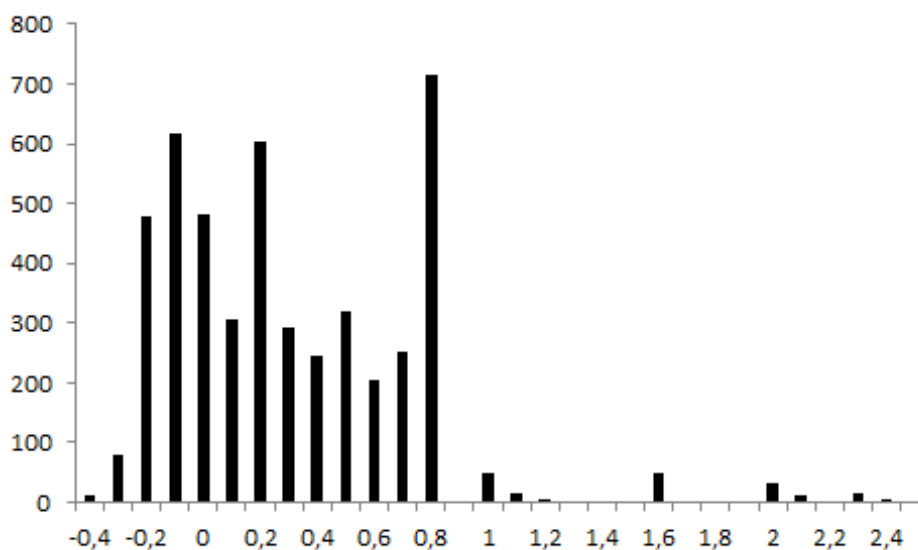


Figura 11 – Histograma com a distribuição dos valores da elasticidade dos km/l

Da mesma forma que na regressão anterior, foi utilizado o cálculo da economia que o consumidor obteria, com combustível ao longo da vida útil do veículo se houvesse um incremento de 1% nos km/l, para estimar quanto o consumidor está disposto a gastar a mais no momento da compra do veículo para obter uma economia com combustível.

	Média	Desv. Padrão	Percentis				
			10%	25%	50%	75%	90%
Econ_S-par	0,72	1,74	-0,11	0,01	0,31	0,71	1,66

Tabela 9 – Tabela com a média dos valores para  $econ_i$  - Semi par.

O resultado mostra que em média o consumidor está disposto a pagar, em média, apenas 72% do que será economizado com combustível ao comprar um carro que consuma menos. Na regressão por mínimos quadrados foi encontrado que o consumidor estaria disposto a pagar 59% em média. Os resultados encontrados com a regressão semi paramétrica são muito mais dispersos do que os que foram encontrados na regressão por mínimos quadrados. a distância entre o primeiro decil e o último é de 1,77, enquanto na outra regressão era de 0,96. Além disso o desvio padrão dessa distribuição é bem mais alto do que o encontrado no caso dos mínimos quadrados.

Mas o resultado, apesar de ser menos pronunciado do que no caso dos mínimos quadrados, também aponta para uma sub avaliação do consumidor com economia de combustível.

Um outra forma de procurar entender o mesmo efeito através de outra metodologia é fazendo um modelo de demanda, como será visto na próxima seção.

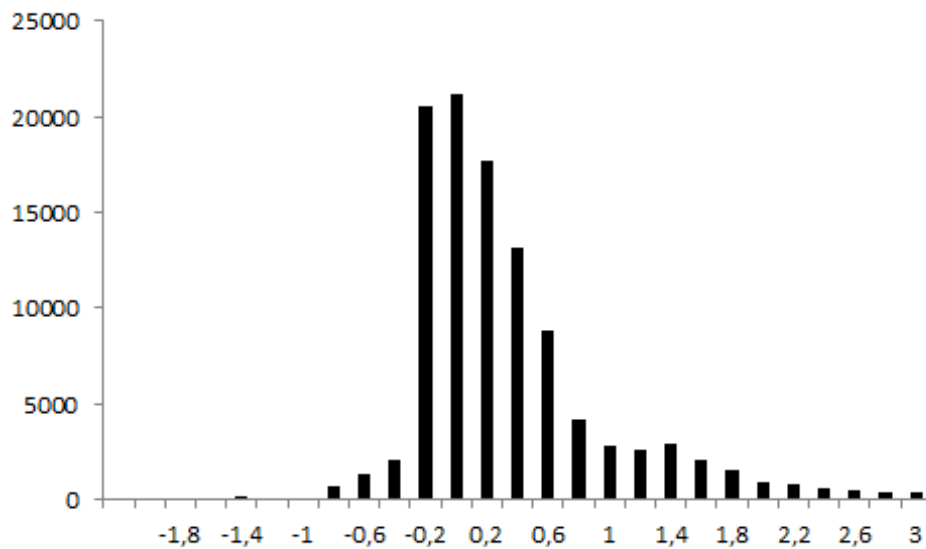


Figura 12 – Histograma da disposição a pagar por economia de combustível ( $econ_i$ ) - Semi par.

## 4.2 Modelo de demanda

Como discutido anteriormente na seção de metodologia, outra forma possível de se obter uma estimativa para a disposição do consumidor a pagar, com tudo mais constante, com economia de combustível no momento da compra de um veículo novo é através de um modelo de demanda. Nesse modelo foi utilizado o tipo de carroceria dos veículos como os "ninhos" do modelo. Essa escolha da carroceria como o ninho a ser usado se deve ao fato que é de se esperar que consumidores que escolham diferentes tipos de carroceria não tenham preferencias semelhantes por veículos de tamanho substancialmente diferentes. A tabela 10 mostra os tipos de carroceria que estão na base e a frequência com que aparecem

Tipo de Carroceria	Freq.	Porc. (%)	Cum. (%)
MPV	59	0,4	0,4
Mini MPV	1331	9,0	9,4
SUV	2796	18,9	28,3
Conversível	70	0,5	28,8
Coupê	48	0,3	29,1
Hatch	5316	36,0	65,1
Micro Carro	35	0,2	65,3
Perua	891	6,0	71,4
Sedan	4233	28,6	100,0

Tabela 10 – Tabela com a frequência de cada uma das carrocerias

Para entender como o consumidor avalia a economia que fará com combustível, será estimado um modelo de demanda. A equação 4.2 será a equação que será estimada, como mostrado pela 3.4

$$\ln s_{jt} - \ln s_{0t} = -\eta p_{jt} - \gamma G_{jt} + \sigma \ln (s_{jt}/s_{nt}) + x_{jt}\beta_i^x + \xi_{jt} + \epsilon_{ijt} \quad (4.2)$$

Nesta equação,  $p_{jt}$  é o preço do veículo  $j$  e  $G_{jt}$  é o gasto total que o veículo  $j$  terá com combustível durante sua vida,  $x_{jt}$  é um vetor de características do veículo  $j$ . Além disso,  $s_{jt}$  é o share do veículo  $j$  no período  $t$ ,  $s_{0t}$  é o share do bem externo no período  $t$  e  $s_{nt}$  é a soma dos shares dos veículos que estão no mesmo ninho do veículo  $j$ . Dessa forma, o termo  $s_{jt}/s_{nt}$  é o share condicional do veículo dentro do seu "ninho".

O objetivo é testar a hipótese de que  $\gamma$  é igual a  $\eta$ . Se for encontrado que  $\gamma/\eta > 1$  então o consumidor estará subavaliando a importância da economia de combustível no momento da compra, e analogamente, se  $\gamma/\eta < 1$  o consumidor dará uma importância superavaliando a importância da economia de combustível.

O vetor  $x_{jt}$  representa as demais características dos veículos, que podem ser observadas através da base de dados. Para realizar as estimações foram usadas características dos carros como peso, largura, velocidade máxima alcançada, tempo que o carro leva para chegar a 100km/h, capacidade de carga, e também características do motor, como número de cilindros, potência, tamanho, número de válvulas, diâmetro. A tabela 4.2 mostra as estatísticas descritivas das variáveis usadas no modelo.

Variável	Obs.	Média	Desv. Pad.	Min	Max
Preço	14.893	55.631	43.256	18.863	526.316
Consumo (km/l)	14.893	8,23	1,61	4,00	15,60
Peso (kg)	14.893	1.715	336	1.020	3.860
Vel. Max (km/h)	14.893	180	20	130	317
Diâmetro (mm)	14.893	1.730	83	1.495	2.022
Motor - Cilindros	14.893	4	1	3	8
Motor - Litros	14.893	2	1	1	6
Motor - Válvulas	14.893	3	1	2	5
Potência (CV)	14.893	127	53	64	571
Aceleração (s)	14.893	11	2	4	19
Cap. de Carga	14.893	414	151	113	1.047
Motor - Diâmetro	14.893	79	7	67	103
Potência (RPM)	14.893	5.653	550	600	7.400
Garantia	14.893	27	16	12	72
Potência torque)	14.893	3.627	1.043	1.200	5.600

Tabela 11 – Tabela com as estatísticas descritivas das variáveis usadas no modelo

Como em Grigolon et al. (2014) tanto o preço dos veículos como o gasto total com combustível durante a vida do veículo foram duvidadas pela renda de cada um dos mercados. Como aproximação da renda foi utilizada a PIB per capita de cada estado em cada ano.

Para resolver o problema da endogeneidade dos preços na equação 4.2 é necessário encontrar um conjunto de instrumentos para o preço dos carros. Isso é, variáveis que estejam correlacionadas com as variáveis endógenas, mas não devem ter correlação com o termo de erro da equação principal. Como instrumentos do preço e do nichos do mercado foram usados os instrumentos sugeridos por [Berry, Levinsohn e Pakes \(1995\)](#), isto é, a própria característica do carro, a soma de características de outros carros do mesmo fabricante e soma das características de outros carros de outros fabricantes. Ou seja, para cada característica presente no vetor  $x_{jt}$  da 4.2, foi calculada a soma da mesma característica para carros da mesma marca, e também a soma dessa característica para carros de marcas diferentes. Essas somas além da própria característica do carro foram usados como instrumentos.

[Berry, Levinsohn e Pakes \(1995\)](#) justificam intuitivamente a utilização dos instrumentos aqui usados dizendo que diferentes produtos respondem de forma diferentes a mudanças nas características próprias e em mudanças nas características de rivais. Assim, um bom conjunto de instrumentos deve distinguir entre mudanças de marcas da própria firma ou de firmas rivais.

Além disso foram incluídas dummies para cada um dos 135 mercados relevantes (27 estados observados durante cinco anos), e também dummies pra cada fabricante de veículos. O modelo foi estimado usando o Generalized Method of Moments (GMM) em dois estágios.

A abertura geográfica usada foi de estados, e a periodicidade anual. Então cada mercado é um par estado/ano. Além disso, para que seja possível calcular os shares de cada veículo e o share do bem externo é necessário definir o mercado potencial de veículos. Ele foi definido como sendo um quinto do total de pessoas que possuem carro em cada um dos mercados (ano/estado).

A tabela 12 mostra o resultado das principais variáveis de interesse da regressão feita. A tabela completa pode se vista no Apêndice I. A maioria das variáveis é significativa até 1% de significância.

A tabela 13 mostra a elasticidade de preço própria para alguns dos modelos. A elasticidade de preço própria média de cada modelo encontrada nessa regressão foi de -4,7143, que está em concordância com a elasticidade que geralmente é encontrada no mercado de veículos novos.

Além disso, apenas 1,1% dos modelos das base tiveram uma elasticidade de preço própria maior do que -1, que os coloca na parte inelástica da curva de demanda. A grande maioria dos modelos portanto, apresenta uma elasticidade de preço inferior a -1, como era de se esperar.

Lembrando que o resultado de interesse nessa equação é a razão entre o coeficiente



Variável ind.	Coef. (Std. Err.)
Preço/Renda	-0.0964*** (0.0164)
Gasto total/renda	-0.0571** (0.0247)
M_lsjg	0.0547*** (0.0104)
$R^2$	0.5623
N	14047
F - Primeiro Estágio (preço)	363.41
F - Primeiro Estágio (M_lsjg)	123.07
GMM C statistic	2107.31 (p = 0.0000)
Hansen's J	1571.06 (p = 0.0000)

Significância \* (0.10), \*\* (0.05), \*\*\*(0.01)

Tabela 12 – Tabela com os valores dos principais coeficientes estimados

Modelo	Elasticidade
207 1.6	-5,94
Golf 1.6	-6,75
Gol 1.0	-3,18
Mille 1.0	-2,77
Logan 1.6	-4,17
Siena 1.4	-4,60
Palio 1.6	-5,04
KA 1.0	-3,19
Fiesta 1.0	-3,77
Idea 1.6	-5,65

Tabela 13 – Tabela com algumas das elasticidades pre preço próprias encontradas

do preço  $\eta$  e coeficiente do gasto total com combustível  $\gamma$ .

$$econ = \frac{\gamma}{\eta} \quad (4.3)$$

Como discutido anteriormente, se o consumidor der a mesma importância a 1 real economizado no momento da compra do carro e a 1 real, trazido a valor presente, de economia que fará ao comprar um carro mais eficiente, essa razão deve ser igual a 1. Um valor menor que 1 indica uma subvalorização da economia de combustível, enquanto analogamente, um valor maior que 1 indicaria uma supervalorização dessa economia.

O valor encontrado é de 0,5925, ou seja, o consumidor estaria disposto a pagar 59 centavos de real no momento da compra do carro novo para economizar 1 real com

economia de combustível. Esse resultado está em linha com boa parte da literatura, que também apontam uma subvalorização com economia energética. Allcott e Wozny (2009), usando um modelo bem parecido com o utilizado nesse trabalho encontram, da mesma forma, uma subvalorização da economia de combustível. O valor que eles encontram no mercado americano de carros usados é de 61%, bem parecido com os 59% que foi encontrado por esse trabalho.

É interessante notar que as regressões por preços hedônicos, feitas anteriormente nesse trabalho, chegaram a resultados bem semelhantes ao encontrado pelo modelo de demanda. Foram feitas duas regressões de preços hedônicos, uma por OLS, onde foi encontrada uma subvalorização de 59% na economia de energia, e outra regressão semi paramétrica, onde foi encontrada uma subvalorização de 72%.

Uma possível explicação para esse efeito pode ser a utilização de uma taxa de desconto diferente por parte do consumidor no momento de avaliar a economia que fará ao adquirir um carro mais econômico. Na próxima seção estão algumas simulações que tentam encontrar a taxa de desconto que seria usada pelos consumidores.

#### 4.2.1 Simulação para diferentes taxas de juros

Como visto, se for usada a taxa SELIC como fator de desconto dos consumidores, os resultados apontam para uma sub estimação para os gastos com combustível, é válido se perguntar qual seria então a taxa de desconto que os consumidores em média utilizam para avaliar os gastos que terão com combustível ao longo da vida do veículo.

Allcott e Wozny (2009) levantam essa mesma questão, para resolve-la fazem algumas simulações com diferentes taxas de desconto, para procurar o valor da taxa de desconto que faça com que  $\gamma/\eta = 1$ . Lembrando que a taxa de desconto usada inicialmente foi a taxa SELIC do período.

Taxa de Desconto	$\gamma/\eta$
10,4	0,59
15,6	0,73
20,8	0,86
23,4	0,93
<b>26,0</b>	<b>1,00</b>
27,1	1,03
27,6	1,04
28,6	1,07

Tabela 14 – Tabela com o resultado das simulações para diferentes taxas de desconto

Assim, como era de se esperar conforme é aumentada a taxa de desconto no cálculo do total gasto com combustível, a relação entre  $\gamma$  e  $\eta$  também aumenta. O modelo foi

inicialmente estimado utilizando uma taxa SELIC como taxa de desconto. Ao utilizar a SELIC, a taxa média ficou em 10,4% ao ano.

Então a regressão foi rodada algumas outras vezes com valores crescentes para a taxa de desconto, com o objetivo de encontrar a taxa que faria com que  $\gamma/\eta = 1$ , ou seja, nesse caso o consumidor estará disposto a pagar 1 real a mais no momento de comprar o carro para obter 1 real, trazido a valor presente, de economia com combustível.

Apenas quando a taxa de desconto chega a 26% ao ano, ou seja cerca de 150% maior do que a SELIC é que  $\gamma/\eta = 1$ . Allcott e Wozny (2009) ao fazerem o mesmo tipo de exercício encontram uma taxa de 27% ao ano, porém eles analisaram o mercado de carros americanos.

Mas é interessante notar que essa taxa de juros encontrada através da simulação é bastante parecida com a taxa de juros efetiva que o consumidor encontra ao adquirir de um carro novo no Brasil. O Banco Central do Brasil disponibiliza séries históricas da taxa média que o consumidor encontra para diferentes operações de crédito. Entre elas está a taxa média que os bancos cobram do consumidor quando ele pretende adquirir um veículo novo.

A tabela 15 mostra as diferentes taxas de juros. A primeira coluna tem a taxa básica da economia, a SELIC, a segunda coluna tem a taxa de juros média que o consumidor encontra na aquisição de novos veículos e a terceira coluna é o valor calculado através da simulação feita.

Ano	Selic	Taxa Veículos	Taxa calculada
2006	14,93	33,54	37,34
2007	12,05	29,78	30,12
2008	12,45	32,69	31,11
2009	10,12	28,02	25,30
2010	9,89	23,92	24,74
2011	11,75	27,19	29,38
2012	8,64	22,24	21,60
2013	8,28	20,53	20,69
2014	10,86	23,00	27,16

Fonte: Banco Central do Brasil - Elaboração Própria

Tabela 15 – Tabela com valores das taxas de juros no Brasil

É interessante notar que os valores da taxa calculado pelas simulações e a taxa efetiva de juros para aquisição de veículos novos são bastante parecidas. Em especial, nos anos que a base de dados usada possui dados disponíveis (de 2008 até 2012), a média das taxas de juros efetivas para compra de um veículo novo foi de 26,8%, bastante semelhante aos 26% ao ano encontrada através da simulação. Nesse mesmo período a média da taxa SELIC foi de 10,4% ao ano.

Dessa forma, no caso brasileiro, onde as taxas cobradas para empréstimos são muito superiores a taxa básica de juros da economia pode ser razoável imaginar que o consumidor não utilize a taxa SELIC não seja usada de efetivamente pelo consumidor como taxa de desconto. Se considerarmos que o consumidor usa a taxa de juros que ele encontra para financiar o seu carro novo como a taxa de desconto que ele usa ao avaliar os gastos futuros com combustível, não seriam encontrados sinais de subavaliação da economia energética.

## 5 Conclusão

Esse trabalho busca entender como o consumidor precifica a economia de combustível que terá ao comprar um carro mais eficiente. Essa é uma discussão já um tanto antiga na literatura econômica, desde [Hausman \(1979\)](#), que procurava entender esse efeito da eficiência energética no mercado de ar condicionado, até papers bem recentes como [Sallee, West e Fan \(2015\)](#) e [Adenbaum, Copeland e Stevens \(2015\)](#) por exemplo. Então apesar de antiga, essa é uma discussão ainda muito atual, pois caso a subvalorização da economia por parte do consumidor seja real, há impactos no tipo de política pública que deve ser feita para amenizar as externalidades produzidas por carros.

A questão central que esse trabalho procura responder é quantos reais o consumidor está disposto a pagar a mais no momento da compra de um veículo novo para obter um real de economia com combustível durante a vida o veículo. A resposta encontrada pela literatura a essa questão não é unânime, existem trabalhos que não acham subvalorização alguma por parte dos consumidores, porém maior parte da literatura encontra que de fato, há uma subvalorização da economia com ganho de eficiência energética quando o consumidor escolhe um modelo de carro para comprar.

Nesse trabalho, utilizando uma base de dados de vendas de veículos novos no Brasil, a questão em análise foi respondida utilizando-se diferentes abordagens econométricas: regressões de preços hedônicos, paramétrica e semi paramétrica e também através de um modelo de demanda aninhado e com a utilização de variáveis instrumentais.

A conclusão de todas as regressões feitas converge. As três regressões feitas encontram resultados bem semelhantes. Na regressão de preços hedônicos feita por mínimos quadrados foi encontrada uma subvalorização de 59% da economia de combustível ao se comprar um carro mais eficiente. Já na regressão de preços hedônicos semi paramétrica, a subvalorização foi um pouco menor, de 72%. Já o resultado encontrado com o modelo de demanda foi exatamente igual ao modelo de preços hedônicos por mínimos quadrados, 59%.

Como discutido anteriormente não há um claro consenso na literatura sobre qual valor esperar para essa subvalorização com economia de combustível, existindo inclusive alguns trabalhos que apontam que nem há essa subvalorização, como por exemplo [Sallee, West e Fan \(2015\)](#). Mas os valores encontrados por esse trabalho (de 59% até cerca de 70%) estão em linha com a maior parte da literatura no tema. Por exemplo, [Allcott e Wozny \(2009\)](#) encontram 61%, [Adenbaum, Copeland e Stevens \(2015\)](#) encontram 80%, [Grigolon et al. \(2014\)](#), encontram 88%.

Apesar desse ser um tema antigo, e com diversos trabalhos na literatura mundial,

não existe nenhum outro que analise o mercado de carros brasileiro. Se faz portanto, indispensável um melhor entendimento de como o consumidor brasileiro se comporta no momento da escolha de um novo veículo, pois se a subvalorização da economia com carros mais eficientes de fato existir, como aponta esse trabalho, pode ser que apenas um imposto sobre o preço do combustível, que é o que acontece hoje, não seja a forma mais eficiente de lidar com as externalidades produzidas por carros.

Uma possível explicação para essa subavaliação é o fato do consumidor não usar efetivamente a taxa SELIC como taxa de desconto no momento de avaliar os gastos futuros com combustível. Essa premissa faz bastante sentido em países como o Brasil, em que as taxas cobradas ao consumidor são bem maiores do que a taxa básica de juros da economia. A simulação feita neste trabalho mostra que se no lugar da SELIC o consumidor utilizar a taxa média cobrada para financiar um veículo novo não haverá subavaliação dos gastos com economia de combustível.

## Referências

- ADENBAUM, J.; COPELAND, A.; STEVENS, J. Do truckers undervalue fuel efficiency? In: *IIOC 2015*. Boston: [s.n.], 2015.
- ALLCOTT, H.; WOZNY, N. Gasoline Prices , Fuel Economy, and the Energy Paradox. 2009.
- ANDERSON, S. T.; KELLOGG, R.; SALLEE, J. M. What do consumers believe about future gasoline prices? *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 66, n. 3, p. 383–403, 2013. ISSN 00950696. Disponível em: <http://www-personal.umich.edu/~kelloggr/YJEEM1802.p>.
- ANDERSON, S. T.; SALLEE, J. M. *Designing Policies to Make Cars Greener: A Review of the Literature*. Cambridge, MA, 2016. 1–26 p. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1406.3533http://www.nber.org/papers/w22242.pdf>.
- BAJARI, P.; BENKARD, C. L. Demand Estimation with Heterogeneous Consumers and Unobserved Product Characteristics: A Hedonic Approach. *Journal of Political Economy*, v. 113, n. 6, p. 1239–1276, 2005. ISSN 0022-3808.
- BASTANI, P.; HEYWOOD, J. B.; HOPE, C. U.S. cafe standards - Potential for meeting light-duty vehicle fuel economy targets, 2016-2025. n. January 2012, 2012.
- BENTO, A. M.; LI, S.; ROTH, K. Is there an energy paradox in fuel economy? A note on the role of consumer heterogeneity and sorting bias. *Economics Letters*, Elsevier B.V., v. 115, n. 1, p. 44–48, 2012. ISSN 01651765. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.econlet.2011.09.034>.
- BERRY, S.; LEVINSOHN, J.; PAKES, A. Automobile Prices in Market Equilibrium. *Econometrica*, v. 63, n. 4, p. 841–890, 1995.
- BERRY, S. T. Estimating Discrete-Choice Models of Product Differentiation. *RAND Journal of Economics*, v. 25, n. 2, p. 242–262, 1994.
- BRUNI, A. d. C.; BALES, M. P. *Curvas de intensidade de uso por tipo de veículo automotor da frota da cidade de São Paulo*. [S.l.], 2013. Disponível em: <http://veicular.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/35/2013/12/curvas-intensidade-uso-veiculos-automotores-cidade-sao-paulo.pdf>.
- CETESB. Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2013. (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103). 2014. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/emissao-veicular/48-relatorios-e-publicacoes>.
- GILLINGHAM, K.; PALMER, K. Bridging the energy efficiency gap: Policy insights from economic theory and empirical evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*, v. 8, n. 1, p. 18–38, 2014. ISSN 17506816.
- GRIGOLON, L. et al. Consumer valuation of fuel costs and the effectiveness of tax policy : Evidence from the European car market Consumer valuation of fuel costs and the e effectiveness of tax policy : Evidence from the European car market. n. December, 2014.

- HAUSMAN, J. A. Individual Discount Rates and the Purchase and Utilization of Energy-Using Durables. *The Bell Journal of Economics*, v. 10, n. 1, p. 33–54, 1979. ISSN 0361-915X. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3003318>{\%}5Cnhttp://www.jstor.org/stable/pdfplus/3003318.pdf?acceptTC=t}.
- PARRY, I. W. H. et al. Are energy efficiency standards justified? *Journal of Environmental Economics and Management*, p. 67:104–125, 2014.
- PARRY, I. W. H.; SMALL, K. A. Does Britain or The United States Have the Right Gas Tax? *Energy*, n. November, 2002.
- PARRY, I. W. H.; WALLS, M.; HARRINGTON, W. Automobile Externalities and Policies. *Journal of Economic Literature*, v. 45, n. 2, p. 373–399, 2007. ISSN 0022-0515. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/pdf/27646797>}.
- SALLEE, J. M.; WEST, S. E.; FAN, W. Do Consumers Recognize the Value of Fuel Economy? Evidence from Used Car Prices and Gasoline Price Fluctuations. 2015.
- SANDMO, A. Pigouvian taxes. In: DURLAUF, S. N.; BLUME, L. E. (Ed.). *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2008.
- SOUZA, H. M. D. et al. Reflexões Sobre Os Principais Programas Em Eficiência Energética Existentes No Brasil. *Revista Brasileira de Energia*, v. 15, p. 7–26, 2009.
- WHITEFOOT, K.; FOWLIE, M.; SKERLOS, S. Evaluating U . S . Reformed Corporate Average Fuel Economy Standards with Endogenous Product Attributes 1 Introduction. *Fuel*, p. 1–43, 2010.



# APÊNDICE A – Tabela Coeficientes da Regressão de Demanda

Variável ind.	Coef. (Std. Err.)
Preço/Renda	-0.0964*** (0.0164)
Gasto total/renda	-0.0571** (0.0247)
M_lsjpg	0.0547*** (0.0104)
Peso	-0.0014*** (0.0001)
Velociade max	-0.0275*** (0.0016)
Largura	0.0037*** (0.0003)
Motor - num. Cil.	0.4330*** (0.0673)
Motor - litros	-0.5857*** (0.1083)
Motor - válvulas	-0.3652*** (0.0266)
Motor - Potência	0.0005 (0.0011)
Acelaração	-0.0935*** (0.0123)
Carga total	0.0019*** (0.0001)
Motor - Diâmetro	-0.0557*** (0.0072)
RPM máx	-0.0001*** (0.0000)
Garantia	-0.0014 (0.0023)
Torque Máx	0.0001*** (0.0000)
$R^2$	0.5623
N	14047
F - Primeiro Estágio (preço)	363.41
F - Primeiro Estágio (M_lsjpg)	123.07
GMM C statistic	2107.31 (p = 0.0000)
Hansen's J	1571.06 (p = 0.0000)

Significância \* (0.10), \*\* (0.05), \*\*\*(0.01)

Tabela 16 – Tabela com os valores dos principais estimados na regressão de demanda

# Anexos



# ANEXO A – Impacto da isenção de IPVA para carros novos no Distrito Federal.

## A.1 Introdução

Esse trabalho procura investigar o impacto que a isenção dada no Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) para carros novos no Distrito Federal, a partir de janeiro de 2012 teve nas vendas de carros novos no estado.

O IPVA é um imposto que incide sobre a propriedade de veículos, ou seja, os proprietários de veículos automotores são as pessoas que devem pagá-lo. Esse imposto incide sobre o valor venal do veículo, e cada estado tem autonomia para definir a alíquota que cobra.

Antes de 2012, a alíquota do IPVA cobrada pelo Distrito Federal era de 3%. Aprovada nos últimos dias de dezembro de 2011, a Lei nº 4.733 concede isenção no primeiro ano do imposto para veículos novos comprados no estado. Porém, nos três anos subsequentes à aquisição do veículo, o proprietário teria de pagar uma alíquota 0,5% maior do que a anterior, de 3,5%. Para ter direito a esse benefício o comprador do carro não deveria ter nenhuma dívida com a Secretaria da Fazenda, e além disso, a concessionária que realizar a venda não podem possuir nenhum débito com a Receita Federal. O objetivo do governo do Distrito Federal era incentivar a venda de veículos no estado, e tentar atrair pessoas que anteriormente comprariam seus carros nos estados vizinhos.

Para investigar se essa medida foi bem sucedida, temos à disposição uma base de emplacamentos de carros mensais e vai de janeiro de 2008 a maio de 2013. A base tem uma abertura estadual. Para isso será utilizado o método de diferenças em diferenças. A primeira abordagem será utilizar estados que possuem 3% de alíquota de IPVA, (a mesma que o Distrito Federal antes da isenção) e que não sofreram alterações como grupos de controle. Além disso, também será utilizada a abordagem de controle sintético para tentar construir um grupo de controle que se aproxime do grupo de tratamento.

## A.2 Metodologia

O objetivo desse trabalho é investigar se a medida adotada pelo governo do Distrito Federal em 2012 de dar isenção ao primeiro ano de IPVA para carros novos, teve um impacto positivo, como era esperado pelo governo, na venda de carros novos no Distrito Federal. Para procurar responder essa questão, será utilizado o método de Diferenças em Diferenças.

A estrutura geral do método pode ser descrito pelo equação abaixo.

$$Y_{it} = \alpha + \beta T_i t + \rho T_i + \gamma t + \epsilon_{it} \quad (\text{A.1})$$

Onde  $t$  é uma dummy de tempo, que assume valor 1 para períodos posteriores ao tratamento e 0 para valores anteriores e  $T_i$  é uma dummy que assume valor 1 para o estado tratado, Distrito Federal nesse caso, e zero para o controle. Nesse caso, o parâmetro  $\beta$  é exatamente o efeito causal da política.

Para que a equação 1 faça sentido é preciso estar seguro que o grupo de controle tem um comportamento semelhante ao grupo tratado. Para isso é necessário comparar a trajetória da variável dependente antes do tratamento. Se as trajetórias do grupo de controle e do grupo tratado se comportarem de forma semelhante antes do tratamento, pode-se acreditar que o grupo de controle de fato seja uma boa aproximação. Nesse caso, o grupo de controle após o tratamento representa o resultado do grupo de tratamento na ausência de tratamento, e portanto, a diferença observada entre os grupos de controle e de tratamento após o tratamento é o efeito do tratamento.

Uma primeira abordagem é tentar utilizar como grupo de controle estados que possuem 3,0% de alíquota de IPVA e que não sofreram alterações na sua alíquota nos últimos anos. Esses estados são: Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Amapá, Maranhão, Amazonas, Tocantins e Rondônia. Como esses estados possuíam uma alíquota de imposto igual ao do Distrito Federal, e não sofreram alteração no período observado, então são bons candidatos a grupo de controle, pois a intervenção ocorreu apenas no estado tratado. Se as vendas de carros nesses estados possuírem uma trajetória semelhante à observada no Distrito Federal antes de 2012, então a hipótese de que são um bom grupo de controle ganha força e é de se esperar que desvios nas trajetórias posteriores à 2012 se devam exatamente a intervenção.

Porém as vendas de carros em Amapá, Tocantins e Rondônia são bem menores do que a dos outros estados, então não foram incluídos na análise. A comparação foi feita apenas com os estados de Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Maranhão e Amazonas.

Para que seja possível utilizar esses estados como grupo de controle é necessário verificar se eles respeitam a premissa de tendência comum com o Distrito Federal. Isso é, se o comportamento do emplacamento de veículos nesses estados tem um comportamento parecido com o observado no Distrito Federal antes da política. Se isso for observado, então eles podem ser usados como controle, e o comportamento deles após a política pode ser usada para estimar o efeito da política no grupo de tratamento.

As figuras 1, 2, 3 e 4 mostram a evolução dos emplacamentos de carros no Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Maranhão e Amazonas respectivamente e comparados com o Distrito Federal. Não é difícil de ver uma variação parecida no período anterior

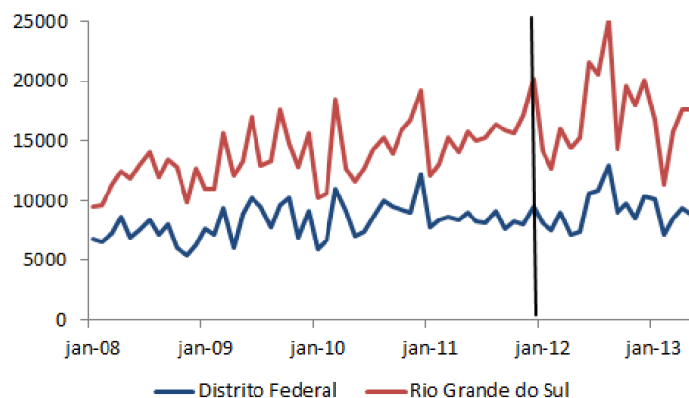


Figura 13 – Gráfico de empregos no Distrito Federal e no Rio Grande do Sul

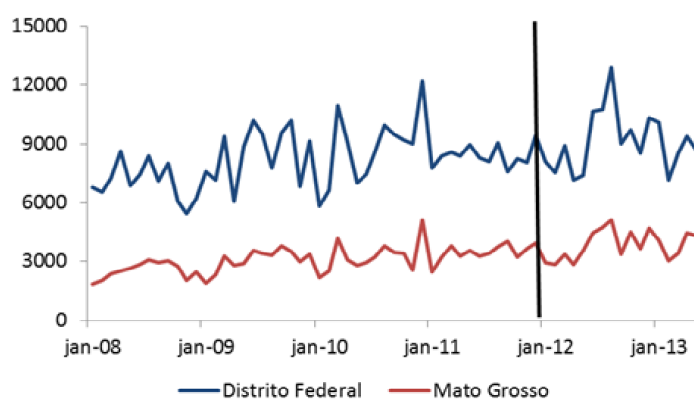


Figura 14 – Gráfico de empregos no Distrito Federal e no Mato Grosso

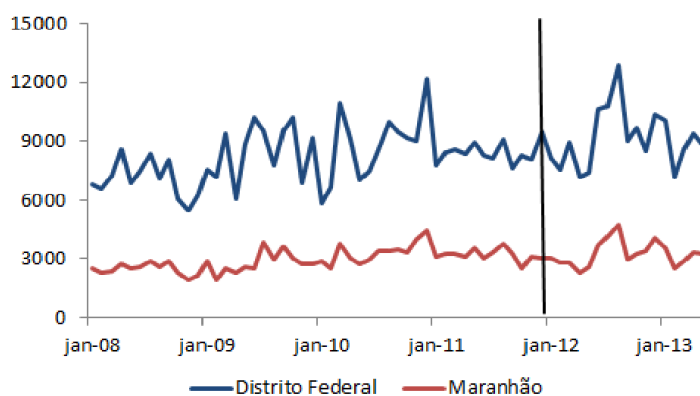


Figura 15 – Gráfico de empregos no Distrito Federal e no Maranhão

a intervenção, em especial nos estados de Rio Grande do Sul e de Mato Grosso. Esse comportamento visto nos gráficos é um indicativo de que esses estados respeitam a hipótese de tendência comum, e portanto, podem ser considerados bons grupos de controle, e que o que aconteceu com eles nos períodos subsequentes ao tratamento pode ser considerado como o resultado do grupo de tratamento na ausência de tratamento.

Outra abordagem possível é utilizar o método de controle sintético para obter o

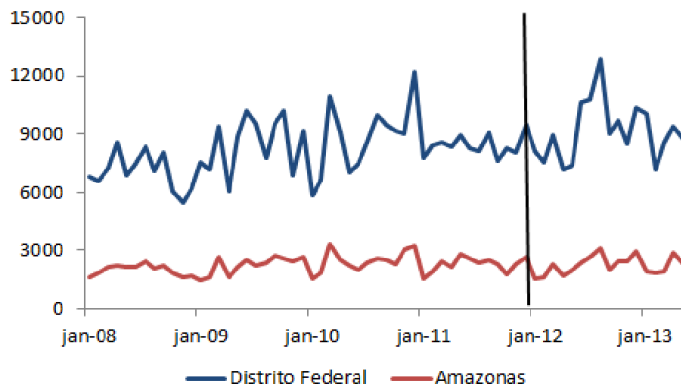


Figura 16 – Gráfico de emplacamentos no Distrito Federal e no Amazonas

grupo de controle. Nesse caso, ao invés de utilizar apenas um estado como grupo de controle, é construído um controle utilizando diversos estados, com diferentes pesos, para que se chegue a uma aproximação do grupo de tratamento. Para esse trabalho foram feitos dois grupos sintéticos, primeiro apenas com os estados citados anteriormente, e depois com todos os estados.

### A.3 Resultados

Foram feitas regressões para estimar o impacto da política de isenção do primeiro ano de IPVA para carros novos no Distrito Federal. A princípio, quatro regressões foram feitas, com cada um dos estados apresentados anteriormente como grupo de controle. A equação estimada foi:

$$Y_{it} = \alpha + \beta T_{it} + \rho T_i + \gamma t + Dummies + \epsilon_{it} \quad (A.2)$$

Onde foram adicionadas dummies para cada mês.

	DF_MT	DF_RS	DF_MA	DF_AM
Efeito	164,827 (397,03)	-2297,833*** (761,08)	616,8 (403,62)	926,314** (389,14)
Tratamento	888,747*** (282,38)	3548,417*** (541,30)	420,967 (287,07)	104,245 (276,77)
Estado	5094,938*** (203,04)	-5691,167*** (389,22)	5252,729*** (206,42)	5950,333*** (199,01)
Constante	2268,394*** (311,83)	12024,000*** (597,77)	2462,263*** (317,02)	1489,033*** (305,64)
R-squared	0,876	0,772	0,882	0,912
N	130	130	130	130

Figura 17 – Tabela com o resultado da regressão para os diferentes grupos de controle



Como é possível ver na tabela acima, para Mato Grosso e para o Maranhão, não foi possível encontrar um efeito significativo. Para o Rio Grande do Sul, existe sim um efeito e é significativo, porém o resultado encontrado é negativo. O único resultado positivo e significativo encontrado foi com o Amazonas.

Uma alternativa para se construir um grupo de controle mais confiável é através do controle sintético. Primeiro, foram usados apenas aqueles estados que possuíam uma alíquota de IPVA igual ao do Distrito Federal antes da intervenção. São os estados de Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Amazonas e Maranhão. O controle sintético é uma média ponderada desses estados, de forma que os pesos escolhidos minimizem a distância entre essa média e o grupo de tratamento. Foi usada a rotina do STATA para fazer essa ponderação.

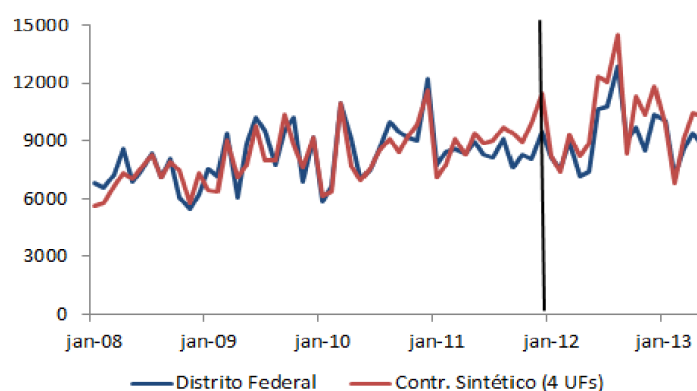


Figura 18 – Gráfico de emplacamentos no Distrito Federal e para o Controle Sintético com 4 estados

Como pode ser visto na Figura 6, a ponderação deixou as duas curvas bem próximas, tendo um comportamento bem semelhante. Porém, após o tratamento os emplacamentos no Distrito Federal parece ter ficado sistematicamente menores do que os observados no grupo de controle sintético.

Esse comportamento pode ser visto na Figura 7. Antes da intervenção a diferença está bem distribuída, com períodos positivos e negativos. Porém, após a intervenção a diferença fica predominantemente negativa, ou seja, se o grupo de controle sintético for no período posterior ao tratamento uma boa aproximação para o grupo de tratamento sem tratamento, então parece que o tratamento teve um efeito negativo nas vendas de carros novos no Distrito Federal. Esse resultado é exatamente oposto do esperado pelo formulador da política, que esperava que houvesse um aumento no emplacamento após a política. Mas está em linha com o resultado encontrado pela regressão feita apenas com o Rio Grande do Sul como grupo de controle.

Da mesma forma que descrito anteriormente, também foi feita a ponderação para a construção do controle sintético utilizando todos os estados do Brasil.

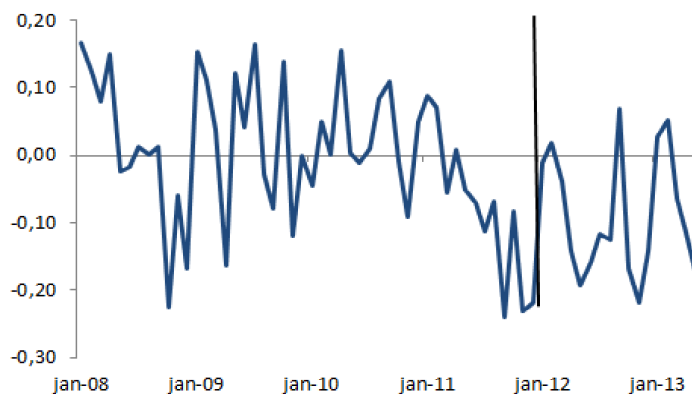


Figura 19 – Gráfico da diferença percentual entre o tratamento e o Controle Sintético com 4 estados

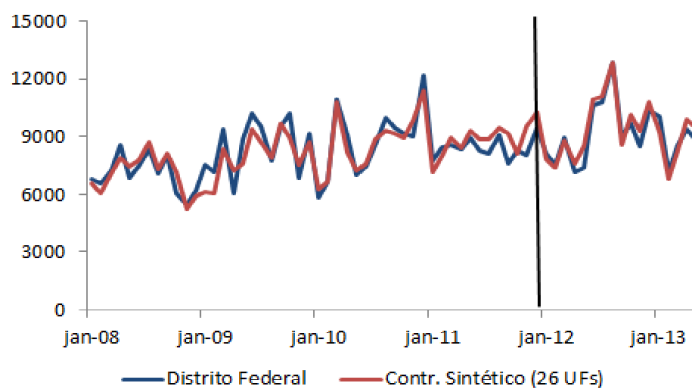


Figura 20 – Gráfico de emplacamentos no Distrito Federal e para o Controle Sintético com 26 estados

Da mesma forma, é possível ver através do gráfico 8 que o comportamento das duas curvas antes do tratamento é bem semelhante. Como foram adicionados vários outros estados na ponderação, era mesmo de se esperar que as variações do grupo de controle e do tratamento fossem mais parecidas do que as encontradas no gráfico 6. Porém é difícil de concluir algo após o tratamento. As duas curvas parecem continuar andando bem juntas.

O gráfico 9 é novamente a diferença percentual entre o grupo tratado e o controle sintético, mas dessa vez construído com todos os estados. É difícil de estabelecer o resultado da política observando a diferença entre os grupos após o tratamento. Nesse caso, a tendência negativa observado no caso em que controle sintético tinha apenas os quatro estados não é mais observada. Mas também não é possível observar claramente um efeito positivo, como o esperado pelo formulador da política.

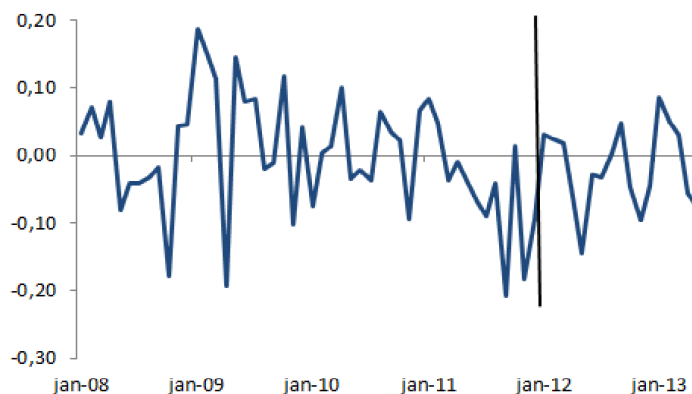


Figura 21 – Gráfico da diferença percentual entre o tratamento e o Controle Sintético com 26 estados

## A.4 Conclusão

Para tentar entender o efeito que a isenção de IPVA para carros novos causou na venda de carros no Distrito Federal foram feitas diversas análises, e não foi possível encontrar um argumento convincente de que a política tenha surtido o efeito esperado, que era de aumentar as vendas dos carros novos.

Numa primeira abordagem foi utilizado a técnica de diferenças em diferenças, utilizando os estados com o mesmo IPVA do Distrito Federal como grupo de controle. Nessa primeira análise, apenas quando Mato Grosso foi utilizado como controle foi possível encontrar um efeito positivo e significativo da política. Para os demais estados, ou não foi encontrado efeito algum, ou um efeito negativo, o oposto do que era esperado.

Além disso também foram construídos dois grupos de controle sintéticos. O primeiro grupo era uma ponderação dos estados que possuíam a mesma alíquota de IPVA que o Distrito Federal antes da isenção. E o segundo foi uma ponderação com todos os estados do Brasil. Os dois grupos estavam bem ajustados, com um comportamento bem parecido com o grupo de tratamento, obedecendo assim a hipótese de tendência comum, necessária para o método de diferenças em diferenças. Mas da mesma forma que no exercício anterior não foi possível observar um efeito positivo nos emplacements devido à política. Inclusive, para o grupo com quatro estados, é possível observar um efeito negativo.