



## **IMPACTO DOS PREÇOS E DA RENDA NA DEMANDA POR ETANOL HIDRATADO, GASOLINA C E AMBOS ENTRE 2003 E 2011. UMA ANÁLISE UTILIZANDO TÉCNICA ECONOMETRICA DE DADOS EM PAINEL.**

**Sérgio Rangel Fernandes Figueira <sup>1</sup>**

### **RESUMO**

Os combustíveis fósseis têm sido responsabilizados como grandes causadores da emissão de gases geradores do efeito estufa. O etanol hidratado, biocombustível produzido a partir da cana-de-açúcar, tem o potencial de reduzir a emissão destes gases. No entanto, a cultura da cana-de-açúcar utiliza herbicida e fertilizante que também impacta no meio ambiente. Na década de 2000, ocorreu grande crescimento do consumo de combustíveis automotivos, etanol hidratado e gasolina C, gerados pelo crescimento da renda do brasileiro, pelo maior acesso ao crédito para a compra de automóveis e pela redução dos preços reais da gasolina como decorrência da política de preços da Petrobras desde 2008. O objetivo do trabalho foi utilizar dados em painel para se analisar o impacto do preço dos combustíveis e da renda na demanda por combustíveis automotivos e pelo impacto do preço do etanol hidratado, da gasolina e da renda sobre a demanda por gasolina C e etanol hidratado entre 2003 e 2011. A demanda por combustíveis automotivos se mostrou inelástica em relação ao preço dos combustíveis, com valor de -0,35, e com relação a renda, com valor de 0,35. Ao analisar a demanda por gasolina C, a elasticidade preço da gasolina apresentou coeficiente de -0,44, o coeficiente da elasticidade preço do etanol hidratado foi de 0,09 e a elasticidade renda foi de 0,29. Quanto as elasticidades do etanol hidratado, não se obteve um modelo que se adequasse a todas as exigências da econometria clássica para validar os coeficientes de um modelo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Elasticidades. Demanda de combustíveis líquidos automotivos. Demanda de gasolina.

### **IMPACT OF STATE PRICES AND INCOME IN THE DEMAND FOR HYDROUS ETHANOL, GASOLINE AND BOTH C BETWEEN 2003 AND 2011. AN ECONOMETRIC ANALYSIS USING PANEL DATA TECHNIQUE.**

### **ABSTRACT**

---

<sup>1</sup>Doutor, Professor Assistente Doutor na UNESP do Câmpus de Jaboticabal. [figueira@fcav.unesp.br](mailto:figueira@fcav.unesp.br).



*Fossil fuels have been causing emission of gases causing the greenhouse. The hydrated ethanol, biofuel made from sugar cane, has the potential to reduce the emission of gases causing the greenhouse effect. However, the culture of sugar cane uses herbicides and fertilizers which also impacts in the environment. In the 2000s, there was significant growth in the consumption of automotive fuels (hydrated ethanol and gasoline C) generated by income growth in Brazil, increased access to credit for the purchase of automobiles in the country and the reduction in real gasoline prices as a result the pricing policy of Petrobras since 2008. The research goal was to use panel data to analyze the impact of fuel prices and income on the demand for automotive fuels and the impact of the price of hydrated ethanol, gasoline c and income in the demand for gasoline C and hydrated ethanol between 2003 and 2011. The demand of fuel proved inelastic price, with a value of -0.35, and with respect to income, the value was 0.35. By analyzing the demand for gasoline C, the price elasticity of gasoline showed coefficient -0.44, the coefficient of price elasticity of hydrated ethanol was 0.09 and the income elasticity was 0.29. No model has been approved by all the classical econometric tests to validate the values of the coefficients.*

**KEY-WORDS:** *Elasticities. Demand for automotive liquid fuels. Gasoline C demand.*

## **IMPACTO DE LOS PRECIOS ESTATALES Y LOS INGRESOS DE LA DEMANDA DE ETANOL HIDRATADO, GASOLINA C Y AMBOS ENTRE 2003 Y 2011. UN ANÁLISIS ECONOMETRICO UTILIZANDO LA TÉCNICA DE DATOS DE PANEL.**

### **RESUMEN**

*Los combustibles fósiles han sido culpado como una de las principales causas de la emisión de gases que causan el efecto invernadero. El etanol hidratado, biocombustible producido a partir de caña de azúcar, tiene el potencial de reducir la emisión éstos gases. Sin embargo, su producción requiere el uso los herbicidas y fertilizantes que también impacta en el medio ambiente. En la década de 2000, hubo un crecimiento significativo en el consumo de combustibles de automoción, etanol hidratado y gasolina C, generadas por el crecimiento del ingreso en Brasil, por el mayor acceso al crédito para la compra de automóviles y la reducción de los precios reales de la gasolina desde 2008. El objetivo de la investigación fue utilizar datos de panel para analizar el impacto de los precios del combustible y del ingreso en la demanda de combustibles de automoción. También se analizan el impacto del precio del etanol hidratado, del gasolina C y del ingreso en la demanda de gasolina C y etanol hidratado entre 2003 y 2011. La elasticidad precio de la demanda de combustibles fue -0,35, y el valor de la elasticidad-ingreso fue de 0,35. La elasticidad precio de la gasolina fue de -0.44, el coeficiente de elasticidad de los precios de etanol hidratado fue de 0,09 y la elasticidad-ingreso fue de 0,29. Como elasticidades de etanol hidratado, no había un modelo que se ajuste a todos los requisitos de la econometría clásicos para validar los coeficientes de un modelo.*



**PALABRAS-CLAVE** *Las elasticidades. La demanda de combustibles líquidos de automoción. La demanda de gasolina C.*

## INTRODUÇÃO

O uso da gasolina, combustível fóssil obtido a partir do Petróleo, vem sendo apontado como um dos grandes causadores do efeito estufa. O uso do etanol hidratado produzido a partir da cana-de-açúcar reduz a emissão de gases causadores do efeito estufa. No entanto, a produção canavieira utiliza herbicidas e fertilizantes impactando na água e no solo (Szmrecsányi et al. (2008). Portanto, o crescimento da demanda por gasolina e/ou por etanol hidratado trará algum tipo de impacto ambiental.

A demanda por combustíveis líquidos automotivos (etanol hidratado e gasolina C) passou por crescimento na década de 2000 impulsionados pelo crescimento da renda dos brasileiros, pela maior facilidade no acesso ao crédito para a compra de veículos e pela política de preços da gasolina praticado pela Petrobrás a partir de 2008 na qual vem reajustando o preço da gasolina ao consumidor em níveis menores que a inflação anual.

O mercado de combustíveis automotivos brasileiro possui como característica a existência, em toda a rede de distribuição nacional, de bombas de etanol hidratado e gasolina C (mistura de gasolina com etanol anidro), permitindo ao consumidor, que possui veículo com tecnologia *flex fuel*, escolher o combustível a partir do preço ou de preferências individuais. Este mercado caracteriza-se ainda pela variação dos preços dos combustíveis aplicados pelos diferentes postos de combustíveis, nos diferentes estados brasileiros (FIGUEIRA, 2003).

A partir de 2003 iniciou-se a venda de automóveis *flex fuel* (bicomcombustíveis) em pequena escala no Brasil, aproximadamente 3,9% das vendas totais, a venda de veículos bicomcombustíveis elevou-se rapidamente atingindo 91,5% da porcentagem de novos automóveis comercializados no ano de 2009. Apenas em 2005 os veículos bicomcombustíveis começaram a ser comercializados majoritariamente no Brasil,



atingindo participação de 52,7% na venda de novos veículos automotivos, diante de uma participação de 22,5% em 2004 (TÁVORA, 2011).

O objetivo geral do trabalho é o de utilizar a técnica de dados em painel para se analisar o impacto dos preços na demanda por etanol hidratado e ambos os combustíveis no período de 2003 até 2011.

Para se cumprir o objetivo geral os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Analisar a elasticidade preço e renda na demanda por ambos os combustíveis.
- Analisar a elasticidade do preço da gasolina e do etanol hidratado e da renda sobre a demanda por gasolina.
- Analisar a elasticidade do preço da gasolina e do etanol hidratado e da renda sobre a demanda por etanol hidratado.

Justifica-se a realização deste trabalho tanto para conhecimento acadêmico como para orientação de política pública e ambiental, pois a análise de como a variação dos preços e da renda influenciam na demanda por combustíveis automotivos, gasolina e etanol hidratado, permite realizar simulações sobre como ocorrerá elevação da demanda destes combustíveis nos próximos anos gerados pela variação da renda dos brasileiros e pelo preço dos combustíveis. Permite-se ainda orientar as políticas públicas relacionadas a tributação sobre gasolina C e etanol hidratado por exemplo, pois os impostos tem também a função de desestimular o consumo de bens indesejáveis socialmente (por viciar ou causar problemas de saúde como o cigarro) ou ambientalmente impactantes.

## DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do trabalho conterà uma revisão de literatura abordando como a teoria microeconômica aborda a questão do impacto dos preços do bem e dos bens substitutos e da renda na demanda de um bem além de um explicação sucinta sobre como a econometria mensura as elasticidades preço e renda. Posteriormente,



apresenta-se os materiais e métodos utilizados para a pesquisa. Finaliza-se o tópico apresentado os resultados e discussão dos modelo aplicados para a analisar a elasticidade da demanda de combustível líquido automotivo (gasolina C e etanol hidratado), gasolina C e etanol hidratado.

## REVISÃO DE LITERATURA

Para a teoria microeconômica, a demanda por um produto comercializado no mercado é determinada pelo seu preço, pelo preço de bens substitutos (satisfazem a mesma necessidade) e complementares (são consumidos conjuntamente), o nível de renda e o gosto do consumidor (VARIAN, 1994).

Para se analisar o impacto dos preços e da renda na demanda de um produto, a teoria econômica utiliza do termo elasticidade. A elasticidade é uma medida quantitativa de impacto da variação do preço do bem ou do preço dos bens relacionados ou da renda sobre a quantidade demandada de um determinado bem (STOCK; WATSON, 2004).

A variação do preço, para a maioria dos produtos, gera uma variação inversa na sua demanda. Uma elevação do preço do bem gera redução da quantidade demandada e uma redução do preço gera elevação da quantidade demandada. Nestes produtos que apresentam relação inversa entre variação de preço e quantidade demandada, denominada de bens comuns, o que varia é a intensidade do impacto da variação de preços na quantidade demandada do bem. Quando o valor da elasticidade em módulo for maior que 1, a demanda é denominada de elástica, ou seja, a variação do preço resulta em uma variação percentual maior na quantidade demandada. Quando o valor em módulo for igual a 1, a demanda tem elasticidade unitária, significando que a variação percentual no preço e na quantidade demandada é precisamente a mesma. Quando o valor for menor que 1, a demanda é inelástica, uma dada variação no preço resulta em uma variação proporcionalmente menor na quantidade demandada (FERGUSON, 2003).



A demanda por determinado produto é ainda influenciada pelos preços dos bens substitutos e complementares, denominado de elasticidade-cruzada. Os bens são considerados substitutos se o aumento no preço de um deles ocasiona elevação na demanda do outro. Os bens são considerados complementares quando a elevação do preço de um bem desencadeia redução da demanda do outro. Os bens são considerados independentes, quando a variação de preços de um bem não afeta a demanda do outro. Mensura-se a denominada elasticidade-cruzada do preço de bens relacionados para se analisar o nível de impacto da variação do preço de um bem sobre o outro. Caso a elasticidade preço-cruzada seja menor que zero, os bens são caracterizados como complementares, onde a elevação do preço de um bem desencadeia redução da demanda do outro. Caso a elasticidade preço-cruzada seja maior que zero, os bens são caracterizados como substitutos, onde a elevação do preço de um bem desencadeia elevação da demanda do outro. Caso a elasticidade seja igual a zero, a elevação do preço de um bem não interfere no preço dos demais bens (SILBERBERG, 1990).

A relação da sensibilidade da demanda frente a renda é tida pela elasticidade renda da demanda. Caso a elasticidade renda seja maior que zero, o bem é classificado como normal, ou seja, a variação da quantidade demanda do bem é diretamente proporcional a variação da renda. Caso a elasticidade renda seja menor que zero, o bem é classificado como inferior, pois a demanda pelo bem é inversamente proporcional a variação da renda (VARIAN, 1992).

Para se mensurar as elasticidades preço, preço-cruzada e renda utiliza-se da técnica da econometria. A econometria consiste na aplicação da estatística matemática a dados econômicos para dar suporte empírico aos modelos formulados pela economia e obter resultados numéricos (GUJARATI; PORTER, 2011).

Na análise de regressão estuda-se a dependência de uma variável, a variável dependente, em relação a uma ou mais variáveis, as variáveis explanatórias, visando estimar e ou prever o valor médio da variável dependente em termos dos valores conhecidos ou fixados das segundas (GUJARATI; PORTER, 2011).



Permite-se mensurar as elasticidades utilizando-se de técnicas econométricas. Uma forma de especificar uma função de regressão não-linear é utilizar o logaritmo natural da variável dependente e nas variáveis independentes. Modelos dessa natureza são denominados de modelo log-log. Os logaritmos convertem as variações nas variáveis em variações percentuais, podendo-se estimar as elasticidades de variações de preços e renda sobre a quantidade demandada (STOCK; WATSON, 2004).

O modelo clássico de regressão linear realiza uma série de testes para validar ou não os resultados obtidos com o modelo econométrico. Caso se comprove que a(s) série(s) não estejam de acordo com as hipóteses clássicas a econometria aplicada recomenda uma série de procedimentos para contornar o problema e validar os valores das variáveis explicativas sobre a variável dependente (GUJARATI; PORTER, 2011).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os dados sobre demanda por gasolina C e etanol hidratado nos 26 estados brasileiros e no distrito federal entre 2003 e 2011 foram coletados junto ao “site” da Agência Nacional do Petróleo. A evolução do Produto Interno Bruto estadual entre 2003 e 2011 foi obtido no Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Utilizou-se o Índice Geral de Preços – IGP –DI para se deflacionar o preço do etanol hidratado e da gasolina C.

Utilizou-se a técnica de modelo de regressão com dados em painel para se mensurar as elasticidades preço, preço-cruzada e renda sobre a demanda por etanol hidratado, gasolina C e ambos os combustíveis considerando conjuntamente os 26 estados brasileiros e o distrito federal para se realizar a análise entre 2003 e 2011. O ano 2003 caracteriza-se como o início da venda de veículos bicompostíveis no Brasil e o ano de 2011 é o último ano disponível de PIB estadual.

Nos modelos de regressão com dados em painel utilizaram-se como variáveis dependentes as séries históricas anuais das 27 unidades federativas brasileiras entre



2003 e 2011 sobre a demanda por etanol hidratado, gasolina C e ambos os combustíveis. As séries históricas sobre o preço do etanol hidratado, da gasolina C e da variação do Produto Interno Bruto nestas unidades federativas foram utilizadas como variáveis explicativas para se mensurar as elasticidades preço e renda no mercado brasileiro.

Utilizou-se do software GRETl para se realizar os testes exigidos pela econometria clássica para se validar o modelo e mensurar as elasticidades preço e renda propostas neste trabalho de pesquisa .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Apresentam-se a seguir os resultados dos impactos do preço e da renda na demanda por combustíveis líquidos automotivos (etanol hidratado e gasolina C), gasolina C e etanol hidratado.

### DEMANDA POR COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS AUTOMOTIVOS (GASOLINA C E ETANOL HIDRATADO)

O presente trabalho procurou analisar como o preço pago pelos consumidores para o combustível líquido automotivo (somatório da demanda de etanol hidratado e gasolina C) e a evolução da renda dos consumidores entre 2003 e 2011 afetaram a demanda por combustíveis líquidos automotivos.

Quanto as variáveis preços, utilizou-se no modelo da demanda por combustíveis líquidos automotivos uma média ponderada dos preços do etanol e da gasolina C procurando respeitar na ponderação o peso de cada combustível na demanda nacional de combustíveis do período analisado, ver equação 1.

$$P_{comb} = a_1 \times p_{et} + a_2 \times p_{gas} \quad (1)$$

Sendo  $a_1$  a porcentagem da quantidade demandada de etanol em relação a quantidade total demanda de combustíveis automotivos no trimestre e  $a_2$  a



porcentagem da quantidade demanda de gasolina em relação a quantidade total demanda de combustíveis automotivos no trimestre.

Os resultados dos testes exigidos da econometria clássica estão descritos na tabela 1 que foi coletada a partir da saída do GRETL. Destacando-se três resultados obtidos com a análise: Aceita-se a normalidade dos resíduos com nível "p" de 0,24. O teste de Durbin-Watson relativo a autocorrelação dos resíduos foi de 2,18, podendo-se inferir sobre a inexistência de autocorrelação dos resíduos.

Tabela 1: Testes estatísticos utilizados pela econometria clássica sobre o modelo da demanda por combustíveis automotivos

Média var. dependente	0,086256		D.P. var. dependente	0,058495
Soma resíd. quadrados	0,433757		E.P. da regressão	0,048291
R-quadrado	0,410378		R-quadrado ajustado	0,318448
F(29, 186)	4,464016		P-valor(F)	1,54e-10
Log da verossimilhança	364,2485		Critério de Akaike	-668,4970
Critério de Schwarz	-567,2387		Critério Hannan-Quinn	-627,5884
rô	-0,272148		Durbin-Watson	2,182183
Teste de normalidade dos resíduos	Qui-quadrado(2) =	2,85	p-valor	0,23951

Optou-se por inserir uma diferença em todas as variáveis do modelo com o intuito de evitar autocorrelação dos resíduos, conforme sugestão de econometria aplicada proposta por Gujarati; Porter (2011), ver equação 2.



$$\Delta \ln \text{DCOMB} = \beta_1 + \beta_2 \Delta \ln \text{PCOM} + \beta_3 \Delta \ln \text{PIBestadual} + \beta_4 T + \mu \quad (2)$$

Sendo, DCOMB = Demanda por combustíveis líquidos automotivos (somatório de gasolina C e etanol hidratado), PCOM = Média ponderada dos preços dos combustíveis, PIB estadual = variação do PIB estadual entre 2003 e 2011.

O valor da elasticidade preço no período foi de aproximadamente - 0,35, ver tabela 2. Mostrando que a demanda por combustíveis automotivos líquidos de acordo com a teoria microeconômica é inelástica em relação ao preço. Uma variação de 1% no preço provoca uma variação inversa de 0,35%. Portanto, uma elevação no preço de 1% provoca redução de 0,35% na demanda.

Considerando o impacto da variação da renda dos brasileiros sobre a demanda. Constatou-se que o impacto da renda na demanda por combustível foi de aproximadamente 0,35, sinalizando que a demanda por combustível é inelástica em relação a renda. Uma elevação do Produto Interno Bruto de 1% gera elevação na demanda por combustível de aproximadamente 0,35%.

Tabela 2: Variável dependente: d\_l\_d\_comb. Efeitos-fixos, usando 216 observações. Incluídas 27 unidades de corte transversal. Comprimento da série temporal = 8.

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	0,0296726	0,00959983	3,0910	0,00230	***
d_l_preco	-0,351687	0,0439137	-8,0086	<0,00001	***
d_l_PIB	0,351072	0,0734055	4,7826	<0,00001	***
time	0,00517597	0,00143767	3,6003	0,00041	***

#### DEMANDA POR GASOLINA C

Para se analisar como a demanda por gasolina é influenciada pelo preço da gasolina, preço do etanol hidratado e renda optou-se por incluir uma tendência temporal e duas *dummies* temporais no período 8 e 9 que correspondem aos anos de 2010 e 2011 nos quais ocorreu redução da oferta de etanol hidratado por motivos que fogem do escopo deste trabalho, pois os resultados observados se mostraram mais



consistentes com a inclusão destas variáveis, ver equação 3. Ressalta-se ainda que nem todas as séries das unidades federativas mostraram-se estacionárias, o que não descarta a possibilidade de ocorrência de regressão espúria. Utilizou-se o modelo de mínimos quadrados ponderados evitando-se o problema de autocorrelação dos resíduos que apareceu no modelo de efeitos fixos.

$$\Delta \ln DGAS = \beta_1 + \beta_2 \Delta \ln PGAS + \beta_3 \Delta \ln PET + \beta_4 \Delta \ln PIB + \beta_5 D8 + \beta_6 D9 + \beta_7 T + \mu \quad (3)$$

Sendo DGAS = demanda por gasolina C, PGAS = preço da gasolina, PET = indicador de variação do PIB estadual, D8 = dummy para 2010, D9 = dummy para 2011 e T = tendência temporal.

Aceita-se a normalidade dos resíduos com p de 0,42, ver tabela 3. Além disto, o R<sup>2</sup> foi de aproximadamente 0,638, ver tabela 3. O modelo de mínimos quadrados ponderados propiciou melhores resultados foi quem melhor se adequou as exigências da econometria clássica. Sobre a autocorrelação dos resíduos, o *software* GRETL não fornece informações sobre testes de autocorrelação dos resíduos. Portanto, deduz-se que o modelo de mínimos quadrados ponderados proposto pelo *software* resolveu o problema de autocorrelação dos resíduos.

Tabela 3: Testes estatísticos utilizados pela econometria clássica sobre o modelo da demanda por gasolina.

Soma resíd. quadrados	213,9808		E.P. da regressão	1,011846
R-quadrado	0,648784		R-quadrado ajustado	0,638702
F(6, 209)	64,34597		P-valor(F)	7,78e-45
Log da verossimilhança	-305,4764		Critério de Akaike	624,9527
Critério de Schwarz	648,5797		Critério Hannan-Quinn	634,4981
Teste da normalidade dos resíduos	Qui-quadrado(2)	1,71	p-valor	0,42

O preço da gasolina mostrou-se inelástica com relação a demanda por gasolina, apresentando coeficiente de -0,44, ver tabela 4. O preço do etanol mostrou



impacto de 0,09 na demanda por gasolina, portanto a elasticidade cruzada é inelástica. Uma elevação do preço do etanol hidratado de 1% gera variação de 0,09% na demanda por gasolina C no período. O pequeno impacto do preço do etanol na demanda por gasolina no período analisado, pode ser decorrência do estoque de automóveis movidos exclusivamente a gasolina, produzidos principalmente antes de 2005, ano no qual grande parte dos veículos produzidos é biocombustível. Ao fato de o preço para o etanol hidratado se mostrar desfavorável para os consumidores em relação a gasolina em muitos estados mais distantes das regiões produtoras, principalmente entre 2010 e 2011 nos anos de redução da oferta de etanol hidratado. A variação do PIB estadual, *proxy* da renda nos estados, impactou positivamente a demanda por gasolina em 0,29. Portanto, uma elevação em 1% no PIB gerou no período elevação de 0,29% na demanda por gasolina.

Tabela 4: Variável dependente: *d\_I\_d\_comb*. Utilizou-se o método de mínimos quadrados ponderados.

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
Const	0,0498822	0,0104339	4,7808	<0,00001	***
<i>d_I_P_gas_C</i>	-0,446372	0,0972319	-4,5908	<0,00001	***
<i>d_I_P_etanol</i>	0,0923922	0,0511741	1,8054	0,07244	*
<i>d_I_PIB_esta</i>	0,29962	0,0701684	4,2700	0,00003	***
<i>d</i>					
<i>dt_8</i>	0,162703	0,0133102	12,2239	<0,00001	***
<i>dt_9</i>	0,0998605	0,012479	8,0023	<0,00001	***
Time	-0,00513541	0,00212049	-2,4218	0,01630	**

## DEMANDA POR ETANOL HIDRATADO



O modelo que propiciou melhores resultados para se analisar o impacto do preço da gasolina, do etanol e da renda sobre a demanda por etanol hidratado incluiu uma *dummy* sazonal para o ano de 2009 e outra para o ano de 2010, ver equação 3

$$\Delta \ln \text{DET} = \beta_1 + \beta_2 \Delta \ln \text{PET} + \beta_3 \Delta \ln \text{PGAS} + \beta_4 \Delta \ln \text{PIB} + \beta_5 \text{D7} + \beta_6 \text{D8} + \mu$$

Sendo, DET = demanda de etanol hidratado, PET = preço do etanol hidratado, PGAS = preço da gasolina, PIB = variação do PIB estadual.

No entanto não se conseguiu eliminar a autocorrelação conforme o resultado de Durbin-Watson, limitando a precisão da análise, ver tabela 5. Conforme Gujarati; Porter (2011), a existência da autocorrelação nos resíduos compromete a análise de  $R^2$  e dos testes “t” e “F”. Como alternativa para solucionar o problema de autocorrelação dos resíduos, a utilização do método de mínimos quadrados ponderado não permitiu aceitar a normalidade dos resíduos.

Tabela 5: Testes estatísticos utilizados pela econometria clássica sobre o modelo da demanda por etanol hidratado.

Média var. dependente	0,120761		D.P. var. dependente	0,355817
Soma resíd. quadrados	13,48715		E.P. da regressão	0,270739
R-quadrado	0,504519		R-quadrado ajustado	0,421041
F(31, 184)	6,043746		P-valor(F)	1,44e-15
Log da verossimilhança	-6,948272		Critério de Akaike	77,89654
Critério de Schwarz	185,9055		Critério Hannan-Quinn	121,5324
rô	0,062315		Durbin-Watson	1,555312
Teste da normalidade dos resíduos	Qui-quadrado(2)	2,0189	p-valor	0,364419

Portanto, opta-se por não incluir os resultados encontrados dos coeficientes devido a existência de autocorrelação dos resíduos.



## DISCUSSÃO

O presente trabalho conseguiu analisar o impacto do preço dos combustíveis líquidos automotivos (etanol hidratado e gasolina C) e da renda na demanda por combustíveis líquidos automotivos (somatório da demanda de gasolina C e etanol hidratado). A demanda se mostrou inelástica em relação ao preço dos combustíveis, com valor de -0,35, e com relação a renda, com valor de 0,35. Estes valores permitem simular como a variação do preço e da renda nos próximos anos irá impactar na demanda por combustíveis no Brasil.

Conseguiu-se ainda resultados significativos para o impacto do preço da gasolina, do etanol hidratado e da renda na demanda por gasolina. A elasticidade preço da gasolina sobre a demanda se mostrou inelástica com coeficiente de -0,44. Uma variação do preço em 1% gera variação inversa da quantidade demandada de 0,44%. O preço do etanol teve pequeno impacto na demanda por gasolina no período, como coeficiente de 0,09. Provavelmente, este resultado é decorrência de alguns fatores como a persistência na frota de veículos nacional de automóveis movidos exclusivamente com gasolina, a concentração da demanda por etanol hidratado nos estados produtores, discutido em figueira (2003) e a elevação dos preços do etanol nos anos de 2009, 2010 e 2011, tornando este tipo de combustível desvantajoso em muitos estados brasileiros. A variação da renda mostrou também ter impactado na demanda por gasolina no Brasil, muito embora o resultado seja inelástico, com valor do coeficiente de 0,29.

Para o etanol hidratado, as tentativas de obter um modelo que resolvesse o problema da normalidade ou autocorrelação dos resíduos não teve êxito, comprometendo a análise.

Provavelmente este resultado é decorrência da pouca participação do mercado de etanol hidratado em muitos estados brasileiros e este modelo considera pesos iguais para todos os estados brasileiros. Considera-se ainda que apesar do avanço da venda de etanol hidratado no Brasil na década de 2000, principalmente o estado de São Paulo mas também os demais estados produtores, como Paraná, Goiás e Mato Grosso são os grandes responsáveis pela demanda nacional de etanol hidratado.



## CONCLUSÕES

O uso de combustíveis fósseis, como a gasolina, tem sido apontado como um dos grandes responsáveis pela emissão de gases geradores do efeito estufa. O uso de biocombustível, principalmente o etanol hidratado produzido a partir da cana-de-açúcar no caso brasileiro, ganhou destaque na década de 2000 como uma alternativa de combustível que contribui para reduzir a emissão de gases do efeito estufa. No entanto, pesquisas salientam que a cana-de-açúcar utiliza fertilizantes e herbicidas impactando na água e no solo. Portanto, o uso do etanol hidratado contribui para reduzir a emissão de gases do efeito estufa mas gera outros problemas ambientais.

A elevação da renda do brasileiro e a expansão da venda de automóveis na década de 2000 gerada pela elevação da renda e por maior facilidade no crédito, além da política de preços da Petrobras, que desde 2008 vem ampliando o preço da gasolina em níveis menores que a inflação do ano, gerando redução do preço real da gasolina e influenciando para menores elevações do preço do etanol hidratado no mercado brasileiro influenciaram para uma elevação da demanda por gasolina C e etanol hidratado no Brasil.

O objetivo deste trabalho foi o de analisar a elasticidade preço, preço-cruzada e renda na demanda por combustíveis líquidos automotivos (etanol hidratado e gasolina C) e na demanda por etanol hidratado e gasolina C isoladamente no período de 2003, ano em que se inicia a venda de veículos bicombustíveis, e o ano de 2011.

Quanto a demanda por combustíveis líquidos automotivos. A demanda se mostrou inelástica em relação ao preço dos combustíveis, com valor de  $-0,35$ , e com relação a renda, com valor de  $0,35$ . Portanto pode-se simular que uma variação do preço dos combustíveis líquidos automotivos em 1% desencadeará variação inversa na demanda por combustíveis líquidos da ordem de aproximadamente 0,35%. A variação da renda em 1% desencadeará variação diretamente proporcional na demanda por combustíveis líquidos automotivos de 0,35%.



Ao analisar a demanda por gasolina C, a elasticidade preço da gasolina apresentou coeficiente de -0,44, o coeficiente da elasticidade preço do etanol hidratado foi de 0,09 e a elasticidade renda foi de 0,29.

Como limitação desta análise, destaca-se que a série sobre a evolução do Produto Interno Bruto estaduais vai até 2011, comprometendo a análise dos anos de 2012 e 2013. Ressalta-se ainda que a venda de veículos bicombustíveis iniciou-se em 2003 mas a comercialização destes veículos só se tornou majoritária em 2005. Portanto ainda persistem muitos veículos movidos exclusivamente com gasolina na frota brasileira. Nos próximos anos, a participação de veículos bicombustíveis na frota brasileira deverá se ampliar o que implica na necessidade de realização de novas pesquisas para se avaliar novamente as elasticidades.

## REFERÊNCIAS

FERGUSON, C.E. Microeconomia. Rio de Janeiro. Forense Universitária, 2003, 20 ed. 589p.

FIGUEIRA, S.R.F.; BORGES, A.C.G.; LOPES, D. **Análise comparativa da evolução dos índices de concentração da demanda por etanol hidratado em relação.** São Paulo: Revista Informações econômicas, 2013.

NOGUEIRA et al. **Bioetanol de Cana-de-Açúcar – Energia para o Desenvolvimento Sustentável.** Organização BNDES e CGEE. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

SZMERCSÁNYI, T et al. **Dimensões, riscos e desafios da atual expansão canavieira.** Texto para Discussão para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). 2008.

STOCK, J. H. AND WATSON. M. W. (2004) *Econometria*, Addison Wesley, São Paulo

Távora, F.L. (2011) História e Economia dos Biocombustíveis no Brasil. Brasília. Centro de Estudos da Consultoria do Senado Federal. Textos para Discussão 89.

GUJARATI, D.N. e PORTER, D.C. **Econometria Básica.** São Paulo: Makron Books, 3º ed. 2012. 924 p.

SILBERBERG, E. **The struture of economics** a mathematical analysis. International Edition 1990. 686 p.

VARIAN, H.R. Microeconomia: princípios básicos. Rio de Janeiro: Campus, 1994, 2 ed. 710p.