

ANÁLISE DA DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS VEICULARES NO BRASIL ENTRE 2004 E 2014¹

Igor Gimenes Cesca²

Mariana Araújo e Silva Bottrel³

Resumo: No Brasil, a partir da década de 2000, o setor sucroenergético cresceu muito. Entre 2004 e 2009, as vendas de etanol aumentaram 400%. Entretanto, entre 2010 e 2014, uma crise se instalou no setor, levando ao fechamento de diversas usinas. Entre as causas da crise, destaca-se o controle anti-inflacionário no preço da gasolina, que manteve os preços inalterados, prejudicando as vendas de etanol, dado o caráter substitutivo dos dois combustíveis. Consequentemente, o consumo de etanol se reduziu intensamente. Esse trabalho tem o objetivo de verificar a elasticidade da demanda por gasolina C e etanol hidratado entre 2004 e 2014 no Brasil. Para isso, foi utilizado o modelo de vetor de cointegração e correção de erros. Os resultados indicaram que a elasticidade-preço e a elasticidade-renda da demanda de ambos os combustíveis passaram a ser elásticas. Portanto, foi possível concluir que a interferência no preço da gasolina e a inovação dos veículos *flex-fuel* foram os principais fatores que alteraram a elasticidade da demanda para um comportamento elástico no curto prazo. Não só, mas também alterações no preço de etanol causaram mais impacto na demanda de gasolina do que alterações no preço de gasolina causam na demanda de etanol.

Palavras-chave: elasticidade da demanda, etanol, gasolina, *flex-fuel*, vetor de cointegração, modelo de correção de erros, crise energética.

1 Recebido em: 29/12/2015; Aceito em: 15/08/2016.

2 Professor no Centro de Economia e Administração da PUC-Campinas e aluno de doutorado no programa de Energia da USP. E-mail: igcesca@gmail.com.

3 Mestre em Economia Aplicada pela Universidade de São Carlos. E-mail: maribottrel@gmail.com.

Abstract: In Brazil, from the 2000s, the sugar-energy industry has grown. Between 2004 and 2009, ethanol sales increased 400%. However, between 2010 and 2014, a crisis settled in the sector, leading to the closure of several plants. Among the causes of the crisis, there was an anti-inflation control in the price of gasoline, which kept prices unchanged, reducing ethanol consumption intensely. This paper aims to verify the elasticity of demand for gasoline C and hydrated ethanol between 2004 and 2014 in Brazil. For this we used the cointegration vector and error correction model. The results indicated that the price elasticity and income elasticity of demand for both fuels are elastic. Therefore, it was concluded that the interference in gasoline prices and innovation of flex-fuel vehicles were the main factors that have altered the elasticity of demand for an elastic behavior in the short term. Not only, but also changes in the ethanol price caused more impact on gasoline demand than changes in the price of gasoline cause demand for ethanol.

Keywords: demand elasticity, ethanol, gasoline, flex-fuel vehicle, cointegration vector, error correction model, energetic crisis.

Classificação JEL: C4, D12, Q41

1. Introdução

No Brasil, até o início dos anos 2000, o principal combustível veicular era a gasolina C, uma mistura de gasolina A e etanol anidro (NEVES; CONEJERO, 2010). Entretanto, por conta de oscilações positivas no preço internacional do barril de petróleo, o etanol hidratado voltou a receber investimentos e, por iniciativa das montadoras automotivas, em 2003, os veículos *flex-fuel* foram inseridos no Brasil. Pelo fato de estes veículos *flex-fuel* funcionarem ou com gasolina C, ou com etanol hidratado, ou em qualquer proporção de mistura dos dois, os motoristas no Brasil puderam começar a escolher qual combustível utilizar.

Assim, o setor sucroalcooleiro, que não teve uma boa década nos anos 1990, teve sua retomada nos anos 2000. Nesse período, a área destinada para o plantio de cana-de-açúcar se expandiu para outras regiões além do interior paulista. Além disso, o setor recebeu investimentos do BNDES, tendo sido abertas novas usinas e entrado grupos estrangeiros no Brasil.

Assim, as vendas de etanol hidratado cresceram mais de 400% entre 2003 e 2009 (CEPEA/ESALQ, 2015).

Entretanto, os anos 2010 passaram a ser de crise para o setor sucroenergético. Entre as causas, destacam-se as (1) condições climáticas adversas, (2) a concorrência com a gasolina subsidiada, (3) o aumento de juros e a falta de crédito com a crise de 2008 e (4) a alavancagem financeira das usinas. Além disso, o etanol foi o produto das usinas mais prejudicado, pois sua produção compete com o açúcar, que, em 2011, teve seu preço valorizado no mercado internacional (CALDEIRA FILHO, 2012), (MOREIRA et al., 2014). Nessas condições, a produção de etanol hidratado caiu muito. O setor conseguiu manter uma produção de etanol total em 22 bilhões de litros por ano, principalmente por causa do etanol anidro na gasolina C. Este tipo de etanol, em 2008, que representava 34% do etanol produzido, passou a representar 45% do etanol total em 2013 (CEPEA/ESALQ, 2015). Com a falta de etanol, o consumo de gasolina aumentou de tal forma que o governo teve de importar gasolina às expensas da Petrobras, por conta do gargalo do refino no Brasil. Como consequência da crise, até o final de 2015, mais de sessenta usinas foram fechadas (TOLEDO, 2015).

Por outro lado, alguns grupos que entraram em processos de fusões, como a Raízen, que é uma *joint-venture* entre a Cosan e a Shell, conseguiram se consolidar e superar a crise (PUGLIERI, 2013). Mais recentemente, em 2015, a Petrobras foi autorizada a passar novos aumentos para o preço da gasolina, além da volta do antigo tributo CIDE. Dessa forma, há certa perspectiva de melhora para o setor, no futuro.

Considerando as variações nos preços de etanol e gasolina, muitos trabalhos foram feitos na tentativa de avaliar a elasticidade da demanda por combustíveis nos últimos anos. A revisão de literatura indicou que, de maneira geral, a elasticidade da demanda no curto prazo é menor do que a de longo prazo (GRAHAM; GLAISTER, 2002). Isso coaduna com a teoria econômica, que argumenta que, no curto prazo, os motoristas não deixam o carro em casa e abastecem mesmo a preços mais caros,

porém, no longo prazo, os motoristas conseguem alternativas, como trocar seu veículo por um mais econômico (PINDYCK; RUBINFELD, 2009).

Os primeiros trabalhos que trataram da demanda da gasolina utilizaram técnicas de cointegração por meio de variáveis do consumo, preço e renda (DAHL; STERNER, 1991). Já para o caso brasileiro, em função da mistura com etanol anidro, houve trabalhos que estimaram a elasticidade da demanda-preço e renda da gasolina, inserindo o preço e a oferta de etanol nos modelos como variáveis explicativas (BURNQUIST; BACCHI, 2002; ALVES, BUENO, 2003).

Outros trabalhos mostram o esforço em analisar o efeito da frota *flex-fuel* na demanda por combustíveis (NAPPO, 2007; FERNANDES et al., 2012; CARDOSO, BITTENCOURT, 2013), a maioria indicando que a nova frota automotiva aumentou a elasticidade da demanda-preço por gasolina. Mais ainda, conforme Anna e Bastos (2014), a elasticidade da demanda-preço por gasolina passou de inelástica – antes da entrada dos veículos *flex-fuel* – para elástica.

Assim, em razão das variações no preço dos combustíveis, dos investimentos e das condições adversas para o setor sucroenergético, deseja-se verificar a elasticidade da demanda, em relação às variáveis que influenciam o consumo de combustíveis, e compará-la com outros valores da literatura, a fim de verificar como a demanda mudou nos últimos anos, principalmente com a crise no setor sucroenergético.

Este trabalho está dividido da seguinte forma. Primeiramente, esta introdução. Em seguida, é feita uma contextualização regulatório-econômica do que ocorreu na última década, explicando o sucesso dos veículos *flex-fuel* e as causas da crise do setor sucroenergético. Na terceira seção, é feita uma a revisão de literatura sobre essa temática. Na quarta seção, consta a metodologia utilizada no trabalho. Na quinta seção, os resultados são apresentados junto de uma discussão. Depois, na sexta seção, são feitas as conclusões. Por último, constam as referências citadas neste trabalho.

1.1 Contextualização regulatório-econômica

O etanol sempre foi utilizado como combustível veicular pelo motorista brasileiro. Desde seu surgimento na matriz energética brasileira, na década de 1930, os investimentos nessa *commodity* sempre apresentaram volatilidade. Houve momentos de grande apoio do governo brasileiro, como, por exemplo, na década de 1970, durante a crise do petróleo e a criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), e outros sem incentivo algum, como, por exemplo, no início dos anos 1990, com o encerramento do Proálcool, quando todo o auxílio foi cortado (SZMRECSANYI, MOREIRA, 1991; MOREIRA, GOLDEMBERG, 1999; NEVES, CONEJERO, 2010).

A partir dos 2000, ocorreram elevações no preço internacional do barril de petróleo. As primeiras variações começaram com: (1) as greves de produção na Venezuela; (2) o aumento do crescimento econômico, principalmente da China e de outros países emergentes; (3) a ocupação estadunidense no Iraque, em 2003; e (4) o atingimento do limite da capacidade produtiva de petróleo de tal maneira que não havia mais oferta excedente. Conseqüentemente, os preços aumentaram muito nesse período, acompanhados pelo aumento do preço dos derivados (PINDYCK, RUBINFELD, 2009; BRET-ROUZAUT, FAVENNEC, 2007).

Naquele momento, no Brasil, surgiram maiores investimentos no setor sucroenergético, a fim de retomar a produção de etanol no país. Houve a introdução do carro *flex-fuel* na frota brasileira, que funciona tanto com gasolina, como com etanol. De acordo com dados de ANFAVEA (2015), com apenas dois anos no mercado, as vendas dos veículos *flex-fuel* superaram a dos outros combustíveis. Atualmente, os *flex-fuel* correspondem a mais de 90% das vendas de veículos no Brasil. O principal resultado desses investimentos foi uma produção recorde de etanol, de 28 bilhões de litros entre 2008 e 2010 (CEPEA/ESALQ, 2015).

Se o setor sucroalcooleiro foi beneficiado pelo aumento dos preços internacionais do barril de petróleo no início dos anos 2000, depois, na década seguinte, o etanol passou a amargar maus resultados. Entre as principais causas, destaca-se que, em 2008, o crédito diminuiu com a chegada da crise econômica mundial, uma vez que a maior parte do financiamento advinha de bancos internacionais. Como consequência, uma série de usinas já endividadas enfrentaram sérias dificuldades de rolar suas dívidas (MOREIRA et al., 2014).

A interferência exercida pelo governo nos preços dos derivados de petróleo por meio da Petrobras também foi outra causa. Como uma maneira de segurar a inflação por conta das oscilações positivas do petróleo, o preço da gasolina foi mantido artificialmente abaixo da inflação, ou seja, o preço ficou inalterado nas bombas durante anos, mas seu preço real caiu. Isso foi fruto de uma política anti-inflacionária no período de 2006 a 2014. Para o etanol, pelo caráter substituto entre ele e a gasolina, o setor sucroenergético não pôde passar os aumentos dos custos para o preço do combustível veicular (BUSCARINI; CESCO, 2012).

Mas ainda há que salientar as condições climáticas adversas, que reduziram as safras de cana-de-açúcar, e a concorrência com o açúcar (CALDEIRA FILHO, 2012). Em relação ao açúcar, com o aumento nos preços no mercado internacional, a produção atingiu em 2011 o equivalente a 38 milhões de toneladas, 134% maior que a quantidade no início da década anterior. Mais tarde, em 2014, apesar da queda de 25% no preço, o volume de açúcar produzido praticamente não se alterou (CEPEA/ESALQ, 2015).

Com a crise, boa parte das usinas se desfez de seus ativos, deixando de renovar os canaviais. Assim, as vendas de etanol hidratado caíram. Em 2012, elas estavam 40% menores (seis milhões de m³ a menos) do que o auge, em 2009. Assim, as vendas de gasolina tomaram a frente, aumentando em mais de 56% (15 milhões de m³ a mais) (ANP, 2015). Além disso, devido aos gargalos do refino, o Brasil teve que começar a importar gasolina para preencher a demanda e garantir o fornecimento de etanol anidro, que é misturado com a gasolina para a composição da

gasolina C, vendida nas bombas, tendo o governo passado a importar etanol (TONIN; MATHEUS TONIN, 2014).

Com todas essas adversidades, os custos de produção das usinas aumentaram, tendo ultrapassado os preços pagos aos fornecedores. Conseqüentemente, muitas usinas fecharam. No final de 2014, as vendas de etanol hidratado estavam 21% menores do que o recorde de 2009, enquanto isso, as vendas de gasolina só cresceram (Figura 1).

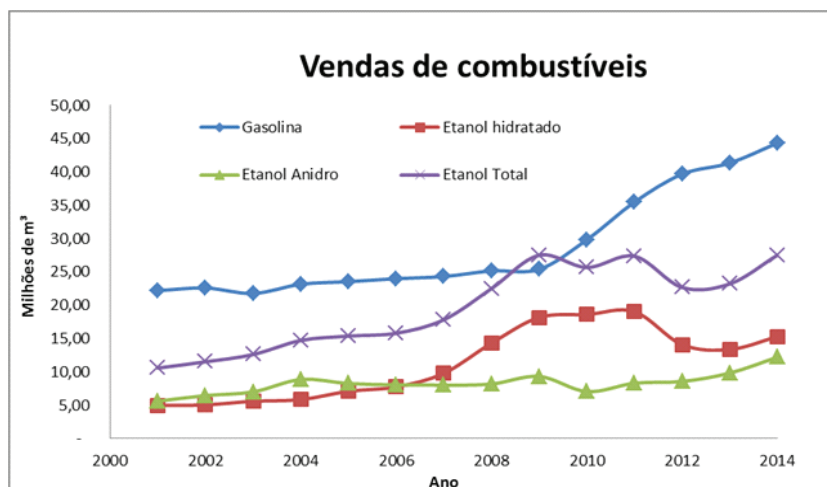


Figura 1 – Vendas de combustíveis

Fonte: Elaboração do autor, com dados de CEPEA-Esalq (2015) e ANP (2015).

Ainda em 2014, pela primeira vez desde o surgimento dos veículos *flex-fuel*, as vendas dos veículos leves caíram. As principais razões foram a redução do crescimento do PIB, o aumento de inflação e o aumento nos impostos para compra de veículos (RODRIGUES; BACCHI, 2014). Houve ainda um leve aumento na produção de etanol, mas isso ocorreu em consequência do aumento da produção de etanol anidro para gasolina. Assim, o etanol passou a atuar majoritariamente como um bem complementar à gasolina, perdendo o caráter de bem substituto (TENKORANG et al., 2015).

Mais recentemente, em 2015, o governo brasileiro mudou sua política econômica e decidiu utilizar a gasolina como um instrumento fiscal, com a finalidade de arrecadação. Para isso, inclusive a CIDE (Contribuição de Intervenção de Domínio Econômico) voltou ao preço da gasolina. Mais ainda, o percentual de etanol anidro na gasolina aumentou de 25 para 27,5%. O aumento do preço da gasolina e da margem de etanol anidro (ANP, 2015) pode ser o momento da retomada da produção de etanol.

1.2 Revisão de literatura dos modelos econométricos

Na literatura internacional, destaca-se o trabalho de Dahl e Steiner (1991), que fizeram uma estimativa da elasticidade da demanda da gasolina nos EUA em função do preço e da renda. Os resultados indicaram que a elasticidade da demanda-preço fica entre -0,12 e -0,44 no curto prazo e entre -0,23 e -1,05 no longo prazo, enquanto a renda fica entre 0,14 e 0,58 no curto prazo e entre 0,68 e 1,31 no longo prazo.

Outra referência internacional relevante é o artigo de Ramanathan (1999), em que o autor tomou como hipótese que os motoristas não mudam de imediato seus hábitos, mesmo com variações na renda e no preço da gasolina. Assim, o autor incluiu no modelo uma variável de consumo defasada entre as variáveis independentes. Os resultados indicaram que a curva demanda é elástica para alterações na renda, tanto no curto prazo, quanto para o longo prazo. Por outro lado, a elasticidade-preço da demanda ficou inelástica para as duas situações (curto e longo prazo).

Na literatura brasileira, os modelos passaram a incorporar novas variáveis conforme a mudança do panorama energético nacional ao longo dos anos. Sobre essa evolução, aqui é apresentada um resumo das variáveis e dos resultados de cada um desses trabalhos.

Burnquist e Bacchi (2002) utilizaram um modelo em que a renda agregada e o preço da gasolina explicam o consumo deste combustível no período de 1973 a 1998. Os resultados indicaram elasticidade no curto prazo de -0,319 para o preço e 0,608 para a renda.

Alves e Bueno (2003) elaboraram um modelo para o consumo de gasolina por meio da renda, do preço do etanol e do preço da gasolina, no período de 1974 a 1999. Os resultados indicaram elasticidade-preço da demanda, de $-0,464$ e $0,48$ para a elasticidade-cruzada.

Azevedo (2007) estimou a elasticidade no período de janeiro de 2002 a junho de 2006 para o consumo de etanol. Os resultados indicaram que a elasticidade preço da demanda foi de $-0,459$ e a elasticidade-renda foi inelástica, de $0,400$.

Nappo (2007) mediu o consumo de gasolina em função do seu preço, do preço do etanol, da renda e de uma variável binária para verificar se os veículos *flex-fuel* já influenciavam no consumo de combustíveis para o período entre 1994 e 2006. Os resultados indicaram que o preço do etanol não foi significativo para explicar o consumo de gasolina. Já a elasticidade-preço da demanda foi de $-0,197$ no período *pré-flex* e de $-0,334$ no período *pós-flex*.

Randow et al. (2010) mediram a elasticidade de demanda de etanol para o período de 2001 a 2009. A elasticidade-preço encontrada foi de $-0,3$, a renda de $1,105$ e a cruzada não foi significativa ao nível de 5%.

Santos (2013), para o período de 2001 a 2010, estimou a elasticidade da demanda de gasolina e também de etanol. Os resultados indicaram que a elasticidade-preço da demanda de gasolina foi de $-0,399$, enquanto a elasticidade cruzada foi de $0,099$ e elasticidade-renda da demanda foi de $0,176$. Já a elasticidade-preço do etanol foi de $-1,252$, enquanto a elasticidade cruzada foi de $1,182$ e a elasticidade-renda foi de $0,551$.

Cardoso e Bittencourt (2013) estimaram a elasticidade do consumo de etanol entre 2001 e 2011. Os resultados foram elasticidade-preço de $-1,53$, elasticidade cruzada de $0,86$ e, por último, elasticidade renda de $0,49$.

Melo e Sampaio (2014) desenvolveram um modelo para estimar a elasticidade da demanda de etanol com dados entre julho de 2001 e novembro de 2010. Os resultados indicaram que a elasticidade-preço foi de $-0,95$, enquanto a elasticidade-cruzada foi de $0,80$.

2. Metodologia

2.1 Base de dados

Para estimar a elasticidade do consumo de combustíveis, a primeira coisa a ser feita é escolher as variáveis relacionadas com o consumo de combustíveis. Considerando a revisão de literatura, as variáveis que mais aparecem nos modelos são o preço da gasolina, o preço do etanol e o PIB. Assim, para esta pesquisa, serão utilizadas bases de dados referentes a séries temporais de (1) preço de etanol hidratado e (2) consumo do etanol hidratado, (3) preço da gasolina C e (4) consumo de gasolina C e (5) produto interno bruto (PIB). Os dados de preço estão disponíveis na Agência Nacional de Petróleo (ANP), os dados de consumo, na ANP e no Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (CEPEA-Esalq), e o último, no Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA). A periodicidade dos dados é mensal, de janeiro de 2004 até dezembro de 2014. Além disso, todos os dados de preço e PIB foram deflacionados de acordo com o índice de preços IPCA, tomando como base os valores de dezembro de 2014. Por último, todas as variáveis foram colocadas em logaritmos para facilitar a interpretação de suas elasticidades. A Tabela 1 traz um resumo da estatística descritiva dos dados utilizados.

Tabela 1 – Resumo da base de dados utilizada

	Consumo de etanol hidratado (m ³)	Consumo de gasolina C (m ³)	Preço real do etanol (R\$)	Preço real da gasolina (R\$)	PIB (R\$ milhões)
Média	871.722,43	2.548.533,83	1,241	1,935	216.047
Desvio padrão	340.440,19	665.687,78	0,126	0,175	40.489
Coefficiente de Variação	39,05%	26,12%	10,16%	9,02%	18,74%
Mínimo	320.373,09	1.742.412,44	1,017	1,659	141.995
Quartil 1	558.935,61	1.993.505,01	1,157	1,784	180.497
Quartil 2	889.875,34	2.234.876,43	1,211	1,913	213.280
Quartil 3	1.120.767,60	3.177.765,16	1,306	2,093	254.229
Máximo	1.509.000,57	4.187.054,61	1,732	2,262	278.819

As bases de dados, em séries temporais, podem ser visualizadas nas Figuras 2, 3 e 4, com dados já deflacionados.

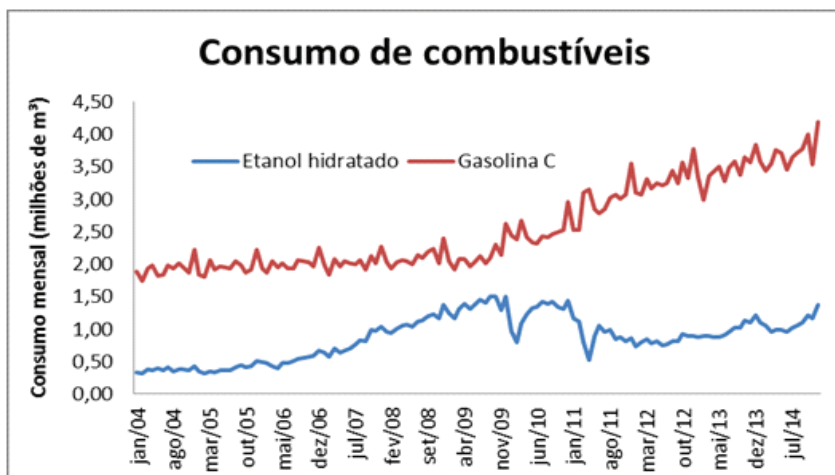


Figura 2 – Série temporal do consumo mensal de combustíveis

Fonte: Elaboração do autor, com dados da ANP (2015) e CEPEA-Esalq (2015).

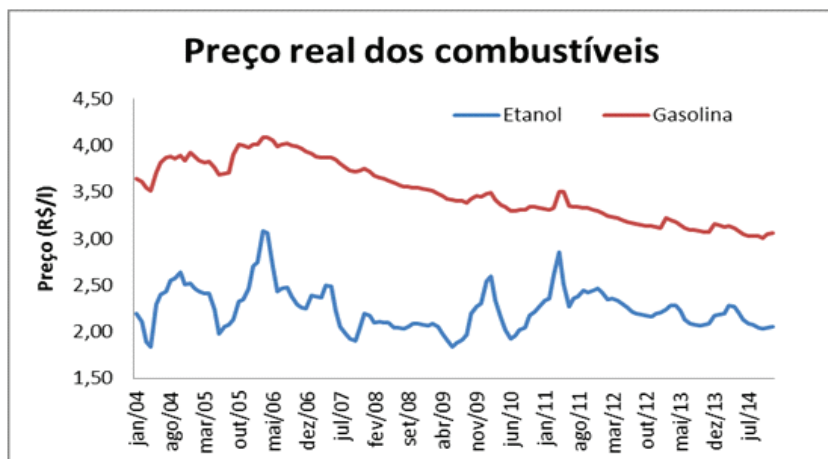


Figura 3 – Série Temporal do preço real mensal dos combustíveis
 Fonte: Elaboração do autor, com dados da ANP (2015).

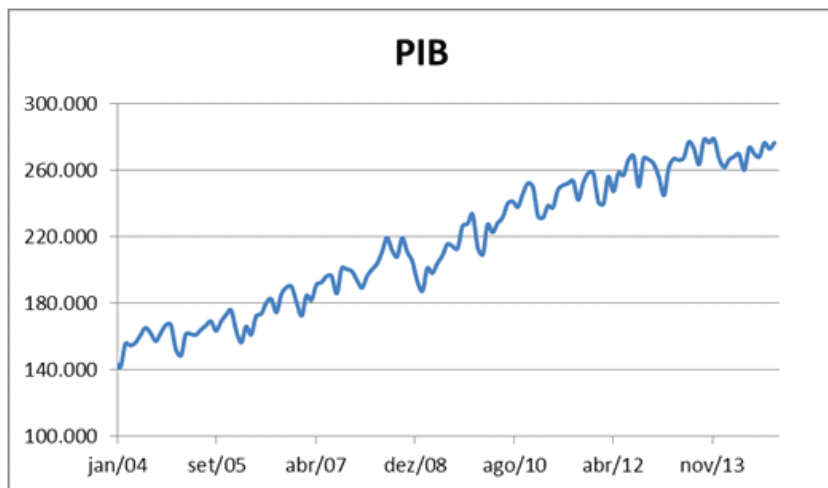


Figura 4 – Série Temporal do Produto Interno Bruto
 Fonte: Elaboração do autor, com dados do IPEA (2015).

Na Figura 2, constam os consumos dos combustíveis gasolina C e etanol hidratado. Na Figura 3, há os preços reais dos combustíveis. Na Figura

4, é possível ver o produto interno bruto (em milhões de reais) de janeiro de 2004 até dezembro de 2014.

2.2 Modelagem econométrica da estimativa da elasticidade da demanda

Para modelagem das séries temporais, considera-se que todas são endógenas ao modelo, isto é, elas são mutuamente influenciadas por todas as outras séries. Isso é feito, pois, para analisar a demanda de combustíveis, é coerente interpretar que o consumo de um combustível é influenciado pelo seu preço, assim como o preço deste também é influenciado por seu consumo, conforme a teoria econômica. Sendo assim, dado um choque exógeno aleatório no preço de um combustível, a alteração de seu consumo é consequência de uma reação ao movimento de todas as variáveis do modelo, não havendo variáveis independentes no modelo teórico.

Nesse sentido, é natural perguntar como é possível quantificar o impacto de uma variável em outra, dada a endogeneidade das séries. Para isso, é necessário isolar os choques exógenos da variável de interesse para rastrear seu efeito dinâmico no modelo, sendo isso feito pelo modelo VAR (Vetor Autorregressivo).

Neste modelo, todas as variáveis estão em um vetor X_t , uma vez que elas são endógenas. Para isso ocorrer, as séries de tempo são conectadas por uma matriz B , que equivale a uma matriz A , conectada a um vetor autorregressivo $X_{(t-1)}$, de ordem p , e a uma matriz diagonal de desvios padrão B , multiplicada por um vetor de perturbações aleatórias ε_t , conforme a equação (1) abaixo.

$$AX_t = \sum_{i=1}^p B_i X_{t-i} + B\varepsilon_t \quad (1)$$

Diferentemente de outros modelos econométricos, que têm como principal objetivo fazer previsões, o VAR procura responder a questões

sobre como as variáveis se relacionam e como a série é alterada por um choque estrutural, que ocorre por meio da aleatoriedade de ε_t e é captado pela matriz .

Os pressupostos do VAR são: (1) as séries são contemporaneamente correlacionadas, (2) os termos aleatórios são ruídos brancos com covariância nula e (3) as variáveis têm que ser estacionárias. No entanto, em relação ao último, caso as séries de tempo não sejam estacionárias, ainda é possível utilizá-las (ENDERS, 2009).

Ocorre que séries temporais não estacionárias têm dinâmica comum de longo prazo e assim guardam uma relação de equilíbrio entre si. Conforme Bueno (2011), séries temporais não estacionárias apresentam tendência estocástica, “justificando a designação de relações de longo prazo” (p. 242). Então, define-se um vetor β de cointegração, tal que $X_t\beta=0$, o qual estabelece uma combinação linear entre as séries de tempo do vetor X_t . Dessa maneira, apesar de as séries serem não estacionárias, os resíduos desta combinação linear de séries temporais têm comportamento estacionário. Portanto, existe uma relação de longo prazo que pode ser perturbada por choques de curto prazo, porém, uma vez que o resíduo é estacionário, trata-se de uma perturbação que tende a se dissipar com o passar do tempo, fazendo com que as variáveis voltem ao equilíbrio no longo prazo (BUENO, 2011).

Para determinar o vetor β , chamado de vetor de cointegração, utiliza-se o método de Johansen (JOHANSEN, 1988; JOHANSEN, JUSELIUS, 1990). Este método verifica a existência de cointegração entre as séries e, ao mesmo tempo, também estima o vetor de cointegração, isto é, seus coeficientes. Assim, o erro de equilíbrio é incorporado para ajudar o modelo VAR. Logo, tem-se um modelo “quase VAR”, o Modelo de Vetor de Correção de Erros (VECM), que tem uma dinâmica de longo prazo pelo vetor de cointegração e uma de curto prazo pelo ajuste de erros. O principal benefício dessa metodologia é que modelos tradicionais, como o ARIMA, por exemplo, utilizam diferenciação de séries temporais, o que implica perdas de informação. Já em modelos multivariados, como os de cointegração, permitem medir a tendência de longo prazo das séries.

Nesse sentido, uma vez que se trabalha com dados de série temporais, para escolher o modelo, é necessário verificar se as séries são estacionárias. O processo estocástico que gerou uma série é estacionário se a média e a variância forem constantes e se a covariância entre dois valores da série não depender do tempo, mas apenas da defasagem entre si. Segundo Hill et al. (2010), as consequências de se trabalhar com séries temporais não estacionárias são graves, levando a estatísticas imprecisas e não confiáveis. Não só, mas as inferências estatísticas só terão validade se os resíduos da série temporal estimada forem estacionários.

Pode-se verificar a estacionariedade com um teste de raiz unitária. Há diversos testes, que já são implementados em *softwares* econométricos, como, por exemplo, o teste de estacionariedade KPSS (KWIATKOWSKI et al., 1992), o teste de raiz unitária de Ng-Perron (PERRON; NG, 1996; NG; PERRON, 2001), o teste de Phillips-Perron (PHILLIP; PERRON, 1988), o teste de Augmented Dickey Fuller (ADF) (DICKEY; FULLER, 1979) e também o teste de raiz unitária com quebra estrutural, elaborado por Perron (1989). Considerando que há vantagens e desvantagens em um dos testes⁴, todos eles foram utilizados na verificação da presença de raiz unitária nas séries de tempo, de tal forma que assim é possível ter mais confiabilidade nos resultados. Na literatura, um dos mais utilizados foi o teste de Ng-Perron, como, por exemplo, nos trabalhos de estimativa de elasticidade de Rodrigues e Bacchi (2014), Melo e Sampaio (2014), entre outros autores.

O passo seguinte é determinar a ordem p do vetor. Isso é feito por meio de critérios de informação. De acordo com Bueno (2011), há três principais critérios: o critério de Schwarz, o de Akaike e o de Hannan-Quinn. Para os três critérios, deseja-se o menor valor. Após isso, caso as séries sejam não estacionárias, é feito o teste de Johansen, que indica a ordem de cointegração das séries. Com isso, é possível estimar o modelo VECM, ou o VAR, caso as séries sejam estacionárias, sem necessidade do vetor de cointegração.

4 Para o leitor com interesse sobre as vantagens e as desvantagens de cada teste, recomendam-se os livros de Enders (2009) e Bueno (2011).

2.3 Modelo proposto

Neste trabalho, para analisar a demanda de combustíveis veiculares entre 2004 e 2014 no Brasil, serão utilizados dois modelos diferentes: um modelo para estimar a elasticidade da demanda por gasolina e outro para a demanda por etanol. Destarte, teremos um modelo que explica a relação entre (1) consumo de gasolina, (2) preço de gasolina, (3) preço do etanol e (4) variação do PIB e um segundo modelo que explica a relação entre (1) consumo de etanol, (2) preço de gasolina, (3) preço do etanol e (4) PIB, nos quais todas as séries de tempo são endógenas ao modelo.

Os passos a seguir, para cada modelo, são: (1) fazer os testes de raiz unitária para verificar a estacionariedade; (2) aplicar os critérios de informação para determinar a defasagem (*lag*) das séries e, se elas não forem estacionárias, (3) fazer os testes de cointegração; por fim, (4) estimar os coeficientes do modelo, que informam a elasticidade da demanda dos combustíveis veiculares.

3. Resultados e Discussões⁵

O primeiro resultado a ser exibido corresponde aos testes de raiz unitária aplicados às séries temporais dos modelos. Os testes indicaram, a 5%, que todas as séries temporais são integradas de ordem um, $I(1)$, isto é, têm raiz unitária, com exceção da série temporal de preços do etanol, que não tem raiz unitária, ou seja, é $I(0)$. Portanto, conclui-se que apenas a série temporal do preço do etanol é estacionária, enquanto as demais são não estacionárias.

Feito isso, foram aplicados os critérios de informação para determinar a defasagem dos modelos. Os critérios aplicados foram o de Schwarz, Hannan-Quinn e Akaike. Os resultados indicaram que, para o modelo de consumo de etanol, a defasagem a ser utilizada foi a de quatro períodos, enquanto para a de gasolina, a defasagem foi de três.

⁵ Todos os resultados exibidos neste artigo foram obtidos por meio dos *softwares* E-views 9.0 e Microsoft Excel 2013.

Em seguida, procedeu-se ao teste de Johansen. Para o modelo de consumo de gasolina, os resultados indicaram existência de pelo menos dois vetores de cointegração a 5%, enquanto para o consumo de etanol, o resultado foi de pelo menos um vetor. Portanto, há dois vetores de cointegração para o modelo de demanda da gasolina e apenas um vetor para o modelo de demanda de etanol. Os valores dos dois vetores de cointegração, com sinais já corrigidos, estão dispostos na Tabela 2, com erro padrão entre parênteses e estatística-t entre colchetes, sendo Cgas, Cet, PIB, Pet e Pgas, respectivamente, a notação para as variáveis consumo de gasolina, consumo de etanol, produto interno bruto, preço do etanol e preço da gasolina.

Tabela 2 – Resultados do vetor de cointegração

Cgas	PIB	Pet	Pgas
1,0000	0,0000	3.882815 (0.70466) [-5.51017]	-4.340421 (0.71216) [6.09471]
0,000	1,0000	0.214943 (0.15852) [-1.35594]	-1.923619 (0.16021) [12.0071]
Cet	PIB	Pet	Pgas
1,0000	16.84761 (2.35763) [-7.14599]	33.83870 (5.30831) [-6.37466]	-12.30372 (2.13566) [5.76109]

A Tabela 2 mostra os resultados dos vetores de cointegração dos dois modelos, tal que todos os coeficientes são significativos a 5%, implicando uma relação de longo prazo entre todas as variáveis de cada modelo. Além disso, os coeficientes transmitem a elasticidade da demanda de longo prazo. Para ambos os modelos, os sinais das elasticidades estão de acordo com a teoria microeconômica, indicando que as curvas de

demanda de ambos os combustíveis são elásticas no longo prazo. Este resultado também foi confirmado na literatura.

No curto prazo, os resultados da demanda de etanol e da demanda de gasolina, respectivamente, estão na Tabela 3 e na Tabela 4, com valores significantes a 5%, mostrados com *.

Tabela 3 – Resultados do modelo para demanda de gasolina no curto prazo

Variável	Coefficiente	Erro-Padrão	Estatística-t	Valor-p
D(Cgas(-1))	-0.919070*	0.091994	-9.990516	0.0000
D(Cgas(-2))	-0.910135*	0.098547	-9.235506	0.0000
D(PIB(-1))	0.508645*	0.180983	2.810454	0.0058
D(PIB(-2))	1.126019*	0.184592	6.100033	0.0000
D(Peta(-1))	0.350668*	0.136380	2.571263	0.0114
D(Peta(-2))	0.491499*	0.136736	3.594514	0.0005
D(Pgas(-1))	-0.659167	0.539461	-1.221900	0.2242
D(Pgas(-2))	-1.227841*	0.566216	-2.168504	0.0321

Os resultados do modelo na Tabela 3 indicam que, para a gasolina, no curto prazo, a curva de demanda-renda é elástica, tal que um aumento de 1% na renda implica um aumento de até de 1,126% no consumo da gasolina. A elasticidade-preço também é elástica, indicando redução de 1,227% no consumo, dado um aumento de 1% no preço do combustível. Por outro lado, a elasticidade-preço da demanda cruzada, isto é, a reação da demanda de gasolina, dado um aumento no preço de etanol, indica que ela é inelástica, tal que um aumento de 1% do combustível renovável implica um aumento de 0,491% no consumo de gasolina.

Em comparação com os outros trabalhos, tanto Santos (2013) e Nappo (2007), que trabalharam com períodos de 2001 a 2010 e de 1994 a 2006, respectivamente, chegaram a resultados de que a demanda-preço da gasolina é inelástica no curto prazo. Este trabalho, que considera o período

de 2004 a 2014, obteve o resultado de que a elasticidade da demanda-preço da gasolina pode ter passado a ser elástica. Além disso, verificou-se que a elasticidade-renda da demanda também pode ter passado de inelástica para elástica, novamente em comparação com a literatura. Por último, a elasticidade-preço cruzada ainda continua inelástica, porém, ela está mais elástica que nos períodos anteriores, dado que Santos (2013) estimou em 0,099 e este trabalho, em 0,491.

Tabela 4 – Resultados do modelo para demanda de etanol no curto prazo

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística-t	Valor-p
D(Ceta(-1))	-0.276698*	0.109111	-2.535926	0.0126
D(Ceta(-2))	-0.401942*	0.112998	-3.557089	0.0005
D(Ceta(-3))	0.149199	0.114728	1.300461	0.1961
D(PIB(-1))	-0.496627	0.354792	-1.399768	0.1643
D(PIB(-2))	0.694709*	0.318774	2.179311	0.0314
D(PIB(-3))	-0.533470	0.313359	-1.702427	0.0914
D(Pgas(-1))	1.326208	1.056548	1.255227	0.2120
D(Pgas(-2))	2.192568*	1.113527	1.969029	0.0514
D(Pgas(-3))	-1.051528	1.091866	-0.963056	0.3376
D(Peta(-1))	-1.035915*	0.247262	-4.189538	0.0001
D(Peta(-2))	-0.485303	0.280671	-1.729080	0.0865
D(Peta(-3))	0.128674	0.281776	0.456653	0.6488

Na Tabela 4, os resultados para o consumo de etanol no curto prazo indicam que a elasticidade-renda da demanda é inelástica, tal que um aumento de 1% no PIB implica um aumento de até 0,694% no consumo deste combustível. Por outro lado, um aumento de 1% no preço de etanol implica uma redução de até 1,035% em seu consumo, logo, trata-se de uma demanda elástica em relação a seu preço. Por último, em relação à elasticidade-preço da demanda cruzada, a demanda é elástica, tal que um aumento de 1% no preço da gasolina leva a um aumento de 2,192% no consumo do combustível renovável.

Os resultados obtidos neste artigo para a elasticidade de demanda de etanol foram semelhantes ao da literatura. Assim como Santos (2013), este artigo chegou a resultados de que a elasticidade-preço e a elasticidade cruzada são elásticas, e a elasticidade-renda é inelástica no curto prazo. Este estudo também chegou a resultados de que a curva de demanda de etanol possivelmente se mostrou mais elástica com o passar dos anos. Este resultado também é semelhante a trabalhos mais recentes, como os de Melo e Sampaio (2014) e de Cardoso e Bittencourt (2013), e outros mais antigos, como o de Azevedo (2007).

É possível comparar o aumento das elasticidades-preços das demandas de combustível no curto prazo, quando comparadas com outros trabalhos da literatura, com a recente situação regulatório-econômica do mercado de combustíveis no Brasil. Sabe-se que a gasolina e o etanol são bens substitutos imperfeitos pelas razões técnicas automotivas dos veículos *flex-fuel*. Quando a razão entre o preço do etanol e o preço da gasolina equivale a 70%, para o motorista o custo é o mesmo de abastecer com qualquer um dos dois combustíveis. Dessa maneira, se a razão é menor que 0.7, o custo é menor se for utilizado o primeiro combustível, caso contrário, o segundo. A Figura 5 mostra a trajetória dessa relação para o período deste estudo.

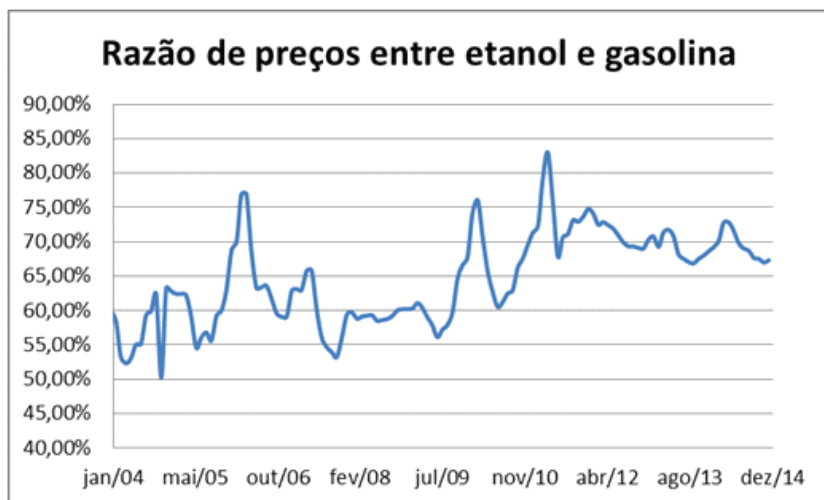


Figura 5 – Razão de preços entre etanol e gasolina

Fonte: Elaboração dos autores, com dados da ANP (2015).

A Figura 5 mostra que, entre 2004 e 2010, a curva fica em sua maior parte abaixo dos 70%, próxima de 60%, indicando que, nesse período, para o motorista o consumo de etanol era favorável. No entanto, depois de 2011, com o fortalecimento da crise no sucroenergético, essa situação foi alterada, tal que a série temporal do gráfico passou a ficar mais próxima do ponto de equilíbrio de 70%. Assim, uma vez que a relação de preços estava muito próxima de 70% nos últimos anos, qualquer alteração no preço dos combustíveis alteraria a preferência de combustível do consumidor, com maior impacto do que antes de 2011, quando a razão era próxima de 60%.

Além disso, uma vez que a gasolina se comportou como principal combustível veicular no Brasil recentemente, aumentos no preço do etanol surtem pouco efeito. Logo, a elasticidade cruzada da demanda de gasolina, em relação ao preço do etanol, coerentemente tem comportamento inelástico no curto prazo. Por outro lado, seguindo essa linha de raciocínio, a elasticidade cruzada da demanda de etanol passou a se comportar como elástica.

Portanto, em virtude de a relação de preços estar próxima de 70% nos postos de gasolina, a elasticidade-preço de ambos os combustíveis e a elasticidade-cruzada do preço da gasolina (para a demanda de etanol) passaram a ser elásticas como consequência da crise no setor sucroenergético e da presença dos veículos *flex-fuel* no mercado automobilístico.

Entretanto há algumas limitações nesta pesquisa que devem ser destacadas. Primeiramente, os dados de preços utilizados (ANP, 2015) são médias de postos selecionados em todo o país. Sendo assim, é de se esperar que os resultados encontrados aqui não sejam válidos para todos os municípios, ou mesmo para todos os estados.

Uma segunda limitação é referente à indisponibilidade de alguns dados. A quantidade de veículos de cada tipo, isto é, quantos veículos são movidos por gasolina, quantos por etanol, quantos são *flex-fuel* não está disponível de forma precisa. Em termos confiáveis, há apenas o número de vendas de cada tipo de veículo. Para contornar este problema, na literatura houve uma tentativa de utilizar uma curva de sucateamento de automóveis (estimativa do número de veículos que são retirados de circulação) para obter uma estimativa da frota por tipo de veículo (PUGLIERI, 2013). Ainda assim, como não existe um valor preciso, foi decidido pelos autores, para este artigo, não trabalhar com dados de evolução da frota veicular.

4. Conclusões

Este trabalho teve como objetivo avaliar a elasticidade da demanda de combustíveis no Brasil entre 2004 e 2014. Nesse período, no Brasil, os principais combustíveis foram a gasolina C e o etanol hidratado. Este último voltou a receber investimentos com a chegada dos veículos *flex-fuel*, que funcionam com ambos os combustíveis, e com o aumento nos preços internacionais do barril de petróleo. Dessa forma, o setor sucroalcooleiro, entre 2004 e 2009, expandiu-se muito. A área de

plantação de cana-de-açúcar aumentou, assim como as vendas de etanol. Entretanto, os anos seguintes foram muito ruins. O setor entrou em crise em virtude de condições climáticas adversas, concorrência com o açúcar e com o controle preços da gasolina C, que começou em 2006.

Em particular, sobre a interferência nos preços da gasolina veicular, que teve seu preço de maneira artificial abaixo da inflação, o setor sucroenergético não pôde passar todo o aumento de custos para o preço do combustível. Logo, os preços de etanol foram elevados até próximo da margem de 70% do preço da gasolina⁶, a fim de evitar perda de demanda. Dessa forma, com a razão de preços dos dois combustíveis muito próxima de 70%, quando ocorreram alterações nos preços dos combustíveis, a demanda passou a responder de maneira mais elástica. Portanto, foi possível concluir que a crise no setor sucroenergético e a inovação dos veículos *flex-fuel* foram os principais fatores que alteraram a elasticidade da demanda dos combustíveis para um comportamento elástico no curto prazo.

Considera-se também que a gasolina foi o principal combustível nos últimos anos, em função do aumento no seu consumo entre 2011 e 2014. Somam-se a este fato os resultados obtidos da demanda por gasolina ser inelástica para alterações no preço do etanol, enquanto a demanda por etanol ser elástica para o preço da gasolina veicular. Portanto, outra conclusão que os autores chegaram neste artigo é que as alterações no preço da gasolina causaram mais efeitos na demanda de etanol do que as alterações no preço de etanol na demanda de gasolina.

Agradecimentos

Os autores deste artigo gostariam de agradecer as contribuições e sugestões de um parecerista anônimo deste periódico.

6 Devido às razões técnicas dos veículos *flex-fuel*, quando o preço do etanol equivale a 70% do preço da gasolina, os consumidores são indiferentes entre quais combustíveis escolherem. Dessa maneira, se o preço do etanol é abaixo de 70% da gasolina, os consumidores preferem o primeiro, caso contrário, preferem o último.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP). **Base de dados da Agência Nacional do Petróleo**, 2015. Disponível em www.anp.gov.br. Último acesso em julho/2015.

ALVES, Denisard C. O.; BUENO, Rodrigo de L. da S..Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil. **Energy Economics**, v. 25, n. 2, p. 191-199, 2003.

ANNA, Eduardo Pimentel Sant’; BASTOS, Júlio Cesar Albuquerque. **Elasticidade da demanda por gasolina no Brasil e o uso da tecnologia flexfuel no período 2001-2012**. In: 42º Encontro Nacional de Economia - ANPEC, 2014, Natal-RN. 42º Encontro Nacional de Economia - ANPEC, 2014.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira – 2014**. São Paulo: 2015

AZEVEDO, B. S. **Análise das elasticidades preço e renda da demanda por combustíveis no Brasil e desagregadas por regiões geográficas**. Dissertação de Mestrado Profissionalizante, Programa de Pós-Graduação em Economia, Faculdades Ibmec, Rio de Janeiro, 2007.

BRET-ROUZAUT, Nadine; FAVENNEC, Jean-Pierre: **Oil and Gas Exploration and Production: reserves, costs, contracts**. Editions Technip, Paris, 2007.

BUENO, R.L.S.: **Econometria de séries temporais**. 2ª Edição, Cengage Learning, 2011.

BURNQUIST, Heloisa L.; BACCHI, Mirian R. P. A demanda por gasolina no Brasil: uma análise utilizando técnicas de co-integração. In: **XL Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**. 2002.

BUSCARINI, Rodolfo J. G.; CESCA, Igor G. Análise do impacto dos veículos *flex-fuel* na formação e regulação de preços de combustíveis veiculares no Brasil. In: **Rio Oil & Gas Expo and Conference**. 2012.

CALDEIRA FILHO, C.A.: **Aspectos cognitivos da formulação de estratégias políticas: um estudo de caso no setor do bioetanol brasileiro**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2012.

CARDOSO, Leonardo Chaves Borges; BITTENCOURT, Maurício Vaz Lobo. Mensuração das elasticidades-preço da demanda, cruzada e renda no mercado de etanol brasileiro: um estudo usando painéis cointegrados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 4, p. 765-784, 2013.

CEPEA-ESALQ. **Base de dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**. Universidade de São Paulo, 2015. Último acesso em julho/2015.

DAHL, Carol; STERNER, Thomas. Analysing gasoline demand elasticities: a survey. **Energy Economics**, v. 13, n. 3, p. 203-210, 1991.

DICKEY, David A.; FULLER, Wayne A.: Distribution of the Estimators for autoregressive Time Series with a Unit Root. **Journal of the American Statistical Association**, Vol. 74, No.366 (Jun., 1979), pp. 427-431, 1979.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. 3rd. ed. Nova York: Wiley, 2009.

FERNANDES, Rosângela Aparecida Soares; SANTOS, Cristiane Marcia dos; PEIXOTO, Sarah Lorena. Determinantes da Demanda de Gasolina C no Estado de Minas Gerais, 2002 a 2010. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 10, n. 1, 2012.

GRAHAM, Daniel J.; GLAISTER, Stephen. The demand for automobile fuel: a survey of elasticities. **Journal of Transport Economics and Policy**, p. 1-25, 2002.

HILL, R. Carter; GRIFFITHS, William E.; JUDGE, George G.: **Econometria**. Traduzido de *Undergraduate Econometrics*, 2nd ed. 3ª Edição, Editora Saraiva, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA (IPEA). **Base de dados do IPEA**, 2015. Disponível em www.ipeadata.gov.br. Último acesso em agosto/2015.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of Economics Dynamics and Control**, v. 12, p.231-254, 1988.

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with application to the demand of money. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v. 52, p. 169-209, 1990.

KWIATKOWSKI, D.; PHILLIPS, P. C.; SCHMIDT, P.; SHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? **Journal of Econometrics**, v. 54, n. 1-3, p. 159-178, 1992.

MELO, André de Souza; SAMPAIO, Yony de Sá Barreto. Impactos dos preços da gasolina e do etanol sobre a demanda de etanol no Brasil. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 18, n. 1, p. 56-83, 2014.

MOREIRA, José R.; GOLDEMBERG, José. The alcohol program. **Energy Policy**, v. 27, n. 4, p. 229-245, 1999.

MOREIRA, J. R.; PACCA, S. A.; PARENTE, V.: The future of oil and bioethanol in Brazil. **Energy Policy**, 65, 7-15, 2014.

NAPPO, M. **A demanda por gasolina no Brasil: Uma avaliação de suas elasticidades após a introdução dos carros bicomcombustível.** Dissertação de Mestrado. FGV - EESP, São Paulo, 2007.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial.** São Paulo: Atlas, 2010.

NG, S.; PERRON, P. Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power. **Econometrica**, Chicago, v. 61, n. 6, p.1519-1554, Nov. 2001.

PERRON, P.; NG, S. Useful modifications to some unit root tests with dependent errors and their local asymptotic properties. **Review of Economic Studies**, Bristol, v. 63, n. 3, p. 435-463, jul. 1996.

PERRON, P. The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. **Econometrica**, Chicago, v. 57, n. 6, p. 1361-1401, Nov. 1989.

PHILLIPS, Peter CB; PERRON, Pierre. Testing for a unit root in time series regression. **Biometrika**, v. 75, n. 2, p. 335-346, 1988.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. **Microeconomics.** Prentice Hall, Sétima Edição, 2009.

PUGLIERI, Rafael. **Análise da indústria sucroalcooleira sob a ótica da defesa da concorrência: como definir mercados relevantes.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia – EP/FEA/IEE/IF, Universidade de São Paulo, 2013.

RAMANATHAN, Raj. Short-and long-run elasticities of gasoline demand in India: An empirical analysis using cointegration techniques. **Energy Economics**, v. 21, n. 4, p. 321-330, 1999.

RANDOW, Bruno MV; FONTES, Rosa Maria O.; CARMINATI, JG de O. Estimativas das elasticidades-preço e renda da demanda por álcool

combustível no Brasil. In: **48º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural**. 2010.

RODRIGUES, L.; BACCHI, M. R. P.: **Políticas públicas e a demanda energética por combustíveis leves no Brasil, 2003 a 2013**. In: 42º Encontro Nacional de Economia - ANPEC, 2014, Natal-RN. 42º Encontro Nacional de Economia - ANPEC, 2014.

SANTOS, Gervásio F. Fuel demand in Brazil in a dynamic panel data approach. **Energy Economics**, v. 36, p. 229-240, 2013.

SZMRECSANYI, T. M.; MOREIRA, E. P. O Desenvolvimento da agroindústria canavieira do Brasil desde a segunda guerra mundial. **Estudos Avançados**, v. 5, n. 11, p. 57-79, 1991.

TENKORANG, Frank et al. Relationship between ethanol and gasoline: AIDS approach. **Energy Economics**, v. 50, p. 63-69, 2015.

TOLEDO, Marcelo. Setor sucroenergético deve chegar a sessenta usinas fechadas no país neste ano. **Folha de São Paulo**. 2015. Publicado em 10/03/2015. Último acesso em 14/08/2015.

TONIN, João Ricardo; MATHEUS TONIN, Julyerme. Do Proálcool ao “Próetanol”: novos desafios na produção do etanol brasileiro. **Revista Gepec**, v. 85903, 2014.