



OS DETERMINANTES DA OFERTA E DA DEMANDA DE ETANOL NOS ESTADOS BRASILEIROS

Bruno Maciel Von Randow¹

Rosa Maria Olivera Fontes²

Leonardo Bornacki de Mattos³

Eloy Alves Filho⁴

RESUMO

Nos últimos 30 anos observou-se um movimento mundial em busca do desenvolvimento de fontes de energia que pudessem reduzir a dependência dos derivados de petróleo. Por isto, os biocombustíveis, em especial o etanol, têm ganhado destaque no cenário energético mundial. No Brasil, após o PROÁLCOOL, e mais recentemente, os veículos bicombustíveis, o etanol tem consolidado sua posição de concorrente da gasolina no mercado de combustíveis para veículos leves. Este trabalho teve como objetivo estimar os determinantes da oferta e da demanda de etanol para os estados brasileiros no período de 2001 a 2008. Dado que, pela teoria econômica, preço e quantidade são determinados simultaneamente pelo equilíbrio das curvas de oferta e demanda, e visto que os dados referem-se a mais de um estado ao longo de 8 anos, o modelo foi estimado por meio de um painel simultâneo. Os resultados encontrados demonstraram que não há simultaneidade na determinação do preço e das quantidades demandadas e ofertadas (defasada em um período) de etanol no período. As estimativas indicaram que a demanda do etanol é preço-elástica. Confirmou-se a hipótese de que gasolina e etanol devem ser tratados como substitutos imperfeitos e que tratasse de um bem normal. Confirmou-se ainda a hipótese de diferenças nas elasticidades entre os estados não produtores e produtores de etanol. Dada a forte concentração da produção, a oferta foi estimada apenas para

1 Mestre em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia pela Universidade Federal de Viçosa

2 Professora Titular do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa.

3 Professor Adjunto do Departamento de Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa.

4 Professor Adjunto do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa.



os 7 maiores produtores nacionais. Assim como a demanda, a oferta de etanol se mostrou preço-elástica no curto prazo, embora tenha sido preço-inelástica no longo prazo. Para os preços do açúcar e da cana-de-açúcar, e a oferta de etanol anidro, o sinal negativo encontrado foi o esperado pela teoria, sendo o etanol anidro o principal concorrente do etanol hidratado.

Palavras Chave: Etanol; Demanda; Oferta; Energia; Simultaneidade

ABSTRACT

Over the past 30 years, there was a global movement seeking to develop energy sources that could reduce the dependence of petroleum products. In this sense, biofuels, especially ethanol, have gained prominence in the world energy market. In Brazil, after PROÁLCOOL, and more recently, dual-fuel vehicles, the ethanol has been established as a competitor for gasoline in the light vehicles' fuel market. This study searches to estimate the determinants of supply and demand of ethanol for the Brazilian states from 2001 to 2008. Since the economic theory dictates that price and quantity are defined simultaneously on the equilibrium of demand and supply curves, and also that the data used refers to more than one state over eight years, a simultaneously panel data model was estimated. Despite the economic theory, results shown that there is no simultaneity in the determination of price and quantities demanded and supplied of ethanol. Estimates indicate that the demand for ethanol is price elastic, gasoline's imperfect substitute and also a normal good. It was also confirmed the hypothesis of differences in elasticities between non-producers and ethanol producers states. Due the strong market concentration, the supply was estimated for the 7 major domestic producers was estimated. Thus, like the demand, the supply of ethanol was also price-elastic in the short run, although price-inelastic in the long run. The negative sign found for the prices of sugar and sugar-cane and the supply of anhydrous ethanol was expected by the theory, being the anhydrous ethanol's supply the main competitor of hydrated ethanol.

Keywords: Ethanol; Demand; Supply; Simultaneity; Energy



1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 30 anos, a questão energética tem recebido crescente destaque no campo da teoria econômica devido ao papel central da oferta de energia para o crescimento econômico dos países. Além da iminente exaustão das reservas deste recurso não-renovável, a crescente conscientização dos impactos negativos resultantes da queima dos combustíveis fósseis sobre o clima e o meio ambiente, e a grande concentração da produção de petróleo pelos países integrantes da Organização dos Países Produtores de Petróleo - OPEP, são apontados como os principais responsáveis pelas mudanças ocorridas na matriz energética mundial desde 1973 (IEA, 2008). Segundo dados do BEN (2009), em 2007, este pequeno grupo de países foi responsável por 75,5% dos 1,333 trilhão de barris de reservas provadas e de 43% da produção mundial de petróleo.

Ao analisar a composição das matrizes energéticas mundial e brasileira, é possível notar que estas sofreram significativas modificações nos últimos 30 anos, para adequar a oferta às necessidades da economia (BEN, 2009).

Entre 1973 e 2007, embora algumas fontes como o gás natural e a energia nuclear, tenham ganhado participação no total de energia gerado, a composição geral da matriz energética mundial pouco mudou entre estes anos, mantendo o petróleo como a principal fonte de energia, responsável por 34% de toda a energia gerada no mundo em 2007 (BEN, 2009).

Já na matriz energética brasileira embora o petróleo ainda seja a principal fonte de energia, destaca-se o crescimento da importância de fontes que antes exerciam um papel secundário dentro da matriz energética, como o caso dos derivados da cana-de-açúcar e do gás natural. Estas duas fontes apresentaram um forte crescimento entre 1970 e 2009, passando os derivados de cana-de-açúcar de 5,4% para 18%, enquanto o gás natural passou de 0,3% para 8,8% da oferta interna de energia (BEN, 2009).

Segundo dados do BEN (2009), o setor de transportes foi responsável por cerca de 30% dos 206.024 milhões de toneladas equivalentes de petróleo - tep de energia consumidos em 2009 no Brasil, atrás apenas do setor industrial, maior consumidor neste ano, sendo que aproximadamente 78% são derivados de petróleo (BEN, 2009). O desafio então é tornar este setor mais sustentável e menos dependente do petróleo. Como destacado por Constantini e Martini (2010), a estabilização e redução das emissões dos gases poluentes esta condicionada à redução do uso de combustíveis fósseis.



Nesse contexto, após as crises do petróleo, houve um movimento mundial em direção ao desenvolvimento de novas fontes de energia. No Brasil, o principal programa para redução da dependência de petróleo foi o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), mantido entre os anos de 1975 e 1989, período onde uma série de incentivos à produção e oferta de etanol à base de cana-de-açúcar, mandioca ou qualquer outro insumo foram implementados.

Hoje, o etanol representa uma importante parcela no consumo total de combustíveis pela frota brasileira de automóveis. Entre 2000 e 2009, a participação do etanol no consumo total de combustíveis por veículos leves passou de 16,9% para 39,3% (ANP, 2010). Isto se deveu, em parte, à crescente participação dos veículos bicombustíveis na frota de automóveis, o que permitiu ao consumidor escolher entre etanol hidratado⁵ ou gasolina, sem custos adicionais (ANFAVEA, 2010). Por isto, o preço relativo⁶ destes combustíveis tem importante papel no processo de decisão do consumidor.

Assim, tornou-se vital a necessidade de diversificação da matriz energética, reduzindo a dependência do petróleo na geração de energia. Dentre as diversas fontes de energia disponíveis, as chamadas energias renováveis se apresentam como uma alternativa viável em busca de uma matriz energética mais limpa e sustentável (COSTA; PRATES, 2005). Por isto, observou-se um crescimento da importância da atividade sucroalcooleira no setor de fabricação de combustíveis. Entre 2000 e 2009, a participação do etanol no consumo total de combustíveis por veículos leves passou de 16,9% para 39,3% (ANP, 2010).

Isto demonstra a importância de estudos do comportamento da demanda e da oferta de combustíveis que abranjam períodos mais recentes, principalmente para anos posteriores a 2003, que permitam captar a influência do crescimento das vendas de veículos bicombustíveis.

Assim, embora existam diversos trabalhos como, Buonfiglio e Bajay (1992), Burnquist e Bacchi (2001), Alves e Bueno (2003), Bacchi (2005), Diehl *et al* (2007) e Serigati *et al* (2010), que se dedicaram a compreender a estrutura do mercado de etanol deste o início do PROÁLCOOL, eles não consideraram as questões de diferenças entre as unidades da federação. O objetivo deste trabalho é contribuir com as discussões acerca do tema,

5 Mistura hidroalcoólica com teor alcoólico mínimo de 92,6°. É utilizado como combustível em motores adaptados (ANP, 2010). Aqui tratado apenas como etanol.

6 Preço Relativo = (Preço Etanol / Preço da Gasolina). Dado que o rendimento do etanol corresponde, em média, a aproximadamente 70% do obtido pela gasolina, o consumo deste último combustível só é vantajoso quando o preço relativo é até 0,7 (BNEDES, 2008).



incorporando além da questão da simultaneidade entre oferta e demanda de etanol, as diferenças de preço, renda e frota de veículos das unidades da federação para o período 2001 a 2008.

Sendo assim, este trabalho busca analisar os determinantes da oferta e da demanda de etanol para os estados brasileiros. Especificamente, espera-se analisar a resposta dos consumidores de etanol às variações nos preços do etanol e da gasolina e na renda nos estados brasileiros; determinar as principais variáveis que afeta a oferta de etanol no Brasil, verificar se houveram mudanças significativas nas elasticidades nos últimos anos, devido à inserção dos veículos bicombustíveis no mercado automotivo, além de se comparar as elasticidades preço e renda entre estados produtores e não produtores de etanol.

2. REVISAO DE LITERATURA

2.1. A estrutura da produção de etanol no Brasil

Conforme descrito anteriormente, após os choques do petróleo em 1973 e 1979, houve um movimento mundial em busca do desenvolvimento de fontes de energia que pudessem substituir os derivados do petróleo na matriz energética.

No Brasil, a principal ação neste sentido foi a criação do PROÁLCOOL, onde uma série de incentivos à produção e oferta de etanol à base de cana-de-açúcar, mandioca ou qualquer outro insumo foram implementados. A base do programa consistiu, no primeiro momento, em manter uma paridade de preço entre o etanol e o açúcar cristal *standard*, estimulando a produção deste combustível, tratado até então como um subproduto menos valorizado do processo de produção do açúcar (BNDES, 2008).

O cenário favorável ao crescimento do mercado de etanol se manteve até 1986, quando uma redução nos preços do petróleo e o aumento do preço do açúcar no mercado internacional desmotivaram a manutenção da produção do etanol nos níveis dos primeiros anos do programa. Após este ano, com a redução dos incentivos até então dados pelo governo, a oferta de etanol sofreu significativa redução, desestimulando a venda de veículos movidos a etanol hidratado (BNDES, 2008).

Após alguns anos com a produção relativamente estagnada, o mercado de etanol sofreu novo estímulo com a introdução dos veículos bicom-



bustíveis. Neste novo momento do mercado de etanol, conforme observado por Coelho *et al* (2006) este já se encontra em outro patamar, superior àquele quando da implantação do PROÁLCOOL.

A mais importante mudança no cenário foi a forma de organização do mercado, especialmente da distribuição do combustível aos postos revendedores (BNDES, 2008). Se antes este era um monopólio da Petrobrás, hoje o que se observa é uma estrutura oligopolizada em relação às distribuidoras, o que é determinante para a fixação do preço que o etanol chega às bombas, bem como na determinação do preço que é repassado para o produtor deste combustível.

Conforme pode ser visto na tabela 1, que apresenta dados da ÚNICA (2010), atualmente o quadro deste mercado apresenta maior diversidade de regiões produtoras do que aquele do início do programa, onde as principais áreas canavieiras eram localizadas nos estados de São Paulo e Alagoas (BNDES, 2008). Além destes estados, destacam-se também no cenário nacional os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Paraná (ÚNICA, 2010).

Tabela 1: Produção e ranking dos principais estados produtores de etanol - 2001 e 2009

Estado	2001	Part% Estado	Rank. 2001	2009	Part% Estado	Rank. 2009	Cresc. % 2001/2009
São Paulo	6.439,1	60,8	1	16.722,5	60,8	1	159,7
Minas Gerais	485,1	4,6	4	2.167,6	7,9	2	346,9
Paraná	799,4	7,5	2	2.048,8	7,4	3	156,3
Goiás	318,4	3,0	6	1.726,1	6,3	4	442,1
Mato Grosso do Sul	314,8	3,0	7	1.076,2	3,9	5	241,9
Mato Grosso	464,4	4,4	5	952,2	3,5	6	105,1
Alagoas	712,6	6,7	3	845,4	3,1	7	18,6
Demais estados	1.059,3	10,0	-	1.974,3	7,2	-	86,4
Total	10.593,0	100,0	-	27.513,0	100,0	-	159,7

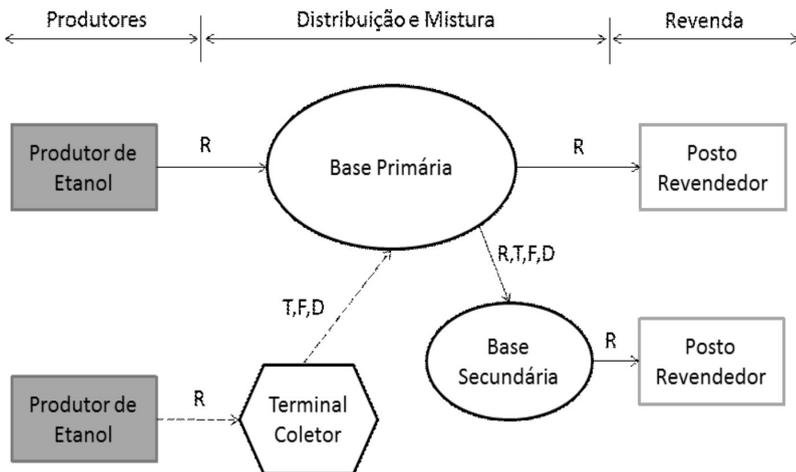
*Em milhões de litros

Por ser um produto suscetível à sazonalidade do fornecimento, e por conter produtos químicos e orgânicos, que podem comprometer sua qualidade caso não sejam transportados e armazenados de forma adequa-

da, o transporte do etanol exige uma logística de distribuição mais complexa do que aquela empregada para o transporte dos derivados de petróleo, sistematizada na Figura 1 (BNDES, 2008).

Após sair da usina, em geral o etanol segue dois caminhos. O principal deles é o transporte direto da usina para as distribuidoras e então destas para os postos de revenda. Aproximadamente 70% do volume do etanol comercializado no Brasil seguem esta rota, via transporte rodoviário, utilizando caminhões-tanque (BNDES, 2008). Além de armazenar e abastecer os postos revendedores, as distribuidoras são as únicas autorizadas por lei a realizarem a mistura do etanol anidro à gasolina. Esta medida visa, além de maior simplificação e controle tributário, garantir a qualidade e uniformidade do produto vendido ao consumidor final (ANP, 2010)

A segunda rota possível é utilizada especialmente para o transporte do etanol para regiões mais distantes. Após sair da usina, o etanol é transportado para terminais de coleta localizados nas principais regiões produtoras (São Paulo, Goiás, Paraná, Minas Gerais e Alagoas), em geral pelo modal rodoviário. Depois, ele é transportado para as distribuidoras que abastecem os postos de venda ao consumidor o que explica o diferencial nos preços de venda do etanol ao consumidor nas regiões não produtoras deste combustível (BNDES, 2008).



Modais: R: Rodoviário; T: Ferroviário; F: Fluvial; D: Dutoviário

Figura 1: Logística de distribuição do etanol no Brasil



Por fim, devido à semelhança no processo produtivo e nas matérias primas, os usineiros podem optar com relativa simplicidade entre produzir etanol ou açúcar. Por isso, além dos custos de produção do etanol, o custo de oportunidade de produzir um ou outro produto deve ser considerado na decisão do produtor. Assim, o preço do açúcar é um importante deslocador da oferta de etanol. Bastian-Pinto *et al* (2010) destacaram que, para atender a ambos os mercados, a maior parte das destilarias planejadas e em construção podem ser facilmente adaptadas para produzir tanto etanol como açúcar.

2.2. O perfil de consumo do etanol

Devido ao sucesso do PROÁLCOOL em introduzir um combustível capaz de concorrer com a gasolina no mercado de veículos leves, à crescente participação deste na matriz energética brasileira, e ao potencial de expansão deste mercado no Brasil, em virtude da grande extensão territorial e do clima tropical, diversos autores, se dedicaram a estudar a relação deste combustível com a demanda de gasolina e a estimar a demanda de etanol especificamente.

Neste sentido, Buonfiglio e Bajay (1992) projetaram as demandas de etanol e gasolina para o Brasil usando séries históricas de 1970 a 1990 do PIB, dos preços dos combustíveis e da frota de veículos em circulação. Os resultados encontrados sugerem que o consumo de etanol e de gasolina foi determinado por fatores como crescimento do PIB, política de preços para estes combustíveis e pelo preço dos veículos, além de fatores técnicos como o rendimento dos veículos.

Burnquist e Bacchi (2001) estimaram as elasticidades de curto e longo prazo da demanda por gasolina no Brasil para o período de 1973 a 1998 utilizando um modelo VEC. Os resultados indicaram que a demanda de curto prazo da gasolina é preço inelástica, enquanto a de longo prazo é relativamente mais elástica, embora os autores não a tenham considerado elástica, uma vez que as estimativas foram menores do que a unidade.

Buscando melhor entender o perfil do consumo de combustíveis, ao considerar o etanol como um substituto para a gasolina, Alves e Bueno (2003) estimaram as elasticidades de curto e longo prazo da demanda por gasolina no Brasil utilizando técnicas de co-integração para dados anuais no período de 1973 a 1999. Os resultados demonstraram que, em relação



à demanda por gasolina, o etanol pode ser considerado um substituto imperfeito, tanto no curto quanto no longo prazo, uma vez que a elasticidade cruzada foi estatisticamente significativa a 15%, nível que os autores consideraram razoável dado o tamanho limitado da amostra.

Tais resultados foram também confirmados por Bacchi (2005) que utilizou técnicas de co-integração para verificar a relação entre os preços do etanol e da gasolina no Brasil durante o período de julho de 2001 a agosto de 2004. As estimações demonstraram que, através das funções de impulso e resposta estimados, há grande impacto das variações do preço da gasolina sobre o consumo do etanol, confirmando a hipótese de bens substitutos entre etanol e gasolina.

Já Diehl *et al* (2007) utilizaram dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) para os anos de 2002 e 2003 para estimar as elasticidades-renda das despesas com etanol e gasolina no Brasil. Usando um modelo de mínimos quadrados generalizados, e estratificando a população por níveis de renda per capita, estes autores concluíram que é possível classificar o etanol e a gasolina como bens normais para os níveis mais altos de renda per capita, e como bens superiores para os demais estratos. Além disto, os resultados demonstraram que, de acordo com as elasticidades-renda médias obtidas, um aumento na renda gera um aumento relativamente maior na despesa com gasolina do que na despesa com etanol.

Finalmente, Serigati *et al* (2010) avançaram na modelagem deste mercado ao estimar as elasticidades preço e renda do etanol utilizando um modelo de equações simultâneas. Assim, estes autores neutralizaram o problema da simultaneidade na definição de preço e quantidade de equilíbrio. Os resultados encontrados por estes autores confirmaram os estudos anteriores ao confirmar que o preço do açúcar é importante determinante da oferta de etanol.

Observa-se, na Figura 2, que apresenta dados da ANP (2009), que é possível separar o mercado de etanol em dois momentos no comportamento do consumo deste combustível. Em um primeiro momento, durante o PROÁLCOOL há um forte estímulo à substituição da gasolina pelo etanol. Com o fim do programa, há um período de forte redução e estagnação do consumo, e este só volta a crescer com o início das vendas dos veículos bi-combustível no mercado de automóveis leves, em março de 2003, chegando este a patamares próximos ao consumo de gasolina (BEN, 2008).

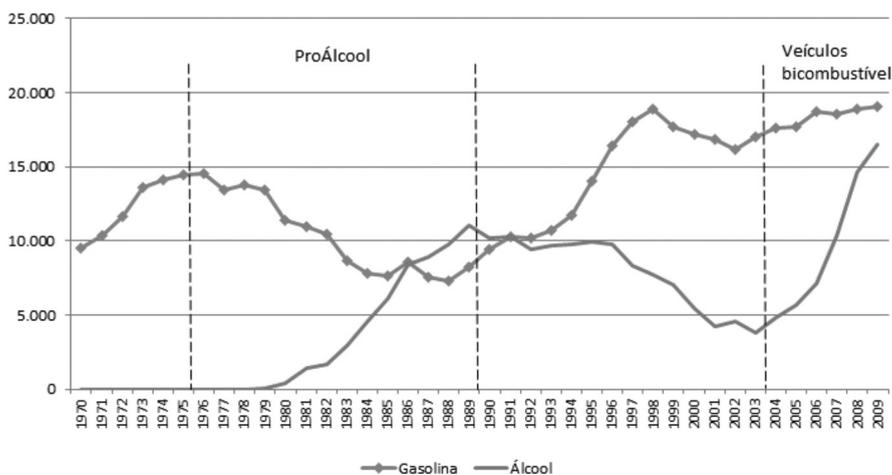


Figura 2: Série histórica do consumo final de gasolina e etanol – 1970 a 2009 – em 1.000 m³.

Mesmo que a estrutura de abastecimento e transporte do etanol disponível atualmente permita que o combustível seja vendido em todos os postos revendedores do país, assim como na produção, o mercado consumidor do etanol se apresenta bastante concentrado. Além de serem os maiores produtores, São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Goiás são também os maiores consumidores de etanol do Brasil.

Em todo o período de 2001 a 2009, conforme os dados apresentados na Tabela 2, a seguir, estes 4 estados somaram 73,95% de todo o etanol consumido no Brasil, sendo o estado de São Paulo individualmente responsável por 52,27% do total (ANFAVEA, 2010).

Embora concentram a maior parte da frota de veículos nacional, somados, os quatro estados destacados respondem por um percentual bem maior do consumo de etanol (73,95%) do que da frota circulante que representam (58,11% dos automóveis e 54,8% dos comerciais leves). Isto demonstra a influência do preço deste combustível na decisão de compra, devido à proximidade entre os consumidores finais e os produtores deste combustível (ANP, 2010).

Tabela 2: Principais estados consumidores de etanol, 2001, 2005 e 2009 e sua participação % na frota de veículos e comerciais leves em circulação em 2009.

Estados	2001		2005		2009		Frota em circulação	
	1.000 M ³	Part. %	1.000 M ³	Part. %	1.000 M ³	Part. %	Auto-móveis	Comerciais Leves
São Paulo	706,57	41,52	2.400,75	51,44	8.610,00	52,27	36,32	31,54
Minas Gerais	186,66	10,97	391,48	8,39	1.204,43	7,31	10,41	10,68
Paraná	205,31	12,06	518,24	11,10	1.193,03	7,24	8,29	8,34
Rio de Janeiro	71,91	4,23	180,53	3,87	872,81	5,30	8,63	6,24
Goiás	75,79	4,45	149,38	3,20	773,68	4,70	3,09	4,24
Santa Catarina	78,61	4,62	175,27	3,76	498,65	3,03	5,31	4,86
Rio Grande do Sul	80,20	4,71	189,90	4,07	403,03	2,45	8,07	7,04
Demais Estados	296,88	17,44	661,68	14,18	2.915,32	17,70	19,89	27,06
Brasil	1.701,91	100,00	4.667,22	100,00	16.470,95	100,00	100,00	100,00

Tal cenário é determinado também pela competitividade do etanol frente à gasolina. Na maioria dos estados brasileiros, o preço relativo do etanol ultrapassa o índice de 0,7, valor indicado para comparação entre estes dois combustíveis (BNDES, 2008).

Isto pode ser visto por meio da Figura 3 que apresenta uma comparação dos preços relativos etanol x gasolina, retirados da ANP, para dois grupos de estados: um formado pelos maiores estados produtores de etanol no Brasil (São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Alagoas), e o outro formado pelos demais estados brasileiros.

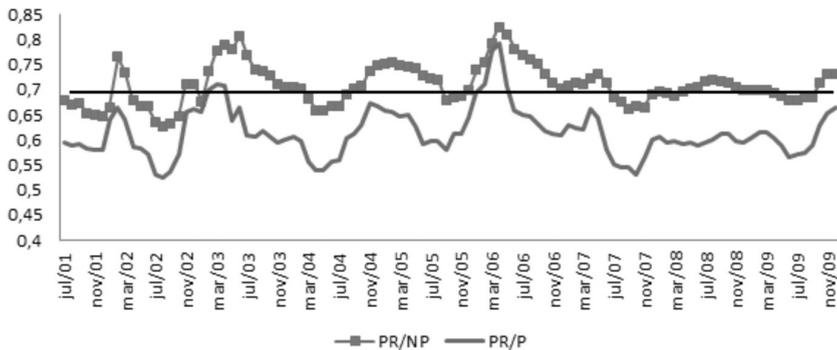


Figura 3: Preço relativo médio para os estados produtores e não produtores de etanol – 2001 a 2009.



Observa-se que na maior parte do tempo, o preço relativo médio para o grupo de estados não produtores (PR/NP) é maior do que 0,7, o que desestimula o consumo nestes estados, e explica porque estes participam tão pouco do consumo de etanol (Tabela 2).

Mesmo nos momentos onde a relação é menor do que 0,7, este valor é muito próximo do limite, logo, pequenas variações no preço de um destes combustíveis (aumento no preço do etanol ou redução no preço da gasolina) para que o etanol fique relativamente mais caro do que a gasolina.

3. METODOLOGIA

3.1. Referencial Teórico

3.1.1. Função de Demanda

Segundo Varian (2006) a demanda de um dado bem X é determinada a partir do problema de maximização da utilidade que o consumidor tem ao consumir este produto, ou uma determinada cesta de produtos, respeitando sua restrição orçamentária. Por simplicidade, optou-se por apresentar o referencial para o consumo de dois bens apenas, cujas implicações e interpretações podem facilmente ser ampliadas para uma cesta de produtos.

Ao resolver o problema de maximização da utilidade, a quantidade demandada do bem 1 pode ser descrita então da seguinte forma:

$$Q_1^D = f(P_1, P_2, R) \quad (1)$$

Em que: Q_1^D = quantidade demandada do bem 1; P_1 = preço do bem 1, P_2 = preço do bem 2; R = renda do consumidor.

Desta forma, como destacado por Varian (2006), a demanda de um bem pode ser definida como função da renda do indivíduo, do preço do bem, do preço do bem substituto, do preço do bem complementar e de outros fatores como gostos e preferências do consumidor. As combinações de diferentes preços e quantidades do bem 1, mantendo-se constante o preço do bem 2 e a renda, representam a curva de demanda individual do consumidor (Varian, 2006).



Ainda segundo este autor, espera-se que para bens considerados normais (onde a demanda sempre varia no mesmo sentido da variação da renda), os sinais dos parâmetros estimados sejam os seguintes: positivo em relação à renda; negativo em relação ao preço do bem 1; positivo em relação ao preço do bem substituto 2; negativo em relação ao preço do bem complementar e positivo ou negativo em relação aos gostos e preferências do consumidor.

O somatório de todas as curvas de demanda individuais representa a curva de demanda do mercado que, além dos preços e da renda, depende agora do total de consumidores do mercado em questão.

3.1.2. Função de Oferta

Diferentemente do problema do consumidor, que busca maximizar a utilidade do consumo, a firma busca encontrar combinações de fatores de produção que maximizem seu lucro, que é definido pela diferença entre a receita das vendas e os custos de produção (VARIAN, 2006). Logo, a quantidade ótima ofertada pela firma pode ser determinada a partir de um problema de maximização dos lucros ou de minimização de custos.

Na teoria da firma, os conceitos de curto e longo prazo são importantes na determinação deste lucro. Enquanto no curto prazo um dos fatores de produção e a tecnologia são fixos, no longo prazo todos os fatores de produção são variáveis.

A condição de primeira ordem para a maximização do lucro no curto prazo é determinada então ao diferenciar a função lucro da firma em relação à x_i , e igualar o resultado a zero. Desta forma, o lucro é máximo quando o produto marginal do fator, dado pela derivada da função lucro em relação ao fator analisado é igual ao seu preço e, pelas condições de 2º ordem, onde a derivada segunda da função de lucro deve ser menor que 0 para que o ponto encontrado possa realmente ser chamado de ponto de máximo, e não apenas de inflexão (Varian, 2006).

Assim é possível expressar a função de oferta de um bem da seguinte forma:

$$Q_1^O = f(P_1, P_h, C, T) \quad (2)$$

Em que: Q_1^O = quantidade ofertada do bem 1; P_1 = preço do bem 1; P_h = ve-



tor de preços de bens concorrentes na produção H ; C = vetor de custos de produção, como salário e preço dos insumos, custo da terra, bens de capital e impostos e T = tecnologia disponível.

No longo prazo, conforme descrito anteriormente, todos os fatores são variáveis. Neste caso, o problema de maximização do lucro da firma é o mesmo, sendo necessário agora que tanto o produto marginal do fator x_1 , quanto do fator x_2 sejam iguais aos seus respectivos preços, w_1 e w_2 .

3.1.3. *Equilíbrio das curvas de oferta e demanda: o modelo de teia de aranha*

O equilíbrio do modelo apresentado anteriormente é dado pela igualdade entre as variáveis preço e quantidade em ambas as curvas.

Assim, tem-se

$$Q_1^D = Q_1^O \quad (3)$$

Entretanto, na microeconomia clássica, este equilíbrio é estático, ou seja, uma vez atingido, os agentes tendem a mantê-lo a menos que ocorram choques exógenos que alterem o cenário estabelecido.

Partindo do princípio que a demanda reage instantaneamente à variações no preço, enquanto a oferta o faz com defasagem de algum período, ou seja, a oferta de um dado período é função do preço no período anterior.

Tal comportamento pode ser observado principalmente em produtos agrícolas e seus derivados, onde, devido ao tempo entre a plantação e a colheita, são produzidos um ou dois anos antes de sua comercialização.

Por isto, buscando maior proximidade com a realidade do mercado de etanol, optou-se por utilizar o modelo desenvolvido por Ezekiel (1938) chamado "teoria da teia de aranha".

Assim, suponha que as funções de oferta e demanda, evoluem em períodos diferentes, dados pelo seguinte sistema:

$$Q_{i,t+1}^O = aP_t + b \quad (4)$$

$$Q_{i,t+1}^D = -cP_{t+1} + d \quad (5)$$



Em que: $Q_{i,t+1}^O$ = quantidade ofertada do bem i no período $t+1$; $Q_{i,t+1}^D$ = quantidade demandada do bem i no período $t+1$; P_t = preço do bem i no período t ; P_{t+1} = preço do bem i no período $t+1$; e a, b, c, d = parâmetros das funções de oferta e demanda, sendo $a, c \in \mathfrak{R}^+$ e em geral ($b < 0 < d$).

Dado que em geral a inclinação da curva de oferta é positiva, e o da curva de demanda, negativa, tem-se que $-a/c < 0$. Conforme descrito por Ezekiel (1938) a equação de P_t segue uma trajetória temporal alternada em torno do seu valor de equilíbrio. Esta trajetória pode ser descrita pelas seguintes situações:

- a) Se $|a| < |c| \Rightarrow |a/c| < 1$: A equação geral do preço tem uma trajetória temporal alternada com amplitude decrescente, logo, convergente;
- b) Se $|a| > |c| \Rightarrow |a/c| > 1$: A equação geral do preço tem uma trajetória temporal alternada com amplitude crescente, logo, divergente;
- c) Se $|a| = |c| \Rightarrow |a/c| = 1$: A equação geral do preço tem uma trajetória temporal alternada com amplitude constante (divergência infinita).

Entretanto, o resultado obtido depende fortemente das expectativas feitas a respeito do preço inicial. Assim ele destaca que o quão melhor for a expectativa do agente sobre o preço, melhor será o ajuste do modelo à realidade.

Sendo assim, este modelo se apresenta como um arcabouço consistente para descrever o equilíbrio do mercado de etanol, por ser um combustível produzido basicamente a partir de culturas agrícolas, em especial a cana-de-açúcar no caso brasileiro, tal modelo de ajuste entre oferta e demanda reflete em grande parte a realidade observada para o mercado em análise.

3.2. Modelo Empírico

Após a definição do arcabouço teórico, apresentado anteriormente, esta seção se dedicará a apresentar o modelo empírico que será estimado neste trabalho.

Na equação de demanda, além das variáveis determinadas pela teoria econômica, assim como Buonfiglio e Bajay (1992), Burnquist e Bacchi (2001) e Serigati *et al* (2010), incluiu-se uma variável com o objetivo de veri-



ficar o impacto do crescimento da frota de veículos movidos a etanol sobre a demanda deste produto. Cabe destacar que, uma vez que a demanda por etanol é do tipo derivada, onde seu consumo resulta da demanda por outro bem, um aumento na demanda dos automóveis movidos a etanol tem como resultado um aumento na demanda por este combustível, pressionando seu preço.

No presente trabalho, assim como Alves; Bueno (2003) e Serigati *et al* (2010), etanol e gasolina serão tratados como substitutos imperfeitos, caso representado pela curva de indiferença de Cobb-Douglas clássica, onde a solução de consumo é sempre uma solução interior, e nunca de canto, como pode ocorrer para os substitutos perfeitos (VARIAN, 2006). Supondo um aumento no preço da gasolina, espera-se que a demanda por etanol aumente, mas sempre sendo consumidas quantidades positivas de ambos os bens.

Sendo assim, a equação de demanda estimada neste trabalho pode ser definida da seguinte forma:

$$QE^D = \beta_0 PE^{\beta_1} PG^{\beta_2} Y^{\beta_3} TxF^{\beta_4} e^u \quad (6)$$

Em que: QE^D = quantidade demandada de etanol; $PEHC$ = preço médio do etanol ao consumidor; PG = preço médio da gasolina; Y = PIB estadual per capita TxF = Taxa de crescimento das vendas de veículos movidos a etanol como *proxy* da taxa de crescimento da frota circulante.

Já a equação de oferta pode ser definida como segue:

$$QE^O = \alpha_0 PE^{\alpha_1} PAC^{\alpha_2} PCA^{\alpha_3} CEAN^{\alpha_4} PE_{t-1}^{\alpha_5} e^w \quad (7)$$

Em que: QE^O = produção de etanol como uma *proxy* para a quantidade ofertada; $PEHP$ = preço médio do etanol ao produtor; PAC = cotação do preço do açúcar no mercado internacional; PCA = preço da cana-de-açúcar recebido pelo produtor; $CEAN$ = consumo de etanol anidro; PE_{t-1} = preço médio do etanol defasado em um período.

Uma vez que utilizam os mesmos insumos de produção, o preço do açúcar foi incluído na função de oferta como um bem concorrente. Assim, considerou-se que aumentos nos preços do açúcar no mercado internacional tendem a desestimular a produção de etanol.

Por fim, uma vez que preço e quantidade são determinados simul-



taneamente pelo equilíbrio das funções de demanda e oferta, a condição para que este seja satisfeito pode ser definida da seguinte forma:

$$QE^D = QE^O \quad (8)$$

Aplicando-se o logaritmo em ambos os lados das equações (6) e (7), de forma a obter um modelo *log-log*, onde os coeficientes estimados podem ser interpretados como as elasticidades das variáveis, obtêm-se então as equações a serem estimadas, sendo a equação (9) a que representa a demanda de etanol e a equação (10) a oferta deste produto:

$$\log PE_{it} = \beta_0 + \beta_1 \log QE_{it} + \beta_2 \log PG_{it} + \beta_3 \log Y_{it} + \beta_4 \log TxF_{it} + \beta_5 D_1 * \log PE_{it} + \beta_6 D_1 * \log PG_{it} + \beta_7 D_2 * \log PE_{it} + \beta_8 D_2 * \log PG_{it} + u_{it} \quad (9)$$

Sendo $i = 1, \dots, 27$ e $t = 2001$ a 2008 .

Os resultados esperados para os coeficientes da função de demanda são os seguintes:

$$\beta_1 < 0; \beta_2 > 0; \beta_3 > 0; \beta_4 > 0; \beta_5 > 0; \beta_6 > 0; \beta_7 > 0 \text{ e } \beta_8 > 0.$$

Equação de oferta

$$\log QE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \log PE_{it} + \alpha_2 \log PAC_{it} + \alpha_3 \log PCA_{it} + \alpha_4 \log CEAN_{it} + \alpha_5 \log PE_{it-1} + w_{it} \quad (10)$$

Sendo $i = 1, \dots, 27$ e $t = 2001$ a 2008 .

Os resultados esperados para os coeficientes da função de oferta são os seguintes:

$$\alpha_1 > 0; \alpha_2 < 0; \alpha_3 < 0; \alpha_4 < 0 \text{ e } \alpha_5 > 0.$$

Dada a natureza das variáveis e o objetivo do trabalho, caso seja identificado o problema do viés de simultaneidade na determinação do preço e da quantidade de equilíbrio do etanol, utilizar-se-á a metodologia apresentada em Baltagi (2005), necessária à estimação de um modelo de equações simultâneas. Além disto, uma vez que o modelo refere-se a mais de uma unidade de seção cruzada e os dados compreendem o período de 2001 a 2008, optou-se pela organização dos dados em uma estrutura de painel. Desta forma, mais especificamente, será utilizado um painel simultâneo, para melhor compreender o comportamento do mercado de etanol no Brasil.



Dado que na presença do viés de simultaneidade a estimação por meio do MQO não produz boas estimativas dos parâmetros do modelo, é necessária a adoção de métodos alternativos que considerem o impacto dos parâmetros de cada equação do sistema separadamente.

Dentre os métodos mais utilizados, pode se destacar os métodos de Mínimos Quadrados Indiretos (MQI) e de Mínimos Quadrados de Dois Estágios (MQ2E). A principal vantagem do MQ2E sobre o MQI é que ele pode ser aplicado a equações superidentificadas, uma vez que neste caso ele oferece estimativas únicas para cada parâmetro.

Finalmente, conforme definido por Gujarati (2006), embora a teoria econômica indique que há simultaneidade na determinação da oferta e da demanda, faz-se necessário a verificação da presença desta na amostra dos dados analisados. Para isto, serão aplicados os testes de simultaneidade e endogeneidade, desenvolvidos por Hausman.

Além disto, ao estimar um modelo organizado em um painel, deve se verificar se as diferenças entre os indivíduos da amostra são estatisticamente significativas. Na ausência de tais diferenças, o modelo estimado, conhecido como *Pooled*, deve ser obtido utilizando o MQO, onde todos os indivíduos da amostra são considerados como se fossem um só (GUJARATI, 2006). A determinação da existência ou não de tais diferenças será feita por meio da aplicação do teste de Chow para comparação de modelos restritos e irrestritos (Gujarati, 2006).

Caso tais diferenças sejam significativas, sua estimação por MQO produzirá estimadores viesados e inconsistentes. Para estes casos o modelo pode ser especificado como de efeitos fixos ou aleatórios.

Para determinar qual dos modelos descritos acima se ajusta melhor aos dados, foi utilizado o teste desenvolvido por Hausman (apud GUJARATI, 2006, p. 651) cuja hipótese nula indica que as diferenças entre os regressores não são significativas.

A amostra organizada em painel pode apresentar ainda problemas de heterocedasticidade e autocorrelação dos erros. Para verificar sua existência, serão aplicados os testes de Wald modificado para heterocedasticidade em grupo e de Wooldridge para avaliação de autocorrelação de primeira ordem, conforme discutido em Greene (2008). Caso seja identificada a presença dos problemas descritos anteriormente, sua correção será feita utilizando os procedimentos desenvolvidos por Driscoll; Kraay (1998).



3.3. Fontes e tratamentos dos dados

As variáveis utilizadas no modelo e suas fontes podem ser definidas como segue:

Consumo de etanol

Extraído do *site* da ANP com periodicidade anual no período de 2001 a 2008 para os estados brasileiros e apresentado em m³ (metros cúbicos).

Produção de etanol

Utilizada como uma *proxy* para a oferta de etanol, foi extraída do *site* da ÚNICA com periodicidade anual no período de 2001 a 2008 em m³.

Preços médios do etanol e da gasolina

Os preços médios do etanol e da gasolina foram extraídos do boletim da ANP, em seu canal Defesa da Concorrência. Estes estão apresentados em R\$/l e são calculados a partir de pesquisas feitas nos postos de combustíveis de todo o Brasil. Os dados foram utilizados em periodicidade anual no período de 2001 a 2008 e deflacionados utilizando o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

Preços médios ao produtor do etanol

Obtido no *site* do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ) em periodicidade anual, no período de 2001 a 2008, deflacionado pelo IPCA.

Produto Interno Bruto per capita

Utilizou-se como *proxy* para variável renda do consumidor o PIB per capita dos estados em R\$, no período de 2001 a 2008, deflacionado pelo IPCA. Os dados foram extraídos do *site* IPEADATA.

Taxa de Crescimento da Frota de Veículos movidos a álcool hidratado

Esta variável foi obtida por meio da consolidação dos dados das vendas de veículos movidos a etanol e de veículos bicompostíveis para



todos os estados brasileiros disponibilizados pela ANFAVEA. Segundo SIN-DIPEÇAS (2009), a idade média dos automóveis brasileiros é de 8 anos e 10 meses, agregou-se os dados das vendas de veículos movidos a álcool hidratado para todos os estados no período de julho de 2001 a dezembro de 2008, sem considerar saídas de veículos de circulação

Preço do açúcar no mercado internacional

Dado que etanol e açúcar são concorrentes na produção, uma vez que ambos utilizam processos produtivos muito próximos e os mesmo insumos, as variações no preço do açúcar possuem grande peso na determinação da oferta de etanol. Os dados foram extraídos do IPEADATA, em US\$/ton, sendo transformados em R\$/ton utilizando a taxa de câmbio média para cada ano.

Preço da cana de açúcar recebido pelo produtor

Dado que o principal insumo produtivo do etanol produzido no Brasil é a cana-de-açúcar, incluiu-se esta variável devido à sua importância na composição dos custos das usinas e conseqüentemente na determinação do preço do etanol comercializado na bomba para o consumidor final. Os dados foram extraídos do portal de FGVDados da Fundação Getúlio Vargas e estão em R\$/ton, deflacionados utilizando o Índice de Preços no Atacado - Produtos Agropecuários.

Consumo de etanol anidro

Definido a partir da aplicação do índice obrigatório de adição de etanol anidro à gasolina vendida, determinado em cada portaria do Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento (MAPA) em percentual que varia de 20% a 25% da composição total da gasolina.

A fonte dos dados de consumo de gasolina foi o *site* da ANP com periodicidade anual 2001 a 2008 para todas as unidades da federação e apresentados em m³.

Além das variáveis definidas anteriormente incluiu-se também duas variáveis binárias, cujo comportamento pode ser definido como segue:



$$D_1 \begin{cases} 0 \text{ se participação \% do estado é } < 3\% \text{ da produção nacional de etanol} \\ 1 \text{ caso contrário} \end{cases}$$
$$D_2 \begin{cases} 0 \text{ para os anos anteriores a 2003} \\ 1 \text{ caso contrário} \end{cases}$$

Com a *dummy* D1 espera-se verificar se existem diferenças significativas entre as elasticidades dos estados produtores de etanol e os não produtores. Para realizar tal diferenciação, o critério adotado foi incluir no grupo dos produtores os estados que participaram com 3% ou mais da produção nacional deste combustível em 2009. Os estados para os quais D1 assume valor 1 são: São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Alagoas, que juntos responderam por 92,8% de toda a produção nacional de etanol em 2009. Esta variável foi introduzida no modelo por meio da interação desta com os preços do etanol e da gasolina. A hipótese adotada para a inclusão desta variável é de que devido à maior proximidade com os produtores, os consumidores destes estados sejam mais sensíveis às variações no preço. Assim, espera-se verificar se existem diferenças significativas na inclinação tanto da elasticidade preço quanto na elasticidade cruzada.

Já a *dummy* D2 tem o objetivo de verificar se houveram mudanças estruturais no mercado deste combustível após a introdução dos veículos bicombustíveis, cuja comercialização teve início em março de 2003. Assim, esta variável assume valor 1 para 2003 e anos posteriores, também introduzida no modelo por meio da interação com os preços do etanol e da gasolina. Espera-se que tanto a variável de interação com o preço do etanol quanto a de interação com o preço da gasolina sejam estatisticamente significativas e positivas, ou seja, com a introdução dos veículos bicombustíveis no mercado o consumidor se tornou mais sensível a variações nos preços destes combustíveis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados apresentados na Tabela 3, observa-se primeiramente que os resultados dos testes de simultaneidade rejeitaram a hipótese da existência do viés de simultaneidade na determinação do preço e da quantidade de etanol, tanto da oferta quanto da demanda, no Brasil. Embora este resultado não seja o esperado, ele reflete a estrutura do mercado de etanol, onde a presença de agentes econômicos, como distribui-



dores, postos revendedores, entre os produtores e os consumidores, e de impostos incidentes tanto na produção quanto na distribuição, produz distorções em relação aos preços do etanol pagos ao produtor e os cobrados do consumidor.

Assim, os resultados dos testes de simultaneidade indicaram que as equações de demanda e oferta deste combustível devem ser estimadas utilizando o método de MQO, e não o de MQ2E, visto que a tentativa de um viés inexistente poderia comprometer a consistência dos parâmetros estimados.

Já os testes de Chow, com estatísticas de 31,328 para a função de demanda e de 105,408 para a função de oferta, confirmaram, ambos a 1% de significância, a presença de heterogeneidade entre os estados brasileiros, tanto para a determinação da demanda quanto da oferta, indicando que o método utilizado para a estimação dos coeficientes deve considerar tais diferenças.

O teste de Hausman obteve uma estatística de 17,68 para a demanda e de 14,35 para a oferta, ambos distribuídos em χ^2 com 8 graus de liberdade indicam que o modelo a ser estimado deve considerar a presença de efeitos fixos.

Tabela 3: Resultados dos testes de simultaneidade, Chow, Hausman, Wald Modificado para heterocedasticidade em grupo e Wooldridge para autocorrelação em painel para as equações de oferta e demanda de etanol

Equação	Estatística do Teste	p-valor
Demanda		
Simultaneidade	-0,300	0,767
Chow	31,3279***	0,000
Hausman	17,68**	0,039
Wald	104,71***	0,000
Wooldridge	40,752***	0,000
Oferta		
Simultaneidade	0,620	0,538
Chow	105,408***	0,000
Hausman	14,35**	0,026
Wald	116,679***	0,000
Wooldridge	246,97***	0,000

Fonte: Dados da pesquisa.

Significativo a 5%. *Significativo a 1%



Uma vez que os testes de autocorrelação e heterocedasticidade identificaram a presença de ambas às violações dos pressupostos do MQO clássico, as estimações foram feitas utilizando os procedimentos de correção propostos por Driscoll e Kraay (1998), conforme definido anteriormente na metodologia do trabalho. Os resultados da equação de demanda estão apresentados na Tabela 6.

Observa-se que o modelo produziu estimativas conjuntas significativas, dado que o valor de 276,86 da estatística F, foi estatisticamente significativo a 1%, confirmando que em conjunto, os estimadores são válidos para explicar o consumo de etanol nos estados brasileiros. Além disto, o R^2 de 0,764, indica que 76,4% das variações na demanda de etanol foram devidas às variações das variáveis explicativas incluídas no modelo.

Para o preço do etanol, o sinal negativo confirma a relação inversa deste com o seu consumo, conforme o esperado pela teoria econômica. Além disto, o valor de (-2,123), estatisticamente significativo a 1%, demonstra que a demanda de etanol é preço-elástica, uma vez que uma variação de 1% no seu preço gera uma variação de 2,12% em sua demanda, variação esta maior do que a unidade.

Com relação à gasolina, assim como Bounfiglio e Bajay (1992), Burnquist e Bacchi (2001), Alves e Bueno (2003), Diehl *et al* (2007), Nappo (2007) e Serigati *et al* (2010), os resultados confirmaram a 1% de significância a hipótese de que etanol e gasolina devem ser tratados como substitutos imperfeitos, uma vez que a elasticidade cruzada foi estatisticamente significativa e o sinal encontrado foi o esperado.

Com relação ao PIB estadual per capita, o sinal positivo encontrado foi o esperado indicando que a variação na sua demanda ocorre no mesmo sentido da variação da renda do consumidor. Além disto, o valor de 0,883, menor do que 1, confirma a hipótese de que o etanol é um bem normal.

Por fim, com relação às variáveis binárias incluídas no modelo, as interações das *dummies* D1 e D2 foram estatisticamente significativas a 1%. Com relação à *dummy* D1, o coeficiente da interação desta com o preço do etanol indica que a elasticidade preço é cerca de 0,768 ponto percentuais mais alta nos estados produtores do que nos não produtores.



Com relação à *dummy* D2, o coeficiente estimado para a interação desta com o preço do etanol confirmou a hipótese de mudança na inclinação da demanda deste combustível com relação a seu preço, após a introdução dos veículos bicomcombustível. Após 2003 a elasticidade preço do etanol aumentou em cerca de 0,808 pontos percentuais. Por fim, o coeficiente da interação da *dummy* D2 com o preço da gasolina, indicou que a elasticidade cruzada reduziu após os veículos bicomcombustíveis, passando assim, de elástica para inelástica.

Tabela 4: Função de demanda de etanol estimada para todos os estados

Variável	Coefficiente	Erros Padrão (Drisc. Kraay)	p-valor
Preço Etanol***	-2,123	0,515	0,000
Preço Gasolina***	1,249	0,326	0,012
PIB per Capita***	0,883	0,326	0,001
Frota***	0,211	0,024	0,000
D1*Preço Etanol***	0,768	0,120	0,000
D1*Preço Gasolina***	-0,676	0,133	0,000
D2*Preço Etanol***	0,808	0,225	0,000
D2*Preço Gasolina***	-0,858	0,167	0,001
Constante	0,686	2,818	0,809
F (8, 26)		271,86	0,000
R ²		0,764	-
Número de Observações		216	-

Fonte: Dados da pesquisa

*Significativo a 10%. **Significativo a 5%. ***Significativo a 1%

Os resultados da estimação da função de oferta de etanol estão apresentados na Tabela 5, a seguir. Assim como para a demanda, utilizaram-se os procedimentos propostos por Driscoll e Kraay (1998) para correção dos problemas de heterocedasticidade e autocorrelação. Embora os coeficientes estimados, à exceção da quantidade do etanol anidro, tenham sido significativos a 5%, os sinais encontrados não foram os esperados pela teoria. Dado que São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná e Alagoas são responsáveis por mais de 90% da produção nacional de etanol, é possível que as diferenças nos níveis de produção



entre os estados produtores e os demais estados brasileiros tenham comprometido a consistência dos parâmetros. Com isso, a relação das variáveis explicativas com a oferta de etanol se apresentou viesada, dado que um grande número de estados ou não tem produção, ou ela é muito pequena, comparado ao volume produzido nestes 7 estados.

Tabela 5: Função de oferta de etanol estimada para todos os estados

Variável	Coefficiente	Erros Padrão (Drisc. Kraay)	p-valor
Preço Etanol***	-1,084	0,370	0,009
Preço Açúcar**	1,700	0,645	0,016
Qte. Etanol Anidro	0,124	0,190	0,523
Preço Cana de Açúcar***	-2,545	0,665	0,001
Preço Etanol (t-1)***	1,123	0,234	0,000
Constante***	14,078	1,912	0,000
F (7, 26)		62,510	0,000
R ²		0,333	-
Número de Observações		140	-
Número de Cross-Section		20	-

Fonte: Dados da pesquisa
 Significativo a 5%. *Significativo a 1%

Como pode ser visto pela Figura 4 (ANP, 2009), entre 2001 e 2009, observou-se significativo crescimento da participação do etanol no total consumido entre os estados produtores (187,5%), chegando a pouco mais da metade do mercado em alguns momentos. Enquanto em 2001 o etanol representava 16,3% do total consumido nos 7 maiores estados produtores deste combustível, em 2009 este percentual já era de 46,9%.

Já para os estados não produtores, embora também tenha havido um crescimento na penetração do etanol no mercado de combustíveis (117%), esta participação nunca foi maior do que 30% no período, demonstrando que o etanol ainda está longe de se consolidar como um concorrente real para a gasolina nestes mercados.

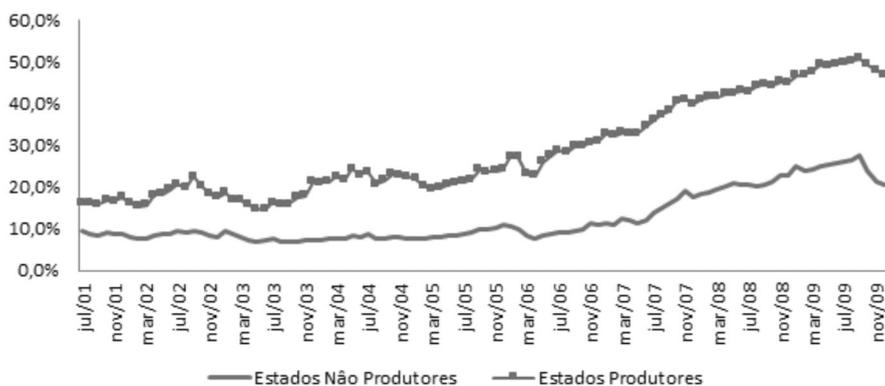


Figura 4: Participação percentual do etanol no total consumido de combustíveis por veículos leves nos estados produtores e não produtores de etanol – 2001 a 2009.

Por isto, estimou-se também a oferta considerando apenas estes 7 estados, com o objetivo de verificar se o modelo geraria boas estimativas da oferta para este grupo. Os resultados confirmaram que a influência dos demais estados na amostra era responsável pelos sinais divergentes encontrados no modelo para todo o país. Os resultados foram apresentados na Tabela 6 a seguir.

Primeiramente, o valor de 113,21 da estatística F, significativo a 1%, indica que o modelo apresentado se ajustou bem aos dados, gerando estimativas válidas dos parâmetros da função populacional. Além disto, o R^2 do modelo foi de 0,661, ou seja, 66,1% das variações na oferta de etanol podem ser explicadas pelas variáveis incluídas no modelo.

À exceção do preço do açúcar, os resultados dos demais coeficientes foram os esperados, tanto em relação ao sinal, quanto em relação à significância estatística. Desta forma, a oferta estimada apresentou um sinal positivo com relação ao preço do etanol e negativo com relação aos preços dos insumos produtivos.

Assim, um aumento de 1% no preço do etanol, gera um aumento de 1,6% na quantidade ofertada, o que significa que a oferta do etanol, assim como sua demanda, é preço-elástica. Já em relação ao preço defasado em um período, a oferta se mostrou preço-inelástica a 5% de significância.

Ficou confirmado, também a 1% de significância, que uma vez que



o usineiro pode facilmente escolher entre produzir etanol anidro ou hidratado, este tem um sinal negativo em relação à oferta de etanol hidratado. Assim, um aumento de 1% na oferta de etanol anidro, resultante de um aumento no consumo da gasolina, causa uma redução de 2,24% na oferta de etanol hidratado.

Já para o preço da cana-de-açúcar, vale destacar que, devido ao reduzido tamanho da amostra considerou-se razoável permitir que nível de significância seja de 10%. Assim, um aumento de 1% no preço da cana-de-açúcar, gera uma redução de 0,31% na oferta de etanol, demonstrando que para o modelo estimado, as variações no preço do etanol hidratado e na oferta de etanol anidro são importantes deslocadores da oferta do etanol considerada.

Por fim, embora o sinal encontrado tenha sido o esperado, o preço do açúcar foi estatisticamente igual a zero, rejeitando a hipótese da presença deste na oferta de etanol para estes estados. Este resultado diverge do encontrado por Bacchi (2005) e Serigati et al (2010), cujos resultados confirmaram a influência do preço do açúcar na determinação da oferta do etanol. Entretanto, estes autores utilizaram dados apenas para o Brasil, o que pode explicar as diferenças entre os resultados encontrados por estes autores em relação aos obtidos neste trabalho.

Tabela 6: Função de oferta de etanol estimada para os estados produtores

Variável	Coefficiente	Erros Padrão (Drisc. Kraay)	p-valor
Preço Etanol**	1,600	0,486	0,016
Preço Açúcar	-0,676	0,716	0,382
Qte Etanol Anidro***	-2,245	0,523	0,005
Preço Cana de Açúcar*	-0,318	0,148	0,074
Preço Etanol (t-1)**	0,916	0,331	0,033
Constante***	28,420	3,701	0,000
F (5, 6)		113,21	0,000
R ²		0,661	-
Número de Observações		49	-
Número de Cross-Section		7	-

Fonte: Dados da pesquisa

*Significativo a 10%. **Significativo a 5%. ***Significativo a 1%



Assim, este trabalho buscou avançar na análise do mercado de etanol no Brasil, em especial para os períodos recentes, posteriores à introdução dos veículos bicombustíveis no mercado e do crescimento da importância do desenvolvimento de novas fontes de energia. Os resultados demonstraram que este mercado tem apresentado importante crescimento no consumo de combustíveis para veículos leves, possibilitando ao consumidor maior poder de escolha no ato da compra. Além disso, objetivou-se demonstrar as principais variáveis explicativas para o consumo e oferta de etanol, encontrando resultados consistentes com a teoria econômica e com outros trabalhos já feitos. O diferencial deste trabalho encontra-se na importância dada às heterogeneidades entre os estados brasileiros, demonstrando que tais diferenças são significativas e devem ser levadas em consideração na modelagem deste mercado.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho buscou discutir a importância do etanol para o mercado de combustíveis para automóveis leves, contextualizando o mercado energético nacional, em especial para os anos recentes, onde foi possível observar a relevância e a contribuição do etanol para uma maior diversificação da oferta de energia neste setor.

Destaca-se também a contribuição deste combustível para a redução das emissões de poluentes e da pressão sobre as reservas de petróleo. Todavia, a sustentabilidade na produção do etanol depende em grande parte de seu processo produtivo, cuja prática mais difundida envolve a queima da plantação para a preparação da colheita, lançando na atmosfera toneladas de gases poluentes. Por isto, a mecanização da produção, já em processo, representa um importante avanço em direção ao desenvolvimento de uma energia mais limpa.

Internamente, o mercado de etanol, intimamente ligado ao mercado de automóveis, foi o responsável por importantes avanços tecnológicos na indústria automobilística. Com o sucesso do PROÁLCOOL, os fabricantes de automóveis viram a necessidade de desenvolver tecnologias compatíveis com este combustível cujo consumo no início da década de 1980 já ultrapassava o consumo da gasolina. Após o um período de estagnação, em março de 2003, com a introdução dos veículos bicombustível, este mercado observou um forte estímulo ao uso etanol, fazendo suas vendas chegarem cada vez mais próximas às da gasolina.



Assim, ao possibilitar a substituição direta entre etanol e gasolina sem custos adicionais ao consumidor, o preço relativo destes bens assume importante papel na determinação das quantidades consumidas de um ou de outro combustível.

Embora a teoria econômica defina que preço e quantidade sejam determinados simultaneamente pelas curvas de oferta e demanda do bem, o teste de especificação de Hausman rejeitou a hipótese de existência do viés de simultaneidade na determinação do preço e da quantidade de etanol nos estados brasileiros no período de 2001 a 2008.

Outro fator influenciado pela estrutura do mercado é o diferencial de preços entre as principais regiões produtoras e os demais estados brasileiros. Devido aos custos de transporte, os preços médios do etanol nos estados não produtores é sempre maior do que os preços observados nos estados produtores deste combustível. Por isto, 3 dos maiores produtores de etanol são também os maiores consumidores deste combustível, participando em um percentual maior do consumo total brasileiro do que suas frotas de veículos, devido à proximidade com os produtores e os menores custos de transporte.

Os resultados encontrados nas estimações da oferta e da demanda e etanol, confirmaram a hipótese da presença de heterogeneidades entre os estados brasileiros na determinação do consumo e da oferta do etanol. Além disto, o teste de Hausman indicou que o modelo mais adequado aos dados deve considerar os efeitos fixos no tempo.

Para a demanda, conforme o esperado, a significância estatística do coeficiente do preço da gasolina na equação de demanda do etanol confirmou que estes bens devem ser considerados como substitutos. Com relação ao seu preço, os resultados indicaram que a demanda de etanol é elástica, sendo o preço deste mais importante do o da gasolina na decisão de consumidor. Além disto, a significância e o sinal positivo e o valor menor do que 1 encontrado para a elasticidade renda na a determinação da demanda confirmam o etanol como um bem normal.

Assim, a consolidação do etanol como substituto da gasolina em todo o país passa pela descentralização de sua produção, hoje fortemente concentrada nas regiões Centro-Sul do país. Os atuais avanços tecnológicos, a utilização de variedades de cana-de-açúcar mais adaptadas ao clima e ao solo de outras regiões pode viabilizar a produção fora das regiões tradicionais



Com relação à oferta de etanol a presença de diversas estruturas intermediárias entre o produtor de etanol e o consumidor final deste combustível, além dos impostos incidentes na produção, distribuição e venda ao consumidor final, fazem com que os preços repassados ao produtor sejam bem diferentes do valor pago pelo consumidor. Adicionalmente, a grande concentração da produção produziu estimativas tendenciosas dos determinantes da oferta quando considerados todos os estados brasileiros.

Por isto, ao estimar apenas para os 7 maiores produtores nacionais, foi possível obter um melhor ajuste dos dados à teoria. Os resultados demonstraram que assim como a demanda, a oferta de etanol é preço-elástica. Além disto, a importância do etanol anidro na função estimada indica que os produtores podem facilmente substituir a produção de etanol hidratado pelo etanol anidro, caso seja mais vantajoso fazê-lo.

Por fim, apenas a importância do preço do açúcar na decisão da produção não foi confirmada, resultado que contraria as hipóteses iniciais, embora o sinal encontrado tenha sido o esperado. Assim, espera-se que os resultados e as conclusões aqui apresentadas forneçam importantes contribuições para as discussões atuais e, talvez até para trabalhos futuros, a cerca deste importante tema.

REFERÊNCIAS

Agência Internacional De Energia – IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.iea.org/>>. Acesso em: 20/01/2010.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP. Dados Estatísticos. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=548>>. Acesso em: 20/01/2010.

Alves, D. C. O; Bueno, R. L. S. Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil. *Energy Economics*, Elsevier, 2003. Disponível em: <linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140988302001081> Acesso em: 02/04/2010

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA, 2010. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>>. Acesso em: 20/09/2010.

Bacchi, M. R. P. Formação de preços no setor sucroalcooleiro da Região Cen-



tro-Sul do Brasil: relação com o mercado de combustível fóssil. In: XXXIII Encontro Nacional de Economia, Natal - RN. Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia, 2005.

Balanço Energético Nacional – BEN. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. 2008. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html>. Acesso em: 10/11/2009.

Baltagi, B.H. Econometric analysis of panel data. John Wiley & Sons Ltd. 2005

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social e Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Bioetanol de cana-de-açúcar - Energia para o desenvolvimento sustentável. Organização BNDES e CGEE. Rio de Janeiro, 2008.

Bastian-Pinto, C. et al. Flexibility as a source of value in the production of alternative fuels: the ethanol case. Energy Economics, Elsevier, 2009. Disponível em: <linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140988309000334>. Acesso em: 30/04/2010.

Buonfiglio, A., Bajay, S.V. As demandas do álcool e da gasolina no Brasil. Revista Brasileira de Energia, v. 2, n. 2. 1992. Disponível em: <www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=40>. Acesso em: 25/11/2009.

Burnquist, H. L., Bacchi, M. R. P. A demanda por gasolina no Brasil: uma análise utilizando técnicas de co-integração. CEPEA. 2001. Disponível em: <www.cepea.esalq.usp.br/pdf/DemandaGasolina.pdf>. Acesso em: 15/01/2010.

Coelho, S. T. et al. Brazilian sugarcane ethanol: lessons learned. Energy for Sustainable Development. v. X, n. 2, 2006. Disponível em: <www.bioenergytrade.org/downloads/coelhonovdec05.pdf>. Acesso em: 25/11/2009.

Constantini, V., Martini, C. The causality between energy consumption and economic growth: A multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data. Energy Economics, Elsevier, 2010. Disponível em: <ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v32y2010i3p591-603.html>. Acesso: 20/04/2010.

Costa, R. C.; Prates, C. P. T. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, 2005

Diehl, D. et al. Elasticidades-renda das despesas com álcool e gasolina para automóveis comerciais e leves no Brasil em 2002-2003. Grupo de Pesquisa:



1 - Comercialização, Mercados e Preços Agrícolas. XLV Congresso SOBER. 2007. Disponível em: <www.sober.org.br/palestra/6/839.pdf>. Acesso em: 02/04/2010.

Driscoll, J. C; Kraay, A. C. Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of Economics and Statistics* 80:549-560, 1998.

Ezekiel, M. The cobweb theorem. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 52, No. 2, 1938, pp. 255-280

FGVDados – Fundação Getúlio Vargas. Disponível em: <<http://www.fgvdados.fgv.br>>. Acesso em: 15/12/2010.

Greene, W.H. *Econometric Analysis*. Stern School of Business, New York University: Prentice Hall, 6th ed, 2008

Gujarati, D. *Econometria Básica*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2.ed. 2006.

IPEADATA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Dados. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 15/01/2011.

Instituto de Economia Agrícola - IEA. Disponível em: <<http://www.iea.gov.sp.br>>. Acesso em: 15/12/2010

Ministério de Agricultura, Pesca e Abastecimento – MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 15/01/2011.

Nappo, M. A demanda por gasolina no Brasil: Uma avaliação de suas elasticidades após a introdução dos carros bicombustíveis. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas – EESP, 2007. Disponível em: <http://www.eesp.fgv.br/_upload/publicacao/433.pdf>. Acesso em: 24/10/2010

Serigati, F. C. et al . Impacto dos veículos flex-fuel sobre o mercado de combustíveis no Brasil. In: XLVIII Congresso da SOBER, 2010, Campo Grande-MS. *Anais do XLVIII Congresso da SOBER*, 2010.

SINDIPEÇAS – Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores. Levantamento da frota circulante brasileira. 2009. Disponível em: <<http://www.sindipecas.org>>. Acesso em: 25/11/2010.

ÚNICA – União da Indústria Sucroalcooleira. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 20/12/2010



Varian, H.R. Microeconomia: princípios básicos. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.