

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIENCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - PIMES
TESE DE DOUTORADO

André de Souza Melo

TRÊS ENSAIOS SOBRE OS MERCADOS DE GASOLINA, ETANOL E
AÇÚCAR NO BRASIL

Recife, 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIENCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - PIMES
TESE DE DOUTORADO

TRÊS ENSAIOS SOBRE OS MERCADOS DE GASOLINA, ETANOL E
AÇÚCAR NO BRASIL

Aluno: André de Souza Melo

Orientador: Prof. Dr. Yony de Sá Barreto Sampaio

Tese de doutorado defendida
junto ao programa de Pós-
Graduação em Economia –
PIMES, para obtenção de
título de Doutor em
Economia.

Recife, 2012

Catálogo na Fonte
Bibliotecária Rejane Ferreira dos Santos, CRB4-839

M528t Melo, André de Souza

Três ensaios sobre os mercados de gasolina, etanol e açúcar no Brasil /
André de Souza Melo. - Recife : O Autor, 2012.

103 folhas : il. 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Yony de Sá Barreto Sampaio.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA.
Economia, 2012.

Inclui bibliografia e apêndices.

1. Preço da Gasolina. 2. Mercado de Etanol. 3. Mercado de Açúcar. 4.
Vetores Autoregressivos. I. Sampaio, Yony de Sá Barreto (Orientador). II.
Título.

330 CDD (22.ed.)

UFPE (CSA 2012 -099)

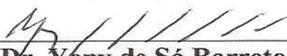
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE DO DOUTORADO
EM ECONOMIA DE:

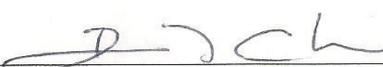
ANDRÉ DE SOUZA MELO

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato André de Souza Melo **APROVADO**.

Recife, 30/07/2012.



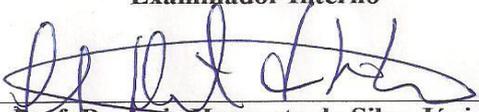
Prof. Dr. Yony de Sá Barreto Sampaio
Orientador



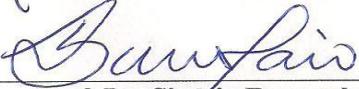
Prof. Dr. Ricardo Chaves de Lima
Examinador Interno



Prof. Dr. Marcelo Eduardo Alves da Silva
Examinador Interno



Prof. Dr. Luiz Honorato da Silva Júnior
Examinador Externo/Campus do Agreste/UFPE



Prof. Dr. Sinezio Fernandes Maia
Examinador Externo/UFPB

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder a serenidade para o desenvolvimento deste trabalho e a conclusão de meu curso de doutorado. Agradeço a meus pais pela paciência e apoio nas minhas horas difíceis. Agradeço também a Nut Leão pelo companheirismo, pelo carinho e pelo amor dado a mim em todas as horas. Agradeço ao meu orientador e amigo Yony Sampaio, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho e a Banca Examinadora, em especial os professores Ricardo Chaves e Luiz Honorato e Marcelo Silva, pela atenção e pelas sugestões dadas ao meu trabalho. Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Economia, que auxiliaram na minha formação. Agradeço aos amigos Dr. Leonardo Ferraz Xavier, Amanda Aires Vieira e Silvinho Filho pelo companheirismo em todas as horas. Agradeço em especial ao amigo Bruno Wanderley (Brunão) pela paciência e gentileza em ceder os dados. Agradeço aos amigos Rodrigo Lemos, Rogério Sobral, Thiago Maciel, Tereza Gabriela, Maria Isabell, Marquito Borba e todos meus amigos de Olinda.

Resumo

Este trabalho é dividido em três ensaios sobre o mercado de gasolina, etanol e açúcar no Brasil. O primeiro ensaio tem como objetivo analisar como o preço da gasolina reage a choques de demanda, oferta e atividade econômica. Analisa-se também como o preço se comporta, diante de mudanças no imposto sobre a gasolina (CIDE) e a mistura obrigatória do etanol na gasolina. Esse estudo é motivado pela grande importância do mercado de gasolina do Brasil, que desde 2002 é determinado pelas forças de mercado. No entanto a literatura aponta que o governo realiza intervenções no preço da gasolina, para evitar o efeito da volatilidade do preço do petróleo e também para evitar a inflação. Para desenvolver a análise utiliza-se o modelo de Vetores Autorregressivos (VAR). Como resultado, observa-se que o comportamento do preço da gasolina é determinado pela inflação no curto prazo e pela atividade econômica no longo prazo, havendo, portanto, pouca influência da oferta na variação do preço da gasolina. Isso indica que o comportamento do preço é determinado pela demanda e que a inflação é alvo de preocupação do governo e que a gasolina reflete o comportamento do índice de preço. O preço do petróleo também é fator importante na dinâmica do preço no longo prazo.

O segundo ensaio visa analisar a relação entre o mercado de gasolina e o mercado de etanol. A literatura relaciona apenas o efeito substituição entre os combustíveis. No entanto o Brasil, além de possuir um substituto direto da gasolina – o etanol, possui também etanol misturado na gasolina, podendo existir um efeito complementaridade. Dessa forma, através do modelo de Vetores Autorregressivos, procurou-se entender esses dois efeitos. Com relação aos resultados, nota-se no curto prazo que o efeito do preço da gasolina é maior na demanda de etanol. No longo prazo, porém, os consumidores aumentam a demanda pelo biocombustível. Além disso, a entrada dos veículos *flex* no Brasil não ocasionou um aumento na demanda e no preço do etanol, porém a crise financeira de 2008 afetou positivamente o preço do biocombustível. Como implicação, nota-se que a escolha do consumidor pela gasolina é predominante no curto prazo. No entanto, um aumento repentino no preço do combustível fóssil leva a uma substituição de combustíveis ao longo do tempo. Deve-se assim garantir o abastecimento de etanol no mercado doméstico para não afetar o consumidor com o aumento dos dois combustíveis no longo prazo.

O terceiro ensaio relaciona os mercados de açúcar, etanol e gasolina. Ele procura responder como o produtor do setor sucroalcooleiro reage a mudanças nos preços do

açúcar, etanol e gasolina. O açúcar brasileiro tem se mostrado consolidado no mercado internacional. Já a produção de etanol ganha destaque na produção, a partir da introdução dos veículos *flex* que reacendeu a competição do etanol com a gasolina. Dessa forma surge um trade-off entre a produção de etanol e açúcar de acordo com os preços das commodities e da gasolina. Para desenvolver tal análise utilizou-se o modelo de Vetores Autorregressivos para analisar como as ofertas de etanol e açúcar respondem a choques dos preços do etanol, açúcar e gasolina. Como resultado, o produtor reage mais fortemente a uma mudança no preço do açúcar, demonstrando a preferência deste em produzir açúcar para o mercado externo.

Palavras-chave: Preço da Gasolina. Mercado de Etanol. Mercado de Açúcar. Vetores Autoregressivos.

Abstract

This work is shared in three essays about gasoline, ethanol and sugar markets in Brazil. The first essay analyzes the Brazilian retail gasoline price behavior under demand, supply and economic activity shocks. It also analyzes how the gasoline price responds to changes in specific gasoline tax (CIDE) and mandatory ethanol blends in gasoline. Gasoline market has an important share in Brazilian energy matrix. Since 2002, the gasoline price has been freed and determined by demand and supply forces. However, works indicate that the government has been intervened on gasoline price to avoid the effect of oil price volatility and inflation issues. To develop this analysis, we apply Vector Autoregressions model. As result, the gasoline price behavior is determined by inflation rate in short run and economic activity in long run. The retail price does not respond to supply shocks in long run. As implication, we found that retail gasoline price responds to economic activity shocks and that gasoline price has been a discretionary instrument to control inflation. Oil price is an important variable on gasoline price dynamic.

The second essay analyzes the relationship between gasoline and ethanol market. Previous researches emphasize on substitution effect between gasoline and ethanol. However in Brazil gasoline and ethanol are substitutes and complementary goods. Using Vector Autoregressions (VAR) we investigate the substitution and complementarity effects between fuels. As result, in short run gasoline price shock effect in ethanol demand is greater than ethanol price shock effect. In long run, however, the consumer increases the consumption of ethanol. Furthermore, the new technology in Brazil named *flex fuel* did not have any impact on ethanol price and demand. Financial crisis, though, have affected positively the biofuel price. As implication, with gasoline price shock the sucroalcohol sector must guarantee ethanol domestic supply in long run.

The third essay relates sugar, ethanol and gasoline markets. It seeks to respond how the sucroalcohol producer reacts to changes in sugar, ethanol and gasoline prices. Brazilian sugar is a traditional commodity in international market. Besides, ethanol production has been increasing since the introduction of flex vehicle technology and then has grown a competition between ethanol and gasoline. Thus it emerges a trade-off between ethanol and sugar production. The sucroalcohol producer chooses the production of sugar or ethanol under price ratio between them. To develop this analysis Vector

Auroregressions model is used to evaluate the effect of ethanol, sugar and gasoline price shocks on ethanol and sugar supply. As result, the producer reacts stronger to a change in sugar price and then demonstrates a preference to produce sugar for international market.

Key words: Gasoline Price. Ethanol Market. Sugar Market. Vector Autoregressions.

Lista de Tabelas

Tabela 1.1: Teste de Raiz Unitária para as Variáveis Seleccionadas	29
Tabela 1.2 - Teste de Causalidade de Granger entre as Variáveis Seleccionadas (2 Lags)	30
Tabela 1.3: Respostas Acumuladas (em valores relativos) do Preço da Gasolina a um choque de 1% nas variáveis seleccionadas (%).....	33
Tabela 1.4 - Decomposição da Variância da Variável Preço da Gasolina	33
Tabela 1.5 - Decomposição da Variância da Variável Preço da Gasolina	36
Tabela 1A - Estimação do Modelo de Vetores Autoregressivos*	38
Tabela 2.1 - Produção Mundial de Etanol, 2009 em Milhões de Galões	43
Tabela 2.2: Teste de Raiz Unitária para as Variáveis Seleccionadas	57
Tabela 2.3 - Teste de Causalidade de Granger entre as Variáveis Seleccionadas (2 Lags)	58
Tabela 2.4: Respostas Acumuladas (em valores relativos) das variáveis seleccionadas a um choque de 1% no preço da gasolina (%)	61
Tabela 2.5: Respostas Acumuladas (em valores relativos) das variáveis seleccionadas a um choque de 1% no preço de etanol (%)	62
Tabela 2.6 - Decomposição da Variância das Demandas de Etanol Anidro e Hidratado(%)	63
Tabela 2A: Estimação do VAR.	66
Tabela 3.1: Teste de Raiz Unitária para as Variáveis Seleccionadas	82
Tabela 3.2 - Teste de Causalidade de Granger entre as Variáveis Seleccionadas (2 Lags)	82
Tabela 3.3: Respostas Acumuladas (em valores relativos) das variáveis seleccionadas a um choque de 1% nos preços do etanol, gasolina e açúcar (%)	87
Tabela 3.4 - Decomposição da Variância das Produções de Etanol e Açúcar (%)	88
Tabela 3A: Estimação do Modelo de Vetores Autoregressivos	91

Lista de Figuras

Figura 1.1: Alíquota CIDE <i>versus</i> preço do petróleo bruto (WTI) entre Janeiro de 2004 e Setembro de 2011	21
Figura 1.2: Variação do preço da gasolina x variação do preço do petróleo ao longo do tempo.	22
Figura 1.3: Evolução da produção e das vendas de gasolina ao longo do tempo. (Milhões de m ³)	23
Figura 1.4: Evolução da inflação e do nível de atividade no período de análise.....	24
Figura 1.5: Função impulso resposta das variáveis selecionadas no preço da gasolina. 31	
Figura 1.6 – Resposta do preço da gasolina a um choque no preço do petróleo.....	35
Figura 2.1: Comportamento do preço da gasolina e do etanol anidro.	49
Figura 2.2: Preço da Gasolina x Preço do Etanol	50
Figura 2.3: Relação entre a demanda de etanol anidro, hidratado e a razão de preços de etanol/gasolina.	51
Figura 2.4: Evolução da Demanda e Oferta de Etanol no Brasil.....	52
Figura 2.5: Respostas das variáveis selecionadas a um choque de demanda de etanol hidratado.	59
Figura 2.6: Reação da demanda de etanol anidro a um choque no preço da gasolina. ..	60
Figura 2.7: Reação da demanda de etanol hidratado a um choque no preço da gasolina.	60
Figura 2.8: Reação da demanda de etanol anidro a um choque no preço da gasolina. ..	60
Figura 2.9: Reação da demanda de etanol hidratado a um choque no preço da gasolina.	61
Figura 3.1: Evolução da produção de etanol e açúcar no Brasil de 2001/02 a 2008/09. 76	
Figura 3.2: Evolução anual do preço médio do açúcar, etanol e da gasolina no Brasil. 77	
Figura 3.3: Resposta de um choque no Preço de Etanol no Mercado Sucroalcooleiro. . 83	
Figura 3.4: Resposta de um choque no preço do açúcar no mercado sucroalcooleiro. ..	84
Figura 3.5: Resposta de um choque no preço da gasolina no mercado sucroalcooleiro. 86	

Sumário

1. Explicando Flutuações no Preço da Gasolina no Brasil: Uma análise de Mercado Utilizando o Modelo de Vetores Autorregressivos (VAR)	14
1.1 Introdução	14
1.2 Revisão de Literatura	17
1.3 Análise do Mercado de Gasolina no Brasil.....	20
1.4 Metodologia	24
1.4.1. Vetores Autoregressivos (VAR)	25
1.4.2. Dados.....	28
1.5 Análise dos Resultados	29
1.5.1. Como o Preço da Gasolina no Brasil Responde a Choques?	29
1.5.2. O preço do Petróleo e a Dinâmica do Preço de Gasolina	34
1.6 Conclusões	36
Apêndice 1	38
2. Impactos das Mudanças de Preço da Gasolina e do Etanol na Demanda de Etanol no Brasil.....	42
2.1. Introdução	42
2.2. Revisão de Literatura	45
2.3. Modelo Teórico.....	47
2.3.1. Modelo para o Etanol Brasileiro.....	47
2.4. A relação entre o Preço da Gasolina e o Mercado de Etanol no Brasil	49
2.5. Modelo Empírico	52
2.5.1. Vetores Autoregressivos (VAR)	53
2.6. Resultados	56
2.6.1. Estimção do modelo econométrico	56
2.7. Conclusões	64
Apêndice 2.....	66
3. Qual o Impacto do Preço do Açúcar, do Etanol e da Gasolina na Produção do Setor Sucroalcooleiro?	70
3.1. Introdução	70
3.2. Revisão de Literatura	72
3.3. Modelos utilizados para análise da Dinâmica dos Mercados de Açúcar, Etanol e Gasolina.	74
3.4. Produção do Setor Sucroalcooleiro no Brasil	76
3.5. Metodologia	78
3.5.1. Modelo de Vetores Autorregressivos	78

3.5.2. Dados.....	80
3.6. Resultados.....	81
3.6.1. Um modelo Econométrico dos Mercados de Etanol, Açúcar e Gasolina no Brasil... ..	81
3.7. Conclusões.....	89
Apêndice 3.....	91
Referências.....	95

1. Explicando Flutuações no Preço da Gasolina no Brasil: Uma análise de Mercado Utilizando o Modelo de Vetores Autorregressivos (VAR)

1.1 Introdução

O Brasil possui destaque no mercado de combustível como o maior mercado energético da América Latina (UK Trade & Investment, 2011), tendo atingido em 2006 a autossuficiência na produção de petróleo (ANP, 2011). No mercado de combustíveis derivados do petróleo no Brasil, a gasolina e o diesel possuem uma participação conjunta de 70% no mercado de derivados (Sather e Tolmasquin, 2001), sendo o diesel com maior representação (ANP, 2011). Sobre o mercado consumidor de gasolina, o Brasil se mostra muito promissor quanto ao crescimento da demanda. De acordo com a Agência Nacional de Petróleo (ANP, 2011), de 2000 a 2011, o consumo de gasolina cresceu em média 2,6% ao ano.

O mercado de gasolina, bem como o de derivados da gasolina, sofreu uma mudança significativa na formação do preço em toda a cadeia produtiva. A partir de 1997 com a criação da Lei do Petróleo (Lei 9.478) possibilitou que empresas operadoras e prestadoras de serviço, nacionais e estrangeiras, viessem competir com a empresa estatal em todos esses segmentos de atividades (Furtado, 2002). Nesse novo contexto foi criada a Agência Nacional de Petróleo (ANP) para regular e zelar pelo adequado funcionamento em bases competitivas.

O processo de abertura do mercado foi concluído em 2002¹, com a total liberalização do preço dos combustíveis. Após o processo de desregulamentação, em teoria, as forças de mercado externo (preço internacional do petróleo e variação cambial) e interno (forças de demanda e oferta) determinariam o comportamento do preço da gasolina no Brasil (Marjotta-Maistro, 2002). No entanto, após a Lei, o preço

¹ A partir da criação da Lei, o processo de formação de preço dos combustíveis derivados de petróleo, passou por um processo de transição. Essa transição foi caracterizada pela (i) retirada de subsídios cruzados que garantiam a homogeneidade do preço em todas as localidades do país; (ii) retirada da intervenção do Estado no preço de realização das refinarias, que agora estava atrelada ao preço internacional do Petróleo e a variações cambiais; (iii) desregulamentação do preço de distribuição e de revenda dos derivados de petróleo (Sather e Tolmasquin, 2001)

médio ao consumidor da gasolina, de acordo com a ANP, passou de R\$ 0,745/l em 1997 para R\$ 1,734/l em 2002. Isso gerou uma preocupação do governo sobre os impactos do mercado externo do setor petrolífero na atividade econômica e com a inflação (Bruni e Almeida, 2005)². O mercado interno poderia absorver choques externos relacionados ao mercado de petróleo, cujo preço se mostra bastante volátil³.

Assim, com o fim do monopólio da Petrobras, o controle sobre a atividade industrial mudou do controle direto do Estado para um mercado livre regulado pela ANP. A Petrobras foi parcialmente privatizada, com o governo federal mantendo o direito de controle (Leite, 2007; e Hernandez-Perez, 2011). Dessa forma, o governo ainda mantém controle sobre a empresa e, apesar da desregulamentação, a Petrobras possui poder de mercado no segmento de extração no mercado de derivados. Silva e Almeida (2003) e Pinto Jr. et al (2004) afirmam que a dominância da Petrobrás na oferta de combustíveis e de sua atuação pregressa permite abrir espaço para utilização da política de preços da empresa como um instrumento discricionário de amortecimento das variações nos preços internacionais.

Nesse contexto, para suavizar o preço doméstico de gasolina das flutuações do mercado internacional de petróleo, foi criada a Contribuição de Intervenção Sobre o Domínio Econômico (CIDE). Criada em dezembro de 2001, a CIDE é um imposto sobre a produção e importação de gasolina e combustíveis derivados. Segundo Almeida e Mulder (2005), o imposto foi criado também para substituir a arrecadação do governo que era feita através da conta nacional do petróleo⁴. Inicialmente a alíquota cobrada foi de R\$ 501,1 por metro cúbico de gasolina. Atualmente a alíquota é de R\$ 91 por metro cúbico. De acordo com Silva e Almeida (2003) e Pinto Jr. et al (2004), a diferença na

² De fato, as atas do Comitê de Política Monetária (COPOM) sempre citam o preço da gasolina como um fator que pode refletir o aumento dos índices de inflação. Por exemplo, a ata de janeiro de 2012 coloca o preço da gasolina como um fator importante na variação do índice de inflação de 2011 (6,93% ao ano em 2011 ante 1,67% em 2010).

³ Essa preocupação do governo teve início após o primeiro choque do petróleo na década de 70. A partir de então, a principal medida tomada foi o incentivo a produção de etanol.

⁴ Essa conta era para adquirir fundos para subsidiar os derivados de petróleo e para manter a paridade dos preços dos derivados em todo o Brasil (Sather e Tolmasquin, 2001). Hoje a CIDE tem apenas o intuito de proteger o mercado interno das oscilações do mercado internacional.

variação do preço interno da gasolina com relação ao preço internacional do petróleo sugere uma grande intervenção do governo na política de preços da gasolina através da CIDE. De acordo com eles, a queda na alíquota ocorre para absorver o aumento de custos da gasolina devido ao aumento no preço do petróleo.

Além da CIDE, o governo ainda intervém no percentual mandatório da mistura do etanol na gasolina de forma que estabilize o preço do combustível e a oferta de etanol (Boff, 2010 e Bruni e Almeida, 2005). De acordo com Cruz et al (2011) a estabilidade do mercado de gasolina no Brasil também está atrelado a autossuficiência na produção de petróleo, e que, de acordo com eles, este fator torna a economia imune a flutuações do mercado internacional. Portanto, o mercado doméstico de gasolina não responde a mudanças no preço do barril de petróleo, devido as intervenções citadas, o poder de mercado da Petrobras e a autossuficiência.

De acordo com estudo da Votorantin Wealth Management & Services (2012), o preço doméstico possui uma defasagem de quase 30% com relação ao preço internacional de petróleo e essa relação tende a aumentar de acordo com a trajetória ascendente do preço do petróleo. Essa defasagem é explicada pelas intervenções do governo no preço da gasolina. Essas intervenções levantam o questionamento sobre o tempo que o governo pode proteger o preço interno das flutuações do preço internacional.

Além disso, o Brasil aumentou a importação de gasolina nos últimos anos. De acordo com a ANP (2011), em 2006 a importação do derivado foi de pouco mais de 11 milhões de dólares. Em 2011 a importação do derivado aumentou para 1,6 bilhões de dólares. De fato, a oferta de gasolina não é suficiente para suprir a demanda, pois o parque de refino é concentrado na Petrobras, que detém 98% das refinarias do Brasil (Almeida e Mulder, 2005) e que a capacidade de refino está praticamente estacionada, com aproximadamente 1,9 milhões de barris diários desde a década de 1980 (Costa e Videira, 2010).

Diante de todo o contexto de mercado explanado, objetiva-se analisar como o preço da gasolina reage a mudanças nas variáveis que o afetam – forças de mercado, inflação, atividade econômica e intervenções; e, além disso, determinam-se quais fatores são responsáveis pela variação do preço da gasolina ao longo do tempo.

Incorpora-se também a dinâmica do preço do petróleo para testar a robustez nos resultados.

O trabalho está dividido em seis partes além da introdução. A segunda parte realiza uma revisão da literatura sobre os determinantes do comportamento do preço da gasolina no Brasil e em outros países. A terceira parte analisa o mercado brasileiro de gasolina através de gráficos e tabelas. A quarta parte tece comentários sobre modelos utilizados sobre o assunto tratado no presente artigo. Dentro dessa parte lança-se a metodologia a ser utilizada e referência os dados. A quarta parte discute os resultados do modelo e tece implicações políticas sobre a dinâmica de mercado da gasolina. A quinta parte testa o modelo incorporando o preço do petróleo na dinâmica. A sexta parte conclui.

1.2 Revisão de Literatura

Primeiramente, na literatura internacional foi constatado que o principal fator que afeta o preço da gasolina nos países é o comportamento do preço do barril de petróleo. Como destaque têm-se os trabalhos de Angelopoulou e Gibson (2010) para a Grécia, Borenstein et al (1997), Bachmeier e Griffin (2003), Radchenko (2005), Adilov e Samavati (2008), Verlinda (2008) para os Estados Unidos e Valadkhani (2009) para Austrália. Além disto, eles incorporam em seus modelos variáveis como demanda e oferta de gasolina, impostos e variação cambial.

O trabalho de Kilian (2009, 2010) analisa de uma forma mais detalhada o comportamento do preço da gasolina. Além do preço do petróleo, ele utiliza a demanda e oferta mundial de petróleo; a demanda e oferta doméstica de gasolina e a atividade global como variáveis endógenas que influenciam o preço da gasolina. Como conclusão do trabalho o crescimento do preço da gasolina consiste de três componentes: (i) força da demanda global que é consistente com um forte crescimento econômico em economias avançadas e com a integração de economias emergentes na economia global; (ii) choques de demanda específicas ao mercado mundial de petróleo e; (iii) choques adversos na indústria de refinaria americana. Os estudos concluem que não existem evidências que o aumento do preço da gasolina entre 2002 e 2008 foi associado com as decisões de produção da OPEP, com a especulação no mercado de petróleo e com a

demanda interna de gasolina. No entanto, segundo o autor, não há impedimentos que choques na produção de petróleo possam assumir um papel importante no futuro. Em caso de queda de oferta na produção de petróleo em algum país, irá depender da duração dessa queda e da habilidade de outro país produtor de petróleo em superar essa queda.

Bachmeier e Griffin (2003), no entanto, apontam outros fatores que influenciam o preço da gasolina, tais como utilização da capacidade da refinaria, níveis de estoques e expectativa de preços futuros. Eles justificam a omissão desses determinantes no modelo estimado, pois o propósito do trabalho é simplesmente examinar a transmissão do preço do petróleo no preço da gasolina. Além disso, os determinantes citados pelos autores são encontrados na frequência mensal e os preços são semanais. Outra justificativa é para evitar problema de simultaneidade, pois as variáveis citadas são endógenas ao preço da gasolina.

O que se pode concluir dos trabalhos internacionais é que a literatura é centrada no comportamento no preço da gasolina frente a choques no mercado de petróleo. De fato, o preço do petróleo é um determinante do preço da gasolina. Porém, os países insulam sobre a volatilidade do preço internacional do barril. Para os Estados Unidos, por exemplo, Kilian (2009) afirma que um dos meios para mitigar a volatilidade externa do preço do barril de petróleo é a liberação de reservas para acalmar os especuladores.

Além dessas estratégias, outra que é adotada pelo país norte-americano, é a imposição da mistura do etanol a gasolina. De acordo Muehlegger (2006), os picos de preço nos mercados da Califórnia, Illinois e Wisconsin ocasionados por choques de oferta na refinaria poderiam ser evitados pela imposição da mistura do etanol a gasolina, de acordo com os novos padrões de reformulação da gasolina (RFG). Zhang et al (2008) e Du e Carriquiry (2011), também destacam a importância do etanol para diversificar a matriz energética e reduzir o efeitos da volatilidade do preço do petróleo na gasolina.

Do ponto de vista macroeconômico, o trabalho de Kilian e Vega (2009) realiza uma investigação sobre os efeitos contemporâneos das variáveis de nível macroeconômico sobre os preços da energia (em particular, petróleo e gasolina). Entretanto, os resultados mostram que, ao contrário dos preços dos ativos, ações e taxa de cambio, o preço do petróleo e da gasolina não possui efeito contemporâneo

significativo de qualquer mudança de variável macroeconômica como taxa de juros, nível de atividade, consumo e investimento.

No Brasil a situação de mercado mostra-se bastante particular com relação aos outros. Mesmo com a Lei do Petróleo de 1997⁵, a qual determina que o preço esteja totalmente liberalizado, o governo ainda detém o poder de monopólio da Petrobrás⁶. Isso é motivo para o governo realizar políticas discricionárias sobre o preço da gasolina no país (Silva e Almeida, 2003) com o intuito de mitigar o preço doméstico da volatilidade do preço internacional do Barril e de controlar o preço de acordo com mudanças na demanda doméstica (Vilela, 2010) e com mudanças na inflação e nível de atividade (Bruni e Almeida, 2005).

Com relação às forças de mercado que regem o preço da gasolina após a sanção da nova Lei, Boff (2010), que fez uma análise conjunta dos mercados de gasolina e do etanol, sugere que o equilíbrio de mercado desses combustíveis é modificado no curto prazo por choques de demanda e de oferta. De acordo com ele, nos períodos de 2009:10 a 2010:04 o preço da gasolina sofreu um aumento devido a um choque de demanda de gasolina. O trabalho de Costa e Videira (2010), por sua vez, enfatiza que construção de novas refinarias é um fator fundamental para assegurar a oferta de gasolina de acordo com crescimento da demanda no Brasil.

Para o Brasil, a priori, o comportamento volátil do preço do petróleo parece não transmitir efeitos para o preço final da gasolina, como afirmam Silva e Almeida (2003), Pinto Jr. et al (2004) e Almeida e Mulder (2005); a CIDE tem sido um instrumento para insular o preço da gasolina de variações do preço internacional do barril. Zangh et al (2008) e Boff (2010) também destacam que a imposição da mistura é também um instrumento relevante que estabiliza o preço da gasolina⁷.

⁵ Após 1997, a Lei do Petróleo modificou o sistema de formação de preço de gasolina e outros derivados de petróleo, fazendo com que ele fosse determinado de acordo com o mercado. Nogueira (2001), Marjotta-Maistro (2002), Silva e Almeida (2003) e Leite (2007) mostram como foi essa transição da formação de preço dos derivados de petróleo com a nova Lei do Petróleo.

⁶ Mesmo com a abertura do mercado, a Petrobras ainda detém o mercado no segmento upstream com 11 das 13 plantas do parque de refino (Leite, 2007), representando 98% do total de refino.

⁷ Esse instrumento é mais antigo que a CIDE. Desde a década de 30 o uso de etanol na gasolina é estimulado/imposto pelo governo, porém após o primeiro choque do petróleo, procurou-se substituir o

Essa configuração de mercado descrita pelos autores supracitados vai de encontro com os resultados de Kilian (2009, 2010) e Kilian e Vega (2009). Porém, como os trabalhos nacionais são mais antigos, é importante apresentar, através de dados empíricos, que o preço doméstico da gasolina não segue os preços internacionais e que as variáveis macroeconômicas também são fatores relevantes do preço do combustível fóssil.

A maioria dos trabalhos encontrados sobre o comportamento de preço da gasolina no Brasil mostra o preço da gasolina como variável explicativa da demanda de combustíveis e analisa o efeito substituição entre os combustíveis utilizados na frota brasileira. Como exemplo de trabalhos, tem-se Burnquist e Bacchi (2002), Alves e Bueno (2003), Nappo (2007), Schünemann (2007), Gomez (2010). Não foram encontrados na literatura, trabalhos que analisam o comportamento do preço da gasolina no Brasil em um modelo conjunto que utilize variáveis inerentes ao mercado de gasolina e o nível de atividade econômica.

1.3 Análise do Mercado de Gasolina no Brasil

Primeiramente explanamos o comportamento do mercado brasileiro de gasolina com relação ao preço internacional do barril de petróleo e com os determinantes citados nas seções anteriores. A Figura 1.1 mostra a relação entre o preço do barril no mercado internacional e as mudanças do governo na CIDE para a gasolina. Antes de maio de 2004 a CIDE era de R\$ 0,501/l. A partir de então, quando o preço do barril atingiu US\$ 40,28 a CIDE baixou para R\$ 0,280/l. Até maio de 2008, o preço do barril atingiu US\$ 125,45, a CIDE sofreu uma queda para R\$ 0,180/l, isso reflete para o setor produtor de gasolina uma queda no custo de produção para compensar o aumento do preço do petróleo. Além disso, esse período foi marcado pelo aumento da produção de etanol, tanto por parte dos consumidores que aumentaram a demanda do biocombustível, tanto por parte do governo que aumentou a mistura do etanol na gasolina para 25%. Esse período foi o de maior preocupação do governo quanto aos impactos no preço da gasolina na inflação e no nível de atividade, principalmente entre

uso desse combustível fóssil, através da fabricação de automóveis abastecidos exclusivamente com álcool (Goldemberg et al, 2004).

2004 e 2005 (Bruni e Almeida, 2005). Após maio de 2008 a janeiro de 2009, o preço do petróleo sofreu uma queda, entretanto, as políticas adotadas foram as mesmas. Apenas quando o preço do barril atingiu US\$ 69,64 a alíquota da CIDE aumentou para R\$ 0,230/l refletindo a queda no preço do barril nos anos anteriores e para aumentar a arrecadação. A partir de janeiro de 2010 a dezembro de 2011, o governo interveio com maior frequência na alíquota, quando o preço foi de US\$ 73,74 em maio de 2010, alíquota ficou com R\$ 0,230/l, o governo, então, acompanhou a tendência de alta reduzindo a CIDE até o valor de R\$ 0,091/l em dezembro de 2011.

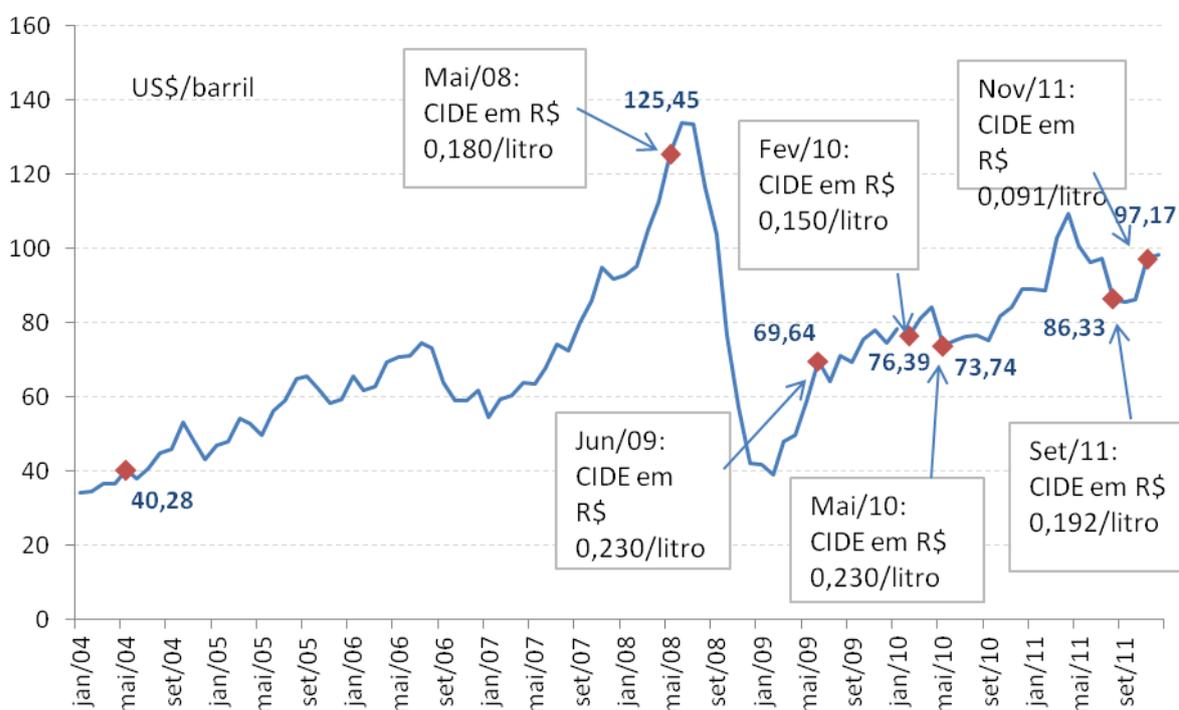


Figura 1.1: Alíquota CIDE *versus* preço do petróleo bruto (WTI) entre Janeiro de 2004 e Setembro de 2011

Fonte: Datagro (2011)

Com relação ao preço da gasolina e o comportamento do preço do barril de petróleo ilustra-se a Figura 1.2 que mostra o comportamento do preço dos dois produtos ao longo do período de análise (julho de 2001 a outubro de 2011). As séries são mostradas como variação percentual com relação a média de longo prazo. Nota-se na Figura que a série do Petróleo se mostrou bastante volátil, chegando a variar mais de

50% com relação a média entre março e novembro de 2008. O preço da gasolina, entretanto, se mostrou estável ao longo do tempo. Após a liberalização do preço, a gasolina se mostrou volátil, porém com a série de intervenções da CIDE, a série de preço da gasolina mostrou-se estável com variação próxima de zero, ao contrário do preço do petróleo. Pelas Figuras 1 e 2, pode-se notar que o mercado doméstico de gasolina se mostra protegido das variações do preço do barril de petróleo.

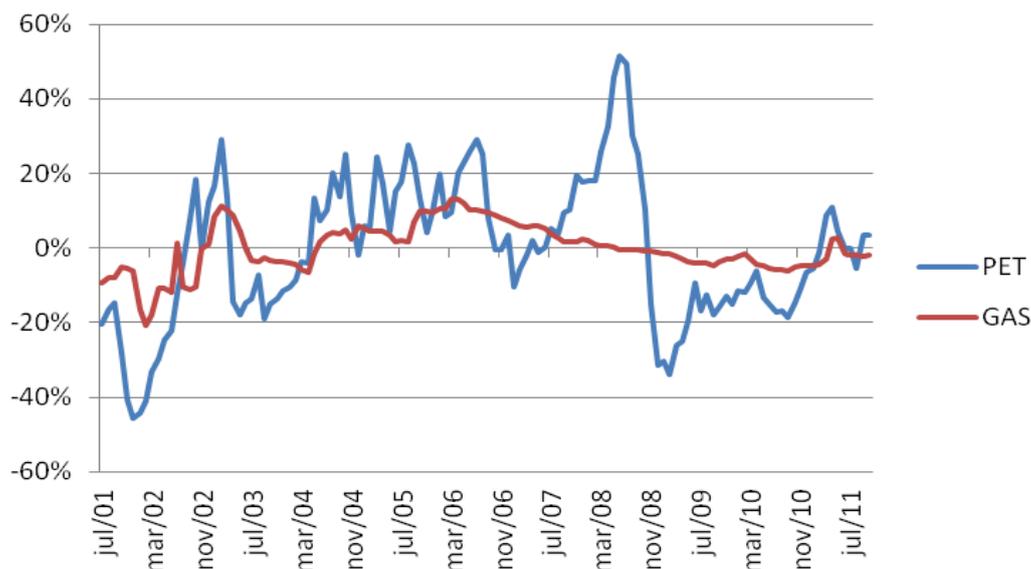


Figura 1.2: Variação do preço da gasolina x variação do preço do petróleo ao longo do tempo.

Fonte: Elaboração própria, baseado em dados da ANP (2011) e do IPEADATA(2011).

As variáveis de produção de gasolina na refinaria e a quantidade vendida de gasolina ao longo do tempo é mostrada na Figura 1.3. Nota-se, que sempre a quantidade consumida é maior do que a quantidade produzida. Esse déficit é explicado por Goldenberg e Lucon (2006) que a autossuficiência na produção de petróleo é física e não econômica. O petróleo produzido internamente não é de boa qualidade, tendo assim, a necessidade de importar. Apesar da Petrobras possuir 98% do petróleo refinado no Brasil, o país tem que importar óleo leve (mais caro) para processar nas refinarias. Após 2006, com o aumento da demanda de etanol e o aumento da imposição da mistura para 25% houve uma maior aproximação da produção de gasolina com o consumo do combustível fóssil. Após outubro de 2009 há um descolamento da demanda de gasolina com relação a produção. Isso pode ser explicado pela queda do preço da gasolina com relação ao etanol. Outro fator que se pode observar na série de consumo de gasolina é o

crescimento sazonal da demanda nos finais de ano. Esse fator sazonal, no entanto foi retirado da série para estimações do modelo empírico.

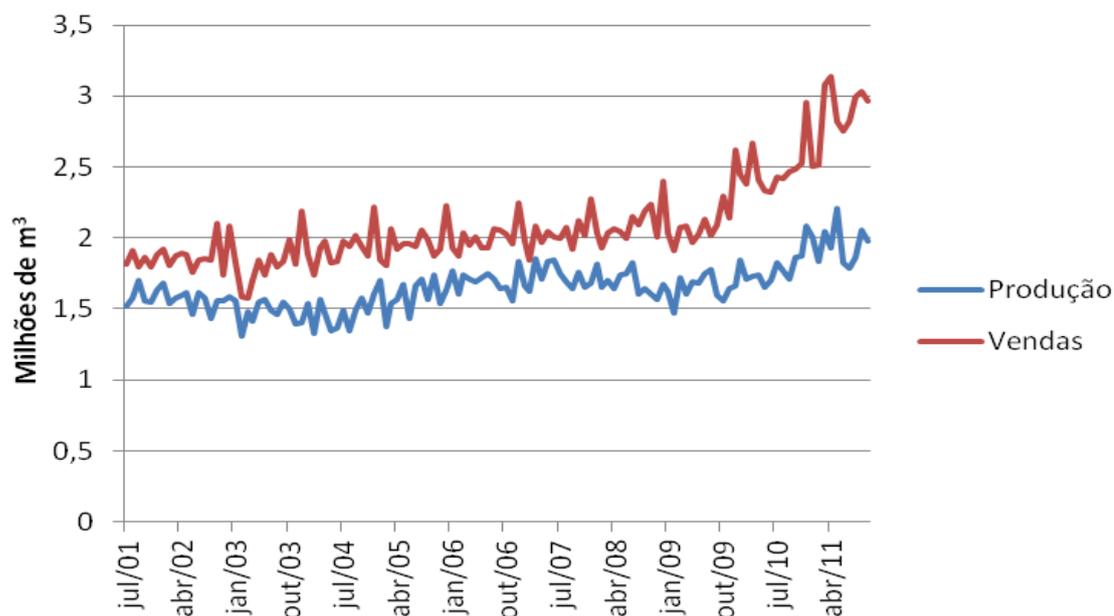


Figura 1.3: Evolução da produção e das vendas de gasolina ao longo do tempo. (Milhões de m³)

Fonte: ANP (2011)

Por fim, a Figura 1.4 mostra o comportamento da inflação e da produção industrial no período de análise. Pode-se notar um comportamento estável da inflação, exceto no “pulso” no fim de 2002, explicado pela transição de governo. A produção industrial, por sua vez mostrou-se crescente, no entanto os dados sugerem uma quebra estrutural em 2009 devido à crise.

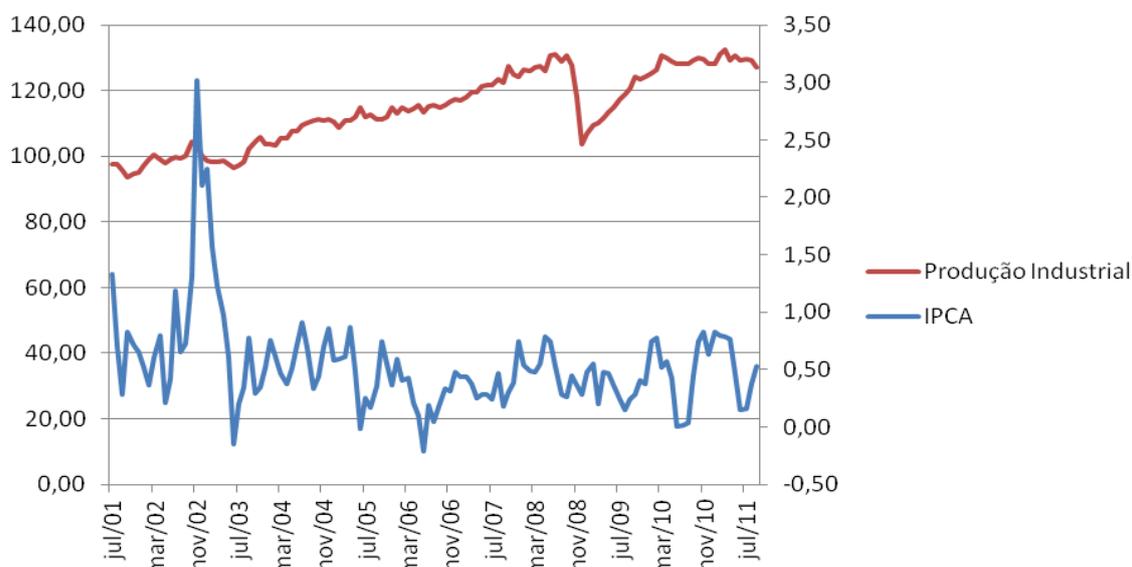


Figura 1.4: Evolução da inflação e do nível de atividade no período de análise.

Fonte: IPEADATA

Portanto, através de uma análise dos dados, procurou-se identificar os fatores que afetam o preço da gasolina no Brasil. Assim, descreve-se nas seções subsequentes um modelo que explique como o preço da gasolina reage a mudanças nesses fatores.

1.4 Metodologia

Foi constatado através da literatura que foram utilizados modelos de regressão linear com correção de erro para determinar o comportamento do preço e do consumo da gasolina através do tempo. Por exemplo, Angelopoulou e Gibson (2010), Marvel (1976), Valadkhani (2009) Bachmeier e Griffin (2003). Observou-se também que alguns autores analisaram o comportamento do preço da gasolina através da análise de vetores autorregressivos estrutural (SVAR), como Kilian (2009, 2010), Borenstein et al (1997), Radchenko (2005), Zhang et al (2008), tendo este último utilizado VAR com MGARCH para modelar o efeito da volatilidade do preço do petróleo no preço da gasolina nos Estados Unidos.

Para o Brasil, de acordo com Pinto Jr. et al (2004), o preço da gasolina não refletiu as oscilações do preço do petróleo, sugerindo que o comportamento de preços é determinado em parte pelas forças de demanda e oferta (refinarias), bem como as ações do governo com intervenções na CIDE e na imposição da mistura de álcool anidro na

gasolina. Dessa forma, a investigação do comportamento do preço da gasolina no Brasil dar-se-á através da proposição de um modelo que mostre a dinâmica deste preço em face de mudanças (choque) nas forças de demanda e oferta domésticas, nível de atividade e inflação, bem como a presença de intervenções governamentais.

O modelo empírico proposto no referido trabalho será o Vetores Autorregressivos (VAR), que é a metodologia utilizada, principalmente por Kilian (2009, 2010). O VAR consiste em um sistema de equações, em que cada uma das variáveis que compõem o sistema é função dos valores das demais variáveis no presente, dos seus valores e dos valores das demais variáveis defasadas no tempo, mais o termo de erro. As equações de um modelo VAR podem conter também tendências determinísticas e variáveis exógenas (Enders, 2001). A seguir, tem-se a descrição do modelo proposto.

1.4.1. Vetores Autoregressivos (VAR)

Para a análise da repercussão de choques sobre o preço da gasolina é considerado um modelo Vetorial Auto-Regressivo (VAR) da seguinte forma:

$$y_t' A_0 = \sum_{l=1}^p y_{t-l}' A_l + \varepsilon_t' \quad \text{para } 1 \leq t \leq T \quad (1)$$

Onde y_t é um vetor coluna $n \times 1$ das variáveis endógenas do modelo; A_0 é uma matriz $n \times n$ dos parâmetros das variáveis contemporâneas; A_l é uma matriz $n \times n$ dos parâmetros das variáveis defasadas, para $1 \leq l \leq p$; ε_t é um vetor coluna $n \times 1$ dos distúrbios estruturais; “ P ” é a ordem de defasagem; e “ T ” é o tamanho da amostra. Definindo,

$$z_t' = [y_{t-1}' \dots y_{t-p}']$$

e

$$F' = [A_1 \dots A_p]$$

Onde z_t' é uma matriz $1 \times k$ e F' é uma matriz $n \times k$, com $k = np$, e usando z_t' e F' , pode-se reescrever o modelo descrito em (1) de forma mais simplificada como:

$$y_t' A_0 = z_t' F' + \varepsilon_t' \quad (2)$$

Porém, sabe-se que o modelo na sua versão estrutural não é determinado, então estima-se o modelo na sua forma reduzida ou padrão, obtido pela pós-multiplicando do sistema (2) pela inversa da matriz A_0 , A^{-1} :

$$y_t' = y_{t-1}' B + u_t' \quad (3)$$

onde $B = F A^{-1}$; $u_t' = \varepsilon_t' A^{-1}$ e $E[u_t' u_t] = \Omega = (A A')^{-1}$ é a matriz de variância-covariância dos resíduos na forma reduzida.

A estratégia empírica envolve, portanto, estimar o modelo na forma reduzida e depois recuperar os parâmetros da forma estrutural. Tipicamente, a literatura que investiga os efeitos de choques sobre as variáveis macroeconômicas, dentre outros, segue Sims (1980), e impõe um esquema de identificação recursivo, através da imposição de restrições na matriz de efeitos contemporâneos, A_0 . Um exemplo de esquema de identificação que estabelece restrições nos parâmetros contemporâneos é a decomposição de Cholesky, a qual é comumente utilizada em estudos como o realizado aqui. A decomposição de Cholesky impõe uma estrutura recursiva para a matriz A , assumindo que a matriz é triangular inferior ou superior. O que significa dizer que, no caso na matriz ser triangular inferior, conforme for estabelecida a ordenação das variáveis, de grande relevância para as estruturas recursivas, é imposta a condição de que a primeira variável ordenada não seja afetada contemporaneamente por choques nas

demais variáveis que a segue, mas choques na primeira variável influenciam as demais. Em seqüência, a segunda variável influencia as que a seguem, mas não sofre influencia destas variáveis, e assim pode-se generalizar para as demais variáveis.

No presente artigo o vetor de variáveis endógenas é descrito como:

$$y_t = (yind_t, inf_t, vend_t, prodgas_t, p_t)' \quad (4)$$

Onde (y_t) é um vetor de variáveis endógenas no período “t”, e inclui uma medida do nível de produção industrial do país, ($yind_t$), uma variável controle para o crescimento do nível geral de preços, a inflação (inf_t); uma variável que indica as vendas de gasolina no país ($vend_t$); uma variável que representa a produção de gasolina ($prodgas_t$); uma variável que indica o preço da gasolina (p_t).

Em conformidade com a literatura que objetiva analisar o comportamento do preço da gasolina (Kilian, 2009, 2010) adota-se nesse estudo um esquema de identificação recursivo, onde a matriz “A” é assumida ser triangular inferior, o que sugere que o vetor de variáveis dependentes deve ser ordenado da variável mais exógena para a mais endógena. Desse modo, o sistema (2) pode ser reescrito da seguinte maneira:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 & 0 & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & 0 \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} yind_t \\ inf_t \\ vend_t \\ prodgas_t \\ p_t \end{bmatrix} = [F] \begin{bmatrix} yind_{t-1} \\ inf_{t-1} \\ vend_{t-1} \\ prodgas_{t-1} \\ p_{t-1} \end{bmatrix} + C\xi \quad (5)$$

Onde C é uma matriz identidade e ξ é o vetor de distúrbios exógenos. As variáveis foram especificadas em logaritmo, a exceção da inflação que está em percentual. As variáveis foram ordenadas de forma que o nível de atividade nacional

influencia as demais variáveis do modelo, mas não sofre influência das mesmas contemporaneamente. O índice de inflação é influenciado pela atividade econômica, mas não pelas demais variáveis que a segue. Analogamente, a venda de gasolina, a produção de gasolina. As variáveis de intervenção do governo são consideradas exógenas e entram no modelo como uma *dummy* de intercepto, que tem valor um para mudança de alíquota e mistura e zero caso contrário. Optaram-se como variáveis exógenas a imposição a mistura e a alíquota CIDE. Optou-se também a incorporação de uma *dummy* temporal que capta o auge da crise internacional em 2009, pois o comportamento da variável de atividade econômica sofreu uma quebra estrutural a partir desse ano, e esse fenômeno pode influenciar a dinâmica do mercado.

Optou-se nesse presente trabalho pela estimação do VAR nas variáveis em nível, pois as variáveis na primeira diferença eliminaria qualquer chance de detectar efeitos de persistência nos choques de demanda e oferta no preço da gasolina. De acordo com Kilian (2010), a vantagem de especificação no nível é que a estimação do VAR é consistente mesmo que as variáveis sejam integradas ou não.

1.4.2. Dados

Para análise do comportamento do preço da gasolina, utiliza-se o preço da gasolina ao consumidor (gasolina C), de periodicidade mensal de julho de 2001 a outubro de 2011, disponível na Agência Nacional de Petróleo (ANP). Na ANP também é encontrado o consumo e a produção da gasolina, também na periodicidade mensal. O nível de atividade foi medido através do produto industrial que foi extraído no IPEADATA. Também no IPEADATA, extraiu-se a taxa de inflação oficial do governo (IPCA). As intervenções na CIDE são encontradas na Confederação Nacional dos Transportes e as intervenções do governo na mistura do foram extraídas no ministério da agricultura. Todas as variáveis estão em logaritmo, exceto a inflação e as variáveis *dummy*.

1.5 Análise dos Resultados

1.5.1. Como o Preço da Gasolina no Brasil Responde a Choques?

O processo de análise do VAR requer que as variáveis sejam estacionárias (Enders, 2001), para testar a estacionariedade das séries no tempo são utilizados os testes de raiz unitária de Dickey Fuller Aumentado (ADF), cuja hipótese nula é raiz unitária, o teste KPSS, o qual possui a hipótese nula de estacionariedade e o teste de Perron de quebra estrutural, que se segue o teste de ADF. Os resultados do teste de raiz unitária são ilustrados na Tabela 1.1. Quando os testes não mostram os mesmos resultados opta-se por aceitar a hipótese de que a série é estacionária.

Tabela 1.1: Teste de Raiz Unitária para as Variáveis Selecionadas

Variável	Teste ADF	Lags	Teste KPSS (5%)	Teste de Perron	Resultado
Preço da Gasolina	-3,68(-3,41)	14	0,462(0,146)	-5,98(-5,08)	I(0)
Produção de Gasolina	-0,16(-3,41)	11	0,160(0,146)	-3,93(-5,08)	I(1)
Demanda de Gasolina	-4,10(-3,41)	11	0,379(0,146)	-5,63(-5,08)	I(0)
Inflação	-4,81(-3,41)	0	0,138(0,146)	-5,85(-5,08)	I(0)
Produção Industrial	-2,62(-3,41)	0	0,190(0,146)	-7,3(-5,08)*	I(0)

Fonte: Elaboração Própria.

Obs: Todas as séries são consideradas com tendência.

*A série de produção industrial apresentou quebra estrutural, por isso o teste considerado foi o de Perron.

Para analisar a endogeneidade das variáveis em questão utilizou-se o teste de Causalidade de Granger, o qual é visto na Tabela 1.2. O teste identifica a relação de causalidade entre as variáveis do modelo VAR. O resultado do teste indica que, contemporaneamente, o preço da gasolina não é causado por nenhuma das variáveis em questão. Porém, o preço do combustível, a produção e a venda afetam-se entre si e também as outras variáveis – nível de atividade e inflação. Esse resultado comprova certo grau de endogeneidade entre as variáveis, no entanto para analisar uma relação de causalidade de curto e longo prazo, estima-se o modelo de Vetores Autorregressivos (VAR).

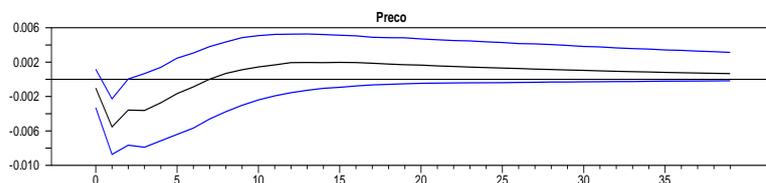
Tabela 1.2 - Teste de Causalidade de Granger entre as Variáveis Seleccionadas (2 Lags)

Variáveis Explicativas	Variáveis Dependentes									
	Nível de Atividade		Inflação		Vendas		Produção		Preço	
	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.
Nível de Atividade	217,51	0,00	0,4	0,67	3,03	0,05	0,83	0,43	1,75	0,17
Inflação	0,5022	0,60	43,09	0,00	0,69	0,50	0,79	0,45	1,30	0,27
Vendas	0,1223	0,88	2,68	0,07	13,99	0,00	6,82	0,00	0,91	0,40
Produção	2,7901	0,06°	1,29	0,28	2,33	0,10	8,91	0,00	1,83	0,16
Preço	1,57	0,21	3,73	0,02	0,182	0,83	1,952	0,33	217,5	0,00

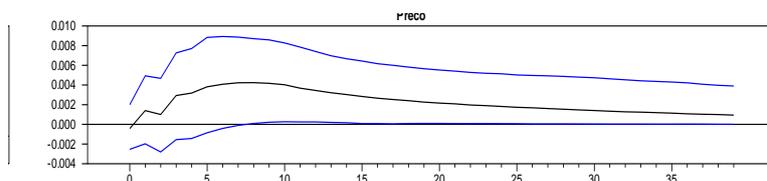
Fonte: elaboração própria

No processo de escolha de defasagens do VAR, identificou-se a presença de duas defasagens utilizando o critério da razão de verossimilhança e de Akaike para amostras com cem observações. Ilustra-se na Figura 1.5, a função impulso resposta, indicando como o preço da gasolina responde a choques exógenos em termos percentuais. Como esperado, percebe-se que as variáveis de demanda de gasolina e nível de atividade afetam positivamente o preço da gasolina e a oferta negativamente. No entanto, a resposta do choque de demanda é um pouco mais prolongado. Com relação a inflação percebe-se que um choque de inflação faz aumentar o preço da gasolina em 1,5% apenas nos períodos iniciais ao choque, e após 9 meses o preço da gasolina torna-se a estabilizar. Com relação ao nível de atividade, o impacto de um choque na produção industrial ocasiona uma variação positiva do preço, ou seja, se a demanda pelos bens e serviços aumenta, o preço da gasolina acompanha o aumento da demanda. O aumento do preço da gasolina se mostra prolongado, estabilizando-se apenas no final do período em análise (40 meses). Esses primeiros resultados mostram que uma mudança nos fatores inerentes ao mercado de gasolina ocasiona uma efeito no preço da gasolina apenas no curto prazo. Porém, os fatores relacionados a economia

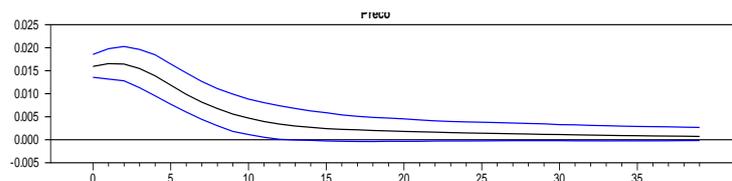
como um todo – nível de atividade e inflação, ocasiona um aumento no preço da gasolina e um efeito prolongado sobre a variação do combustível.



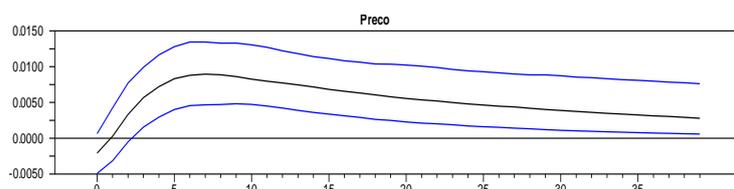
Resposta do Preço a um choque de Oferta de Gasolina



Resposta do Preço a choque de Demanda de Gasolina



Resposta do Preço a um choque de Inflação



Resposta a um choque no Nível de Atividade

Fonte: Elaboração própria

Figura 1.5: Função impulso resposta das variáveis selecionadas no preço da gasolina.
Obs.: As linhas azuis representa o intervalo de confiança a partir de simulações de Monte Carlo

Outra maneira de analisar o impulso resposta é através da Tabela 1.3, que mostra as maiores respostas, menores respostas e as respostas acumuladas do preço da gasolina quando ocorrem mudanças em seus determinantes. A maior resposta do preço da gasolina ocorre quando o nível de atividade. Quando ocorre um choque de 1% na

atividade econômica, a maior resposta do preço da gasolina é de 0,44% (8 meses após o choque). Em seguida, quando ocorre um choque de 1% na oferta de gasolina, o preço reduz em 0,095% (2 meses após o choque). Em terceiro se tem a demanda de (0,062%, 9 meses após o choque), e em quarto se tem a inflação (0,058%, 2 meses após o choque).

Com relação as respostas acumuladas, percebe-se que tanto no curto, quanto no longo prazo, o principal fator que afeta o preço da gasolina é o nível de atividade econômica, com 2,877% e 10,387%, respectivamente. Esse resultado corrobora com os resultados encontrados por Kilian (2009, 2010), no tocante a atividade econômica no longo prazo. No curto prazo, em seguida, a inflação é o segundo maior fator que influencia o preço da gasolina (0,42%), seguido da demanda de gasolina (0,40). No longo prazo, no entanto, a demanda de combustível assume o segundo maior fator determinante da resposta do preço da gasolina, com 1,4%. No efeito de uma mudança na atividade econômica, portanto, é o que ocasiona um efeito mais prolongado no preço da gasolina. O resultado do impulso resposta sugere que o governo, através do monopólio da Petrobrás e da imposição alíquotas, controla o preço da gasolina, pois as variáveis macroeconômicas parecem ter um efeito mais prolongado no comportamento no preço da gasolina. Um aumento na oferta de gasolina, que pode ser representada por uma mudança nas atividades de refinaria, ocasiona uma queda de curto prazo no preço da gasolina. A demanda do combustível, por sua vez tem um efeito apenas no longo prazo, porém muito pequeno (1,4%) isso sugere que a escolha do consumidor pelo combustível relativamente mais barato pode ocasionar num efeito em menor escala no preço da gasolina⁸.

⁸ De acordo com Boff (2010) a entrada dos veículos bicomcombustível (*flex*) ocasionou na escolha do consumidor entre a gasolina e o etanol com maior frequência.

Tabela 1.3: Respostas Acumuladas (em valores relativos) do Preço da Gasolina a um choque de 1% nas variáveis selecionadas (%)

Variável	Resposta Máxima	Resposta Acumulada Máxima	Resposta Acumulada até o 10º período	Resposta Acumulada até o 20º período	Resposta Acumulada até o 30º período	Resposta Acumulada até o 40º período
Nível de Atividade	0,44	10,387	2,877	6,400	8,760	10,387
Inflação	0,058	0,616	0,42	0,516	0,575	0,616
Vendas	0,062	1,40	0,40	0,885	1,188	1,40
Produção	-0,095	0,545	-0,316	0,048	0,344	0,545

Fonte: Elaboração Própria

Outro resultado importante do VAR é a decomposição de variância. Nela pode-se identificar a contribuição de cada variável na variação do preço da gasolina no curto e no longo prazo. O resultado pode ser visto na Tabela 1.4. Pode-se notar que o preço da gasolina no curto prazo tem sua variação devido a mudanças na taxa de inflação (31,6%). Já nos meses subsequentes, a importância da variação do preço ocorre principalmente devido a variações de inflação, mas o nível de atividade ganha importância do poder de explicação do comportamento de preço da gasolina. As variáveis vendas e produção, não possuem importância significativa na variância do preço da gasolina. Isso pode significar que variáveis macroeconômicas, consideradas pelo governo tem maior influência na variação do preço da gasolina, com relação as variáveis que representam as forças de mercado – demanda e produção. Como a inflação e a atividade econômica são variáveis que desperta preocupação do governo, essa configuração mostra o interesse do governo em controlar o preço da gasolina.

Tabela 1.4 - Decomposição da Variância da Variável Preço da Gasolina

Variável	Mês	Nível de Atividade	Inflação	Vendas	Produção	Preço
Preço da Gasolina	1	0,543	31,607	0,036	0,103	67,712
	10	12,429	41,296	2,823	1,791	41,66
	20	20,893	35,161	4,736	2,344	36,865
	30	23,667	32,864	5,246	2,701	35,522
	40	24,829	31,912	5,457	2,841	34,961

Fonte: Elaboração própria

Sobre as intervenções, a estimação do VAR na forma reduzida, disponível no Apêndice 1 do presente trabalho, indicou que a alíquota CIDE mostrou-se significativa

na determinação do preço da gasolina, indicando que um aumento em 1% na alíquota CIDE de R\$ 0,280/l, aumenta o preço da gasolina em 0,2%. A mistura obrigatória, não se mostrou significativa sobre o preço da gasolina. A função impulso resposta e a decomposição da variância indicam que a influência das variáveis macroeconômicas sobre o preço da gasolina é maior e mais prolongada com relação às variáveis inerentes ao próprio mercado de gasolina (demanda e oferta). A inflação tem uma contribuição significativa no curto e no longo prazo na variação do preço da gasolina. Isso mostra que, embora o preço da gasolina esteja determinado pelas forças de mercado, após a lei do petróleo, os resultados indicam que o preço da gasolina ainda vem sendo controlado pelo governo, juntamente com a inflação. Nota-se também que o imposto CIDE tem um papel significativo também na variação do preço do combustível.

1.5.2. O preço do Petróleo e a Dinâmica do Preço de Gasolina

Para comprovar robustez nos resultados, primeiramente trocou-se a ordem de entrada das variáveis na identificação do modelo VAR. Os resultados não foram modificados. Em seguida incorporou-se na análise o preço do barril de petróleo como variável endógena. O processo de identificação é similar ao modelo anterior, porém foi incorporado o preço do barril como a variável endógena que afeta todas as variáveis contemporaneamente, mas não é afetada por nenhuma. Os resultados com essa nova variável indica que o preço da gasolina reage da mesma maneira, e na mesma magnitude, quando ocorre choques na demanda e oferta de gasolina, nível de atividade e inflação. No entanto, um choque no preço do petróleo causa um aumento do preço apenas no curto prazo. Logo em seguida observa-se uma queda no preço da gasolina. A Figura 1.6 indica a resposta do preço da gasolina a um choque no preço do petróleo. Quatro meses após o choque, o preço baixa até voltar a estabilidade. A magnitude desse aumento é muito pequeno (pouco mais de 0,015%). Esse resultado sugere que um choque no preço do barril representa um aumento de custo, no entanto a presença de intervenções indicadas na literatura demonstra que o preço da gasolina decai ao longo do tempo.

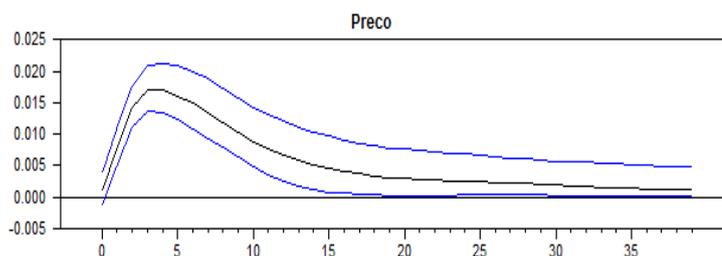


Figura 1.6 – Resposta do preço da gasolina a um choque no preço do petróleo.
Fonte: Elaboração Própria

Com relação a decomposição da variância (Tabela 1.5) o preço do petróleo não possui nenhuma influência na variação do preço da gasolina nos primeiros meses de análise. Nos meses subsequentes, entretanto, a importância da variação do preço do derivado ocorre devido ao preço do barril, com 44,25% no décimo mês e 39,83% no quadragésimo mês. Em seguida, a inflação possui representatividade na variação do preço da gasolina com 27% no mês 10 e 24,75% no mês 40. Os resultados diferem da seção anterior onde a atividade econômica possui representatividade no erro de previsão do preço da gasolina. Quando se incorpora o preço do barril de petróleo, este possui uma importância relativa no preço da gasolina. Então, de acordo com a decomposição da variância, o preço da gasolina está condicionado ao preço do petróleo e a inflação. O que sugere as intervenções do governo pelos mecanismos descritos na literatura. De fato esses mecanismos, a CIDE e a intervenção a mistura, se mostraram significativos na estimativa do VAR. Um aumento na CIDE para R\$ 280/m³, aumenta o preço da gasolina em 0,028%. Ao contrário do modelo anterior, a intervenção a mistura, possui efeito significativo no preço da gasolina. Uma mistura de etanol na gasolina acima de 24%, diminui o preço da gasolina em 0,014%.

Tabela 1.5 - Decomposição da Variância da Variável Preço da Gasolina

Variável	Mês	Petróleo	Nível de Atividade	Inflação	Vendas	Produção	Preço
Preço da Gasolina	1	0,18	1,283	25,161	0,016	0,025	73,335
	10	44,251	2,672	27,036	3,964	0,468	21,609
	20	41,344	7,66	25,867	5,326	1,471	18,332
	30	40,185	9,148	25,042	5,54	1,928	18,157
	40	39,83	9,638	24,775	5,616	2,073	18,068

Fonte: Elaboração própria

1.6 Conclusões

Neste trabalho procurou-se definir os fatores condicionantes do comportamento do preço da gasolina no Brasil. Como resultado, o preço da gasolina responde a choques no curto prazo significativamente pela atividade econômica e inflação e no longo prazo pela atividade econômica e demanda de gasolina. Já sua variação de curto prazo é determinada pela inflação no curto prazo e atividade econômica e inflação no longo prazo. Indica assim, uma forte causalidade do comportamento do preço via variáveis macroeconômicas e, numa menor medida, a demanda e a oferta. Além disso, a oferta do combustível não tem significância na variação de preço, mas este responde negativamente a choques de oferta no curto prazo. Este resultado sugere que a infraestrutura, ou seja, uma mudança estrutural no refino nacional poderia causar uma queda no preço da gasolina.

Como as variáveis de inflação e de nível de atividade impactam positivamente no preço da gasolina, abre-se espaço para intervenções do governo e Petrobras sobre o comportamento do preço do combustível fóssil. De fato, há 9 anos, o preço da gasolina não sofre nenhuma alteração significativa. Os resultados, porém, não se mostraram robustos pois a incorporação o preço do petróleo na dinâmica mostrou-se importante para a variação do preço da gasolina no longo prazo. Este resultado não refuta as afirmações dos autores, no qual sugere uma não influência do petróleo no preço doméstico. O resultado mostra a importância do preço do barril no preço e que o governo tem utilizado mecanismos para não absorver os aumentos do preço do barril.

Uma importante implicação sobre os resultados do modelo é que se o governo detém um controle sobre o preço do combustível, ele deveria ser mais transparente sobre os mecanismos adotadas para manter o preço da gasolina, de forma a atrair

investimentos domésticos e estrangeiros no setor de forma a competir com o monopólio virtual da Petrobras no setor de extração e refinamento. Além disso, pode-se indagar também se seria sustentável o governo controlar o preço da gasolina por um horizonte de tempo muito longo, porém essa é uma indagação que o trabalho não responde.

Este trabalho, embora tenha citado e reconheça sua importância, abstrai o etanol da dinâmica do preço da gasolina. Optou-se, no entanto, colocar o etanol apenas na imposição da mistura entre gasolina e etanol. O preço do etanol também poderia figurar no modelo, pois, a gasolina comercializada possui etanol e o preço final contabiliza o preço do biocombustível, o que pode acarretar numa complexa relação com o mercado de gasolina, já que etanol é um substituto da gasolina e também um bem complementar. Devido essa complexidade, faz-se necessário analisar com maior detalhe essa relação dos dois mercados em outro trabalho. O que seria sugestão para trabalhos posteriores.

Apêndice 1

Tabela 1A - Estimação do Modelo de Vetores Autoregressivos*

Equação 1 – Variável Dependente: Produção Industrial				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produto Industrial{1}	1,085697	0,091915	11,81197	0,000000
Produto Industrial{2}	-0,22612	0,095625	-2,36465	0,019833
Inflação{1}	0,002074	0,008108	0,25587	0,798541
Inflação{2}	-0,00603	0,007023	-0,85821	0,392679
Demanda de Gasolina{1}	0,01195	0,028442	0,42016	0,675201
Demanda de Gasolina{2}	-0,01168	0,029931	-0,39007	0,697253
Produção de Gasolina{1}	-0,00541	0,032525	-0,16636	0,868184
Produção de Gasolina{2}	0,075212	0,032225	2,33396	0,021448
Preço da gasolina{1}	-0,0385	0,082923	-0,46427	0,643386
Preço da Gasolina{2}	0,083926	0,080756	1,03926	0,301006
Constante	-0,69029	0,445305	-1,55016	0,124029
CRISE	-0,00043	0,009333	-0,04658	0,962931
MIST	0,005041	0,004766	1,05757	0,292612
CIDE	0,002671	0,007006	0,38125	0,703765
Equação 2 – Variável Dependente: Inflação				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produto Industrial{1}	0,699395	1,296354	0,53951	0,590646
Produto Industrial{2}	-0,19106	1,348676	-0,14167	0,887606
Inflação{1}	0,808034	0,114349	7,06641	0
Inflação{2}	-0,08745	0,099057	-0,88286	0,379272
Demanda de Gasolina{1}	0,922046	0,401145	2,29854	0,023456

Demanda de Gasolina{2}	-0,22133	0,422141	-0,52431	0,60114
Produção de Gasolina{1}	-0,73682	0,458726	-1,60623	0,111144
Produção de Gasolina{2}	0,140449	0,454496	0,30902	0,7579
Preço da gasolina{1}	-2,13354	1,169533	-1,82427	0,070877
Preço da Gasolina{2}	1,125493	1,138968	0,98817	0,325278
Constante	3,852438	6,280509	0,6134	0,540904
CRISE	-0,00295	0,131635	-0,02243	0,982145
MIST	0,029599	0,067221	0,44032	0,660585
CIDE	0,058591	0,098806	0,59299	0,554426
Equação 3 – Variável Dependente: Demanda de Gasolina				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produto Industrial{1}	0,276698	0,321486	0,86068	0,391319
Produto Industrial{2}	0,107778	0,334462	0,32224	0,747892
Inflação{1}	0,019858	0,028358	0,70026	0,485268
Inflação{2}	-0,02851	0,024566	-1,16039	0,248447
Demanda de Gasolina{1}	0,401482	0,099481	4,03577	0,000102
Demanda de Gasolina{2}	0,190242	0,104688	1,81723	0,071955
Produção de Gasolina{1}	-0,1754	0,113761	-1,54181	0,126045
Produção de Gasolina{2}	0,205157	0,112712	1,82019	0,071499
Preço da gasolina{1}	-0,13788	0,290035	-0,47538	0,635477
Preço da Gasolina{2}	0,088456	0,282456	0,31317	0,754756
Constante	4,075113	1,55752	2,61641	0,010158
CRISE	0,042761	0,032645	1,30988	0,193014
MIST	0,002554	0,01667	0,15323	0,878499
CIDE	-0,01666	0,024503	-0,6801	0,4979

Equação 4 – Variável Dependente: Produção de Gasolina				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produto Industrial{1}	0,08224	0,279819	0,29391	0,769394
Produto Industrial{2}	0,096372	0,291113	0,33105	0,741249
Inflação{1}	0,005167	0,024682	0,20934	0,834575
Inflação{2}	-0,02175	0,021382	-1,01712	0,311368
Demanda de Gasolina{1}	0,309962	0,086587	3,57976	0,000517
Demanda de Gasolina{2}	-0,19108	0,091119	-2,09708	0,038321
Produção de Gasolina{1}	0,121802	0,099016	1,23012	0,221326
Produção de Gasolina{2}	0,35928	0,098103	3,66226	0,000389
Preço da gasolina{1}	0,34717	0,252445	1,37523	0,171906
Preço da Gasolina{2}	-0,26876	0,245847	-1,09321	0,276734
Constante	4,285313	1,355653	3,16107	0,00204
CRISE	-0,01198	0,028414	-0,42163	0,674137
MIST	-0,02587	0,01451	-1,78261	0,07746
CIDE	-0,01896	0,021327	-0,88906	0,375947
Equação 5 – Variável Dependente: Preço da Gasolina				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produto Industrial{1}	0,104109	0,128334	0,81123	0,419016
Produto Industrial{2}	0,010198	0,133514	0,07638	0,939259
Inflação{1}	0,01209	0,01132	1,06801	0,287896
Inflação{2}	0,000767	0,009806	0,07821	0,937809
Demanda de Gasolina{1}	0,053775	0,039712	1,35414	0,17852
Demanda de Gasolina{2}	-0,01789	0,04179	-0,42804	0,669473
Produção de Gasolina{1}	-0,08213	0,045412	-1,80848	0,073314

Produção de Gasolina{2}	0,045762	0,044993	1,01709	0,311383
Preço da gasolina{1}	0,847534	0,115779	7,32025	0
Preço da Gasolina{2}	0,00621	0,112754	0,05507	0,956183
Constante	0,572913	0,621747	0,92146	0,358866
CRISE	0,018514	0,013031	1,4207	0,158283
MIST	-0,00087	0,006655	-0,13114	0,895907
CIDE	0,023278	0,009781	2,37985	0,019073

Fonte: Elaboração própria

*Todas as variáveis estão em logaritmo.

2. Impactos das Mudanças de Preço da Gasolina e do Etanol na Demanda de Etanol no Brasil

2.1. Introdução

Historicamente observa-se uma relação entre os mercados de etanol e gasolina no Brasil. Desde a década de 70 com o primeiro choque do petróleo, através do Proálcool, houve o estímulo à produção de etanol com o intuito de substituir a gasolina, com a fabricação de veículos abastecidos a etanol – chamado etanol hidratado. Além disso, a gasolina consumida pelos usuários de veículos abastecidos pelo combustível fóssil era misturada com etanol – chamado de etanol anidro, com o objetivo de estabilizar o preço doméstico de gasolina, mas também para reduzir as emissões poluentes.

Dessa forma, até 2003 a elasticidade de substituição entre a demanda de etanol e o preço da gasolina era muito baixa, pois para o consumidor trocar de combustível era necessário trocar de veículo para consumir o combustível mais barato (Tokgoz e Elobeid, 2006). No entanto, a partir de maio de 2003, foi implantada uma nova tecnologia nos veículos que permitiu o consumidor abastecer o veículo com qualquer mistura entre o etanol hidratado e a gasolina. Esses veículos que contém essa tecnologia são chamados de *flex fuel*. Isso permitiu ao consumidor arbitrar entre o combustível mais barato.

Além dos veículos *flex*, o aumento do preço do petróleo, e as questões ambientais relativas às emissões de poluentes de fato, estimularam a produção de etanol no Brasil e no mundo. Como o Brasil vivenciou o sucesso do Proálcool, adquiriu-se vantagem competitiva na produção do etanol oriundo da cana-de-açúcar que permite o etanol competir com a gasolina mesmo com o preço do petróleo em baixa (Von Lampe, 2006). Com isso, o país figura como o segundo maior produtor mundial de etanol e o primeiro em etanol de cana de açúcar. Como pode ser visto na Tabela 2.1, o Brasil perde apenas para os Estados Unidos na produção de etanol no mundo, com pouco mais de 6 bilhões de galões e 10 bilhões de galões, respectivamente. Apesar de apontar o estímulo do uso de biocombustível pela alta do preço do barril e fatores climáticos, a introdução dos veículos *flex* foi um meio de sucesso para a recuperação do mercado produtor de etanol (Giesecke et al, 2007).

Tabela 2.1 - Produção Mundial de Etanol, 2009 em Milhões de Galões

País/Região	Produção
Estados Unidos	10191,28
Brasil	6557,9
Canadá	290,59
Colômbia	83,21
China	541,55
Índia	91,67
Tailândia	435,2
Austrália	56,8
União Européia	1039,52
Outros	247,27
Total	19534,99

Fonte: RFA Outlook 2011;

A revisão de literatura mostra que existe uma gama de trabalhos que analisam esse efeito de substituição entre o etanol e a gasolina, como por exemplo, Boff (2010), Tokgoz e Elobeid (2006), Iootty et al (2009). No entanto essa inter-relação entre os mercados de etanol e gasolina no Brasil possui uma particularidade quando comparada com os outros países. Em outros países, o etanol e gasolina são bens complementares, pois o consumidor adquire o combustível com o etanol anidro misturado com a gasolina. No Brasil, de acordo com Balcombe e Rapsomanikis (2008), a nova composição da frota fez surgir uma complexa relação entre os combustíveis gasolina e etanol, sendo eles complementares e substitutos. Segundo os autores, para consumidores com veículos abastecidos exclusivamente pela mistura etanol anidro e gasolina, um aumento no preço da gasolina resulta em uma queda na quantidade de etanol anidro demandado, que é consumido em conjunto com a gasolina. Para os consumidores com veículos *flex*, um aumento no preço da gasolina resulta em uma mudança na curva de

demanda de etanol mais elástica para direita. Então o preço da gasolina influencia a demanda de etanol anidro e a demanda por etanol hidratado.

No entanto, o consumidor de veículos *flex* não enxerga como referência na troca entre os combustíveis o preço da gasolina e do etanol isoladamente, mas sim o preço relativo entre os combustíveis. Justifica-se esse comportamento, pois o rendimento do carro abastecido por etanol hidratado é 30% menor do que o veículo abastecido pela gasolina. Ou seja, se a relação entre o preço do álcool e gasolina for maior que 0,7 o consumidor escolhe abastecer o carro com gasolina, e se a relação de preços for menor que 0,7, o consumidor escolhe abastecer com etanol (Losekann e Castro, 2011).

A expansão da demanda de etanol e a vantagem do consumidor abastecer etanol em detrimento da gasolina era um fator atrativo ao produtor de etanol⁹. No entanto, a escassez de investimentos no setor sucroalcooleiro com a crise financeira internacional e o alto preço do açúcar¹⁰ no mercado internacional acarretou em uma queda na produção de etanol para abastecer o mercado doméstico (Viegas, 2011). A demanda continuou crescendo e os preços do etanol hidratado subiram. De acordo com Viegas (2011), a competitividade do etanol reduziu gradativamente após a crise internacional e ele perdia mais espaço para a gasolina, ficando mais caro que o etanol americano. Com isso, o Brasil aumentou as importações de etanol dos Estados Unidos, já que não conseguia ofertar o suficiente para suprir a demanda interna, perdendo, assim, a oportunidade de alavancar o mercado mundial de etanol.

Dessa forma, pretende-se estudar os impactos no consumo de etanol anidro e hidratado em face de um choque no preço da gasolina relativo ao etanol, compreendendo com mais clareza essa complexa relação entre os combustíveis comercializados no país. Este artigo está estruturado em seis seções além desta introdução. A segunda seção investiga a literatura nacional e internacional sobre a relação entre os mercados de etanol e gasolina. A terceira discute um modelo teórico que engloba as variáveis de interesse no modelo empírico. A quarta analisa a relação

⁹ Abastecer etanol era mais atrativo para o consumidor com relação à gasolina. Segundo a ANP (2011) a relação de preços dos combustíveis preponderante após introdução dos veículos *flex* era menor que 0,7.

¹⁰ O açúcar é oriundo da mesma matéria-prima do etanol. O aumento do preço internacional do açúcar é um fator de atração do produtor para o aumento da produção do açúcar em detrimento do etanol Goldemberg et al (2004b).

entre o mercado de gasolina e etanol através de dados. A quinta seção tece comentários sobre a metodologia. A sexta discute os resultados e as implicações. A sétima conclui.

2.2. Revisão de Literatura

A literatura aponta uma relação entre os mercados de gasolina e etanol, por exemplo, Boff (2010), Tokgoz e Elobeid (2006), Iooty et al (2009) e Badr et al (2008). Na literatura internacional destaca-se o trabalho de Tokgoz e Elobeid (2006), cujo resultado mostra que a composição da frota de veículos (o fato de ser bicombustível ou não) determina o consumo do etanol e o preço da gasolina no Brasil. Foi encontrado no estudo que mudanças nos custos dos insumos afetam a rentabilidade dos produtores de etanol e o preço doméstico do biocombustível. Ainda na literatura internacional, Giesecke et al (2007) afirmaram que o crescimento da demanda mundial pelo etanol brasileiro, parece ser menos importante para expansão do etanol do que o mercado interno, pois, segundo eles, o crescimento das exportações do etanol brasileiro é menor do que o crescimento da demanda interna. Eles destacam a importância dos veículos *flex* para retomada do mercado de etanol no Brasil. Eles concluem que o crescimento doméstico da demanda – via aumento da produção de veículos *flex*, é acompanhado por um rápido crescimento nos setores de produção de etanol, caracterizando assim uma resposta rápida da oferta de etanol, fazendo com que o preço deste diminua.

Outros trabalhos também relatam que a introdução dos veículos *flex* foi um meio de sucesso para a produção de etanol hidratado para abastecimento doméstico (Boff, 2010; Balcombe e Rapsomanikis, 2008; Du e Carriquiry, 2011). De acordo com Boff (2010), por exemplo, a entrada dessa nova tecnologia, causou uma mudança na relação entre a demanda de combustíveis etanol e gasolina, e que, no longo prazo, a elasticidade da transmissão de preço estimada do etanol com respeito a gasolina (açúcar), aumenta no tempo em direção a um (diminui com o tempo em direção a zero).

Ferreira et al (2009), encontraram que os preços dos combustíveis dependerão das proporções de álcool, gasolina e carros *flex* no estoque total. A demanda por cada tipo de combustível dependerá do preço esperado do álcool e da gasolina. No longo prazo, foi encontrada uma forte causalidade entre os preços da gasolina e do álcool.

Losekann e Castro (2011) afirmam, por sua vez, que o preço relativo dos combustíveis é o critério preponderante de escolha do consumidor.

Para a investigação do grau de substituição da gasolina por etanol observou-se na literatura que, Roppa (2005) e Alves e Bueno (2003) não encontraram resultados significativos sobre a relação entre preço de etanol e o consumo de gasolina. Azevedo (2007) realizou o mesmo exercício, porém, relaciona o etanol com outros combustíveis para o Brasil e regiões. Entre os resultados, destaca-se que álcool e gasolina são substitutos de curto prazo, embora o crescimento do consumo de etanol se mostre superior ao consumo de gasolina na magnitude de 1,03, ao longo do período estudado (dados mensais de 2002 a 2006). Entretanto, Iooty et al (2009) encontraram um alto grau de substituição entre gasolina e etanol, maior do que a gasolina e o GNV (Gás Natural Veicular).

No tocante a relação entre o consumo conjunto de etanol e gasolina, Bailis et al (2011), Vendenov et al (2005) e Boff (2010) mostram que a mistura do etanol na gasolina reduz a volatilidade no preço do combustível fóssil. No entanto eles não relacionaram a relação entre o preço da gasolina e a demanda de etanol anidro (efeito complementaridade). Tokgoz e Elobeid (2006), por sua vez, destacam o efeito substituição e complementaridade. Segundo eles, com o preço do petróleo em altos patamares, o número de veículos bicompostíveis crescerá significativamente. Isso ocasionará um crescimento da demanda por etanol hidratado. No estudo dos autores, um choque no preço da gasolina na ordem de 20% ocasiona numa queda na demanda por esse produto e na demanda por álcool anidro em 5,2%. Entretanto, o consumo de etanol hidratado crescerá 2,6% devido ao efeito substituição da gasolina por etanol, permitido pela existência dos veículos *flex*.

Em suma, para o Brasil, os trabalhos que abordam esse assunto se atêm apenas na análise do efeito substituição da gasolina e etanol, através da estimação da demanda de combustíveis. Existe, portanto, escassa literatura que aponta a presença dos efeitos substituição e de complementaridade entre os combustíveis.

2.3. Modelo Teórico.

Assume-se primeiramente que o consumidor é tomador de preço, ou seja, o indivíduo observa o preço e escolhe qual combustível é mais adequado. Como nesse presente artigo deseja-se analisar a substituição e a complementaridade entre os combustíveis, as variáveis de interesse serão a demanda de etanol anidro e hidratado, o preço da gasolina e o preço do etanol na bomba, a frota de veículos *flex*, e a imposição da mistura de etanol anidro na gasolina.

De acordo com Tokgoz e Elobeid (2006), a frota brasileira antes de 2003 era composta principalmente por veículos abastecidos por etanol e gasolina. Quando havia mudanças no preço da gasolina, apenas o consumidor de gasolina era afetado. Os consumidores com veículos abastecidos por etanol não eram afetados. Com a introdução dos veículos *flex*, os consumidores detentores dessa tecnologia são mais sensíveis a mudança de preço da gasolina. Um aumento no preço da gasolina resulta em um declínio mais acentuado na demanda por gasolina, de forma que podem diminuir o consumo de gasolina (e assim, etanol anidro) e aumentando o consumo de etanol hidratado. A demanda de etanol hidratado é deslocada para direita (Balcombe e Rapsomanikis, 2008). Com a maior demanda por etanol hidratado, acarreta em um aumento no preço do etanol hidratado. Com o número de veículos *flex* no Brasil, a sensibilidade ao etanol e gasolina torna-se mais acentuada.

2.3.1. Modelo para o Etanol Brasileiro

A demanda brasileira de etanol é dividida entre a demanda de etanol anidro e hidratado. Assume-se que as demandas respondem diferentemente a incentivos econômicos dependendo de três tipos de veículos (álcool, *flex*, e gasolina). A equação comportamental para o consumo de etanol anidro inclui, além do preço do etanol anidro, a imposição da mistura de 20% a 25%, pois o etanol anidro é utilizado somente em conjunto com a gasolina. A equação para o etanol hidratado inclui o número de veículos *flex* na frota de veículos desde que o etanol hidratado é utilizado nesses veículos a qualquer nível. O preço da gasolina é fator determinante das duas demandas, como já explicado. Para as duas equações também se inclui um termo de interação entre a razão da frota

Baseado no modelo de equilíbrio parcial de Tokgoz e Elobeid (2006), O modelo de demanda por etanol anidro é (D^{EA}) e etanol hidratado (D^{EH}) são tratados separadamente, onde a demanda total de etanol no Brasil é $D^{ET} = D^{EA} + D^{EH}$. As equações de comportamento são, pois:

$$D^{EA} = f(P^{ET}, P^{GAS}, Interação, Mist, PIB) \quad (1)$$

$$D^{EH} = f(P^{ET}, P^{GAS}, Interação, Flex, PIB) \quad (2)$$

Onde P^{ET} representa o preço do etanol hidratado no Brasil. P^{GAS} é o preço da gasolina, e *Interação* é um termo de interação que é igual ao preço da gasolina vezes a razão dos veículos *flex* na frota total dos veículos. *Mist* é a imposição de 20%-25% do governo dependendo das condições de mercado. *Flex* denota o número de veículos *flex* na frota de veículos em unidades. *PIB* é o PIB em reais que indica a atividade econômica. Segundo Tokgoz e Elobeid (2006), esse termo de interação é usado para capturar a maior sensibilidade da demanda pelos veículos *flex* no preço da gasolina. Como o número de *flex* aumenta no período de projeção, a demanda por etanol anidro e hidratado torna-se mais sensível a mudanças no preço da gasolina. No caso da demanda de anidro, com o aumento do preço da gasolina, a demanda por etanol decai, pois os consumidores que possuem veículos *flex* substituem a gasolina misturada com etanol anidro pelo etanol hidratado. Então os coeficientes de P^{GAS} e *Interação* na equação 1 seriam negativos. De outra forma, a demanda por hidratado aumenta, se o preço de gasolina aumentar, pois os consumidores de veículos *flex* preferem o uso de etanol hidratado relativo ao anidro misturado com a gasolina. Assim, os coeficientes de P^{GAS} e *Interação* seriam positivos. Esse modelo teórico, baseado nos modelos de Tokgoz e Elobeid (2006) e Balcombe e Rapsomanikis (2008) serve como norte para indicar de que maneira as variáveis explanadas na revisão de literatura influenciam as demandas de etanol anidro e hidratado.

2.4. A relação entre o Preço da Gasolina e o Mercado de Etanol no Brasil

Analisa-se de forma descritiva cada fator que influencia as demandas de etanol anidro e hidratado. Com relação à demanda de etanol anidro, a Figura 2.1 mostra a relação entre a demanda do biocombustível com a variação do preço da gasolina e a imposição à mistura. Percebe-se na Figura 2.1 que a demanda de etanol anidro varia de acordo com a imposição da mistura. No início do ano 2003 e 2006, por exemplo, mesmo com o aumento no preço da gasolina, a imposição reduziu-se para 20%. Isso ocorre, pois o etanol encontrava-se em entressafra. A demanda de etanol anidro varia positivamente a aumentos na imposição a mistura até março de 2006 com o crescimento da demanda de etanol hidratado. A partir desta data, mesmo com a mistura predominantemente permanecendo em 25% a demanda de etanol anidro acompanhou a variação decrescente do preço da gasolina. Com a crise, percebe-se uma queda na imposição a mistura, no entanto a demanda de anidro tornou a crescer e o preço da gasolina começou a decrescer. Esse comportamento sugere que a variação da demanda de etanol anidro responde a mudanças na imposição da mistura, bem como o preço da gasolina e a demanda de etanol.

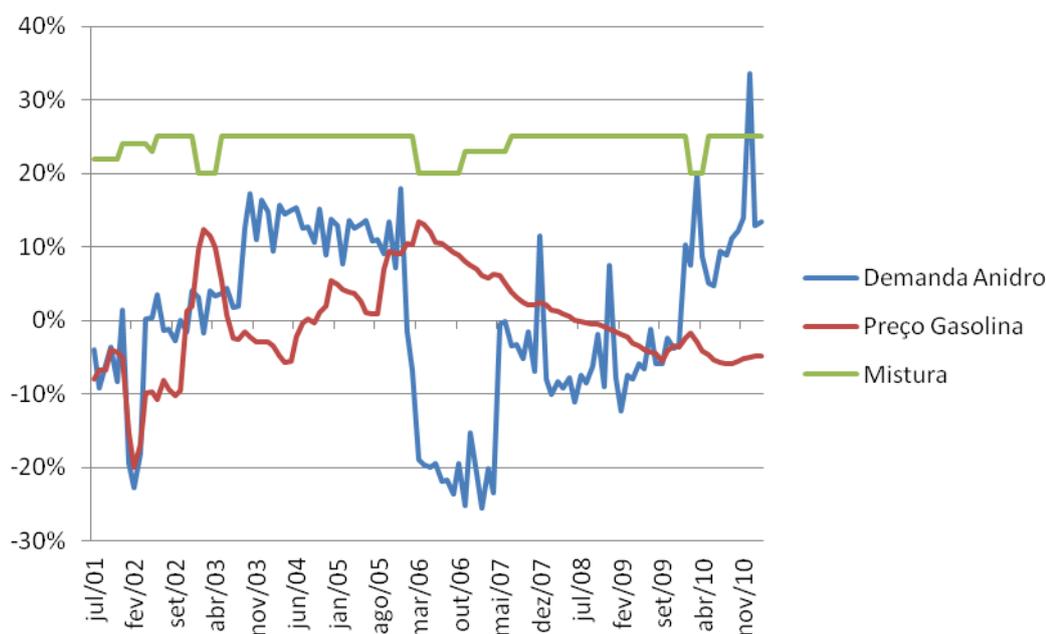


Figura 2.1: Comportamento do preço da gasolina e do etanol anidro. As variáveis representam uma variação percentual relativa a média de longo prazo. Fonte: Elaboração própria, baseado em dados da Datagro (2011) e ANP (2011).

A Figura 2.2 mostra a relação entre os preços de etanol e gasolina. Nota-se que os preços têm comportamentos semelhantes, entretanto a volatilidade do preço do etanol é maior com relação ao preço da gasolina. Este resultado indica que o preço da gasolina tende a ser mais controlado do que o preço do etanol hidratado, que não sofre nenhuma intervenção do governo desde 1998. As variáveis são apresentadas como variação em torno da média de longo prazo.

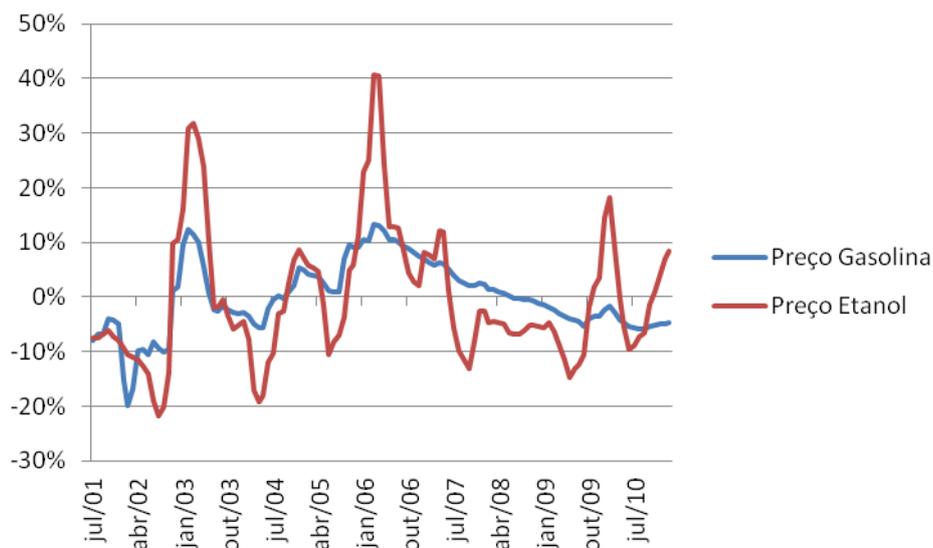


Figura 2.2: Preço da Gasolina x Preço do Etanol

Fonte: Elaboração própria, baseada em dados da ANP (2011)

Com relação a demanda de etanol anidro e hidratado, pode-se observar na Figura 2.3 que a razão entre os preços de etanol e gasolina só ultrapassou 70% apenas 4 vezes. Ou seja, no período de análise, a vantagem de colocar gasolina aconteceu apenas em quatro momentos. Nota-se que quando a razão de preços foi menor que 70%, observa-se um crescimento da demanda de etanol e uma estabilidade na demanda de etanol anidro. Em março de 2010, quando a vantagem de abastecer era pela gasolina, a demanda de etanol anidro decaiu, em decorrência do aumento do preço do etanol; e a demanda de etanol anidro aumentou. Esse fenômeno corrobora com a crise de 2009, onde o setor sucroalcooleiro não conseguiu suprir a crescente demanda de etanol.

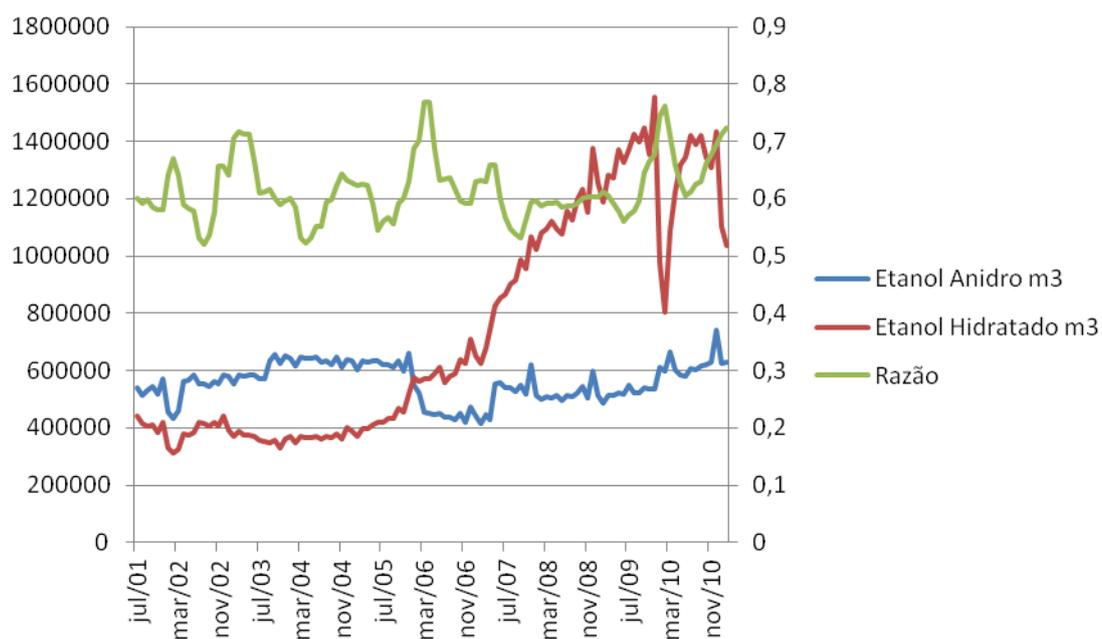


Figura 2.3: Relação entre a demanda de etanol anidro, hidratado e a razão de preços de etanol/gasolina.

Fonte: Elaboração própria, baseado em dados da ANP (2011) e Datagro (2011).

Outra observação importante é que a incorporação dos veículos *flex* na frota brasileira em 2003 parece não ter influenciado a demanda de etanol, após 2003 (Figura 2.4) a produção de etanol foi maior do que a demanda. Assim, com a entrada dessa nova tecnologia, a oferta teve um crescimento maior do que a demanda, o que pode não ocasionar em um aumento no preço do produto.

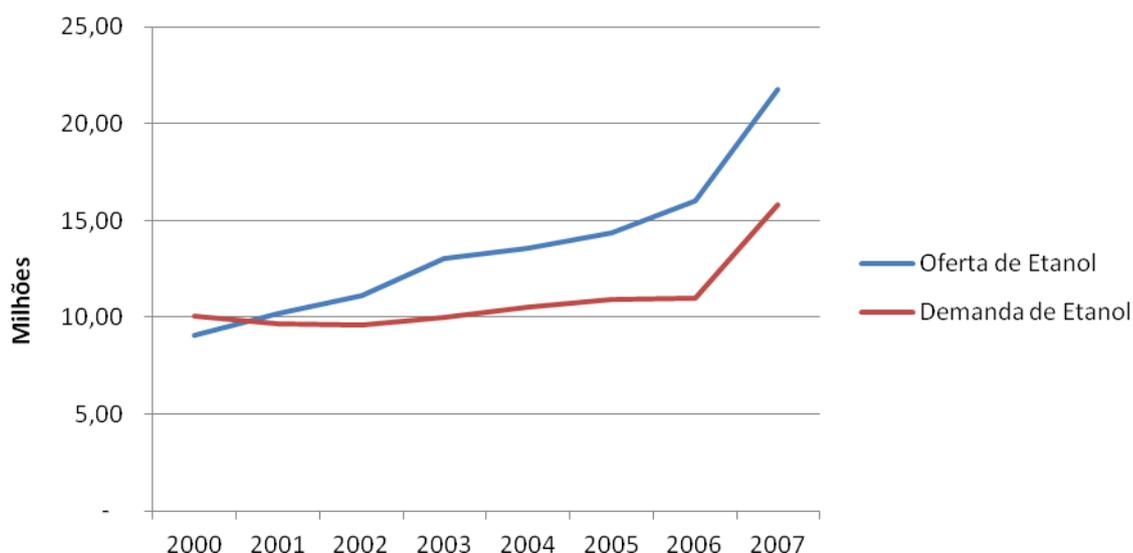


Figura 2.4: Evolução da Demanda e Oferta de Etanol no Brasil.

Fonte: UNICA (2011).

Dada a análise descritiva dos dados, a partir desse momento torna-se necessário estimar um modelo conjunto de todas essas variáveis.

2.5. Modelo Empírico

Deseja-se analisar a presença do efeito de substituição e complementaridade entre os mercados de gasolina e etanol no Brasil. Observou-se na literatura que a maioria dos trabalhos no Brasil foca apenas no efeito de substituição entre os combustíveis, com esse efeito sendo analisado através de equação de demanda de gasolina, de modelos de séries temporais e modelos de correção de erro. Vilela, (2010) realiza um estudo exploratório sobre os modelos econométricos que analisam a demanda de combustíveis. E dentre estes estudos, as variáveis dependentes são o consumo da gasolina ou o consumo de etanol, tendo como variável explicativa o preço da gasolina o preço do etanol e a renda. Os modelos empíricos utilizados centram basicamente em modelos de séries temporais de cointegração e correção de erro (por exemplo, Burnquist e Bacchi, 2002; Alves e Bueno, 2003; Nappo, 2007; Schüneman, 2007 e Gomez, 2010).

Vale destacar os trabalhos de Tokgoz e Elobeid (2006) e Bailis et al (2011) que analisam também o efeito complementar entre os combustíveis. O primeiro utiliza

modelo estrutural de equilíbrio parcial e o segundo, através de modelo de volatilidade ARCH-M e GARCH-M. Neste trabalho propõe-se utilizar também a metodologia de Vetores Autorregressivos Estruturais (SVAR), que será descrita na seção subsequente.

2.5.1. Vetores Autoregressivos (VAR)

Para a análise da repercussão de choques sobre as demandas de etanol é considerado um modelo Vetorial Auto-Regressivo (VAR) da seguinte forma:

$$y_t' A_0 = \sum_{l=1}^p y_{t-l}' A_l + \varepsilon_t' \quad \text{para } 1 \leq t \leq T \quad (3)$$

Onde y_t é um vetor coluna $n \times 1$ das variáveis endógenas do modelo; A_0 é uma matriz $n \times n$ dos parâmetros das variáveis contemporâneas; A_l é uma matriz $n \times n$ dos parâmetros das variáveis defasadas, para $1 \leq l \leq p$; ε_t é um vetor coluna $n \times 1$ dos distúrbios estruturais; “ p ” é a ordem de defasagem; e “ T ” é o tamanho da amostra. Definindo,

$$z_t' = [y_{t-1}' \dots y_{t-p}']$$

e

$$F' = [A_1 \dots A_p]$$

Onde z_t' é uma matriz $1 \times k$ e F' é uma matriz $n \times k$, com $k = np$, e usando z_t' e F' , pode-se reescrever o modelo descrito em (3) de forma mais simplificada como:

$$y_t' A_0 = z_t' F' + \varepsilon_t' \quad (4)$$

Porém, sabe-se que o modelo na sua versão estrutural não é determinado, então estima-se o modelo na sua forma reduzida ou padrão, obtido pela pós-multiplicando do sistema (4) pela inversa da matriz A_0 , A^{-1} :

$$y_t' = y_{t-1}'B + u_t' \quad (5)$$

onde $B = FA^{-1}$; $u_t' = \varepsilon_t' A^{-1}$ e $E[u_t' u_t'] = \Omega = (AA')^{-1}$ é a matriz de variância-covariância dos resíduos na forma reduzida.

A estratégia empírica envolve, portanto, estimar o modelo na forma reduzida e depois recuperar os parâmetros da forma estrutural. Tipicamente, a literatura que investiga os efeitos de choques sobre as variáveis macroeconômicas, dentre outros, segue Sims (1980), e impõe um esquema de identificação recursivo, através da imposição de restrições na matriz de efeitos contemporâneos, A_0 . Um exemplo de esquema de identificação que estabelece restrições nos parâmetros contemporâneos é a decomposição de Cholesky, a qual é comumente utilizada em estudos como o realizado aqui. A decomposição de Cholesky impõe uma estrutura recursiva para a matriz A , assumindo que a matriz é triangular inferior ou superior. O que significa dizer que, no caso na matriz ser triangular inferior, conforme for estabelecida a ordenação das variáveis, de grande relevância para as estruturas recursivas, é imposta a condição de que a primeira variável ordenada não seja afetada contemporaneamente por choques nas demais variáveis que a segue, mas choques na primeira variável influenciam as demais. Em sequência, a segunda variável influencia as que a seguem, mas não sofre influência destas variáveis, e assim pode-se generalizar para as demais variáveis.

Portanto, diferentemente do modelo teórico, o modelo empírico proposto é que todas as variáveis descritas no modelo teórico são endógenas. As variáveis utilizadas serão: consumo de etanol anidro (que é misturado com a gasolina), consumo de etanol hidratado e preço da gasolina e preço do etanol. As demandas serão afetadas por choques no preço da gasolina e do etanol. As respostas mostrarão uma preferência pelo biocombustível ou por gasolina. No modelo são analisados também a decomposição da

variância, que mostra o quanto da variação da demanda de etanol hidratado e anidro advém de mudanças no preço da gasolina e etanol.

Então, o modelo empírico será estimado através dos Vetores Autorregressivos Estrutural com as seguintes variáveis endógenas:

$$y_t = (prodind_t, P_t^{GAS}, P_t^{ET}, D_t^{EA}, D_t^{EH})' \quad (6)$$

Onde P_t^{GAS} é o preço médio da gasolina na bomba ao longo do tempo; P_t^{ET} é o preço médio do etanol hidratado ao longo do tempo Optou-se por não colocar o preço do etanol anidro, pois além dele estar integrado ao preço da gasolina, existe alta correlação com o preço do etanol hidratado e o custo de desidratação é constante (Tokgoz e Elobeid, 2006); D_t^{EA} representa a demanda de etanol anidro; D_t^{EH} representa a demanda de etanol hidratado ao longo do tempo; e $prodind_t$ o produto industrial que representa o nível de atividade da economia brasileira, esta última sendo considerada uma variável de controle.

O processo de identificação ocorre de forma recursiva, onde a variável de preço da gasolina afeta de forma contemporânea todas as variáveis, mas não é afetada por nenhuma delas. Em seguida o etanol afeta de forma contemporânea as demandas de etanol anidro e hidratado, e assim por diante.

Então o modelo a ser estimado, de acordo com a identificação de forma recursiva de Cholesky é descrito como:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 & 0 & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & 0 \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} prodind_t \\ P_t^{GAS} \\ P_t^{ET} \\ D_t^{EA} \\ D_t^{EH} \end{bmatrix} = [F] \begin{bmatrix} prodind_{t-1} \\ P_{t-1}^{GAS} \\ P_{t-1}^{ET} \\ D_{t-1}^{EA} \\ D_{t-1}^{EH} \end{bmatrix} + C\xi \quad (7)$$

Das equações (1) e (2) descritas anteriormente, as variáveis de *Interação* e *Flex* que dependem da frota de veículos *flex* não estão disponíveis para o período de análise.

Para resolver esse problema coloca-se uma variável *dummy* temporal que represente a introdução dos veículos *flex* no Brasil em 2003. Com relação a variável *MIST*, uma *dummy* de intervenção inserida no modelo é a imposição da mistura de 20%-25% de etanol anidro na composição da gasolina. Outra variável de interesse seria a razão entre os preços de etanol e gasolina. Porém, na amostra analisada, a vantagem de colocar gasolina em relação ao etanol ocorreu poucas vezes. Então, não foi colocada essa variável no modelo. Por fim, analisa-se o efeito da crise de 2009, que gerou carência de investimentos no setor sucroalcooleiro, através de uma *dummy* temporal que indica o período de crise internacional a partir de outubro de 2009.

Optou-se nesse presente trabalho pela estimação do VAR nas variáveis em nível, pois as variáveis na primeira diferença eliminaria qualquer chance de detectar efeitos de persistência nos choques nas variáveis de interesse. De acordo com Kilian (2010), a vantagem de especificação no nível é que a estimação do VAR é consistente mesmo que as variáveis sejam integradas ou não.

Os dados de demanda de etanol anidro e hidratado foram cedidos pela Datagro (2012) e os dados de preço de etanol e gasolina da Agência Nacional de Petróleo e Biocombustível (ANP). Todos com periodicidade mensal de julho de 2001 até março de 2011. As variáveis foram colocadas em logaritmo para visualizar com maior facilidade as elasticidades. A série de etanol anidro foi dessazonalizada pelo método multiplicativo.

2.6. Resultados

2.6.1. Estimação do modelo econométrico

De acordo com o explanado na metodologia, o modelo a ser estimado será o de Vetores Autorregressivos Estruturais. Primeiramente, observa-se se as variáveis ao longo do tempo se distanciam da média. Ou seja, é necessário testar se cada variável é estacionária. De acordo com Enders (2001), quando mais de uma série possui raiz unitária, ou não estacionária, é necessária a estimação de vetores de correção de erro para saber o comportamento das variáveis no longo prazo. No entanto, as variáveis estudadas no presente artigo são estacionárias, exceto a variável demanda de etanol hidratado. Os testes realizados para presença de raiz unitária foram o Dickey Fuller

Aumentado (ADF), KPSS e o Phillip Perron. Este último é importante devido a presença de algumas quebras estruturais no comportamento das séries, que podem comprometer os resultados de testes. A Tabela 2.2 mostra o resultado dos testes.

Tabela 2.2: Teste de Raiz Unitária para as Variáveis Seleccionadas

Variável	Teste ADF	Lags	Teste KPSS (5%)	Teste de Perron	Resultado
Preço da Gasolina	-2,303(-3,41)	2	0,437(0,146)	-5,83(-5,08)	I(0)
Preço do Etanol	-3,98(-3,41)	1	0,153(0,146)	-5,60(-5,08)	I(0)
Demanda de Etanol Anidro	-2,29(-3,41)	0	0,232(0,146)	-5,09(-5,08)	I(0)
Demanda de Etanol Hidratado	-2,23(-3,41)	12	0,352(0,146)	-3,34(-5,08)	I(1)
Produção Industrial	-2,62(-3,41)	0	0,177(0,146)	-8,11(-5,08)	I(0)

Fonte: Elaboração Própria.

Obs: Todas as séries são consideradas com tendência.

Para analisar a endogeneidade das variáveis em questão utilizou-se o teste de Causalidade de Granger, o qual é visto na Tabela 2.3. O teste identifica a relação de causalidade entre as variáveis do modelo VAR. O resultado do teste indica certo grau de endogeneidade entre as variáveis, no entanto para analisar uma relação de causalidade de curto e longo prazo, estima-se o modelo de Vetores Autorregressivos (VAR).

Tabela 2.3 - Teste de Causalidade de Granger entre as Variáveis Seleccionadas (2 Lags)

Variáveis Explicativas	Variáveis Dependentes									
	Nível de Atividade		Preço Gasolina		Preço Etanol		Demanda Anidro		Demanda Hidratado	
	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.
Nível de Atividade	190,31	0,00	3,457	0,035	1,05	0,35	0,45	0,64	2,60	0,08
Preço Gasolina	2,55	0,08	91,76	0,00	5,09	0,00	5,95	0,00	0,73	0,48
Preço Etanol	2,18	0,12	0,68	0,51	81,74	0,00	0,52	0,60	0,96	0,39
Demanda Anidro	0,24	0,78	0,30	0,74	1,09	0,33	62,43	0,00	0,11	0,90
Demanda Hidratado	0,1249	0,88	0,01	0,99	0,42	0,65	0,32	0,72	250,2	0,00

Fonte: elaboração própria

Uma vez determinado a presença de raiz unitária, é necessário determinar o número de defasagens do modelo. Para tal análise realizou-se dois testes, o teste de Razão de Verossimilhança e o teste de Akaike para pequenas amostras. O número de defasagens sugerido pelos testes foi de dois *lags*.

Realizado então o processo de identificação, observam-se as estimações do VAR através da função impulso resposta e decomposição da variância. Ou seja, mostra-se como a demanda de etanol responde a mudanças nos preços da gasolina e do etanol. Um resultado interessante é mostrado na Figura 2.5 no qual um choque de demanda de etanol não oferece nenhuma reação nas variáveis de análise do modelo. Esse resultado sugere que o aumento na demanda de etanol causado por um estímulo ao uso de biocombustíveis não causa no curto e longo prazo mudanças significativas das variáveis.

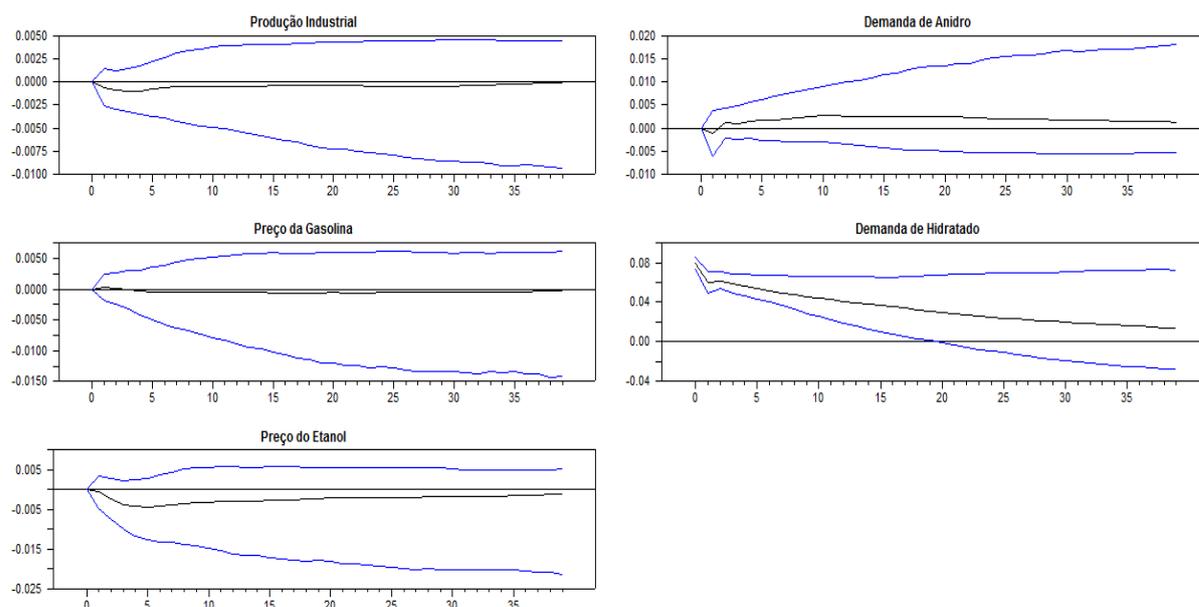


Figura 2.5: Respostas das variáveis selecionadas a um choque de demanda de etanol hidratado.

É de interesse também mostrar como as demandas de etanol anidro e hidratado reagem a mudanças de preço do etanol e da gasolina. As Figuras 2.6 e 2.7 mostram a reação da demanda de etanol anidro e hidratado quando ocorre um choque no preço da gasolina. Observa-se que um choque de preço da gasolina a demanda de etanol anidro sofre um aumento repentino, no entanto vai diminuindo ao longo do tempo até se estabilizar após um ano. Esse resultado mostra que quando o choque de gasolina é repentino, os consumidores em um primeiro momento preferem gasolina a etanol e, logo após um tempo a preferência é maior pelo etanol. De fato, o mesmo choque de gasolina na Figura 2.7, mostra que a demanda de etanol hidratado permanece sempre variando de forma positiva, porém constante. O resultado sugere que o efeito complementaridade é maior do que o efeito substituição entre os combustíveis. Portanto, a troca de consumo de gasolina pelo consumo de etanol é feita apenas no longo prazo.

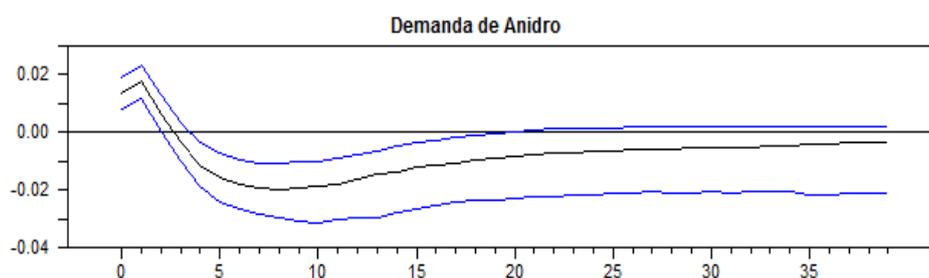


Figura 2.6: Reação da demanda de etanol anidro a um choque no preço da gasolina.

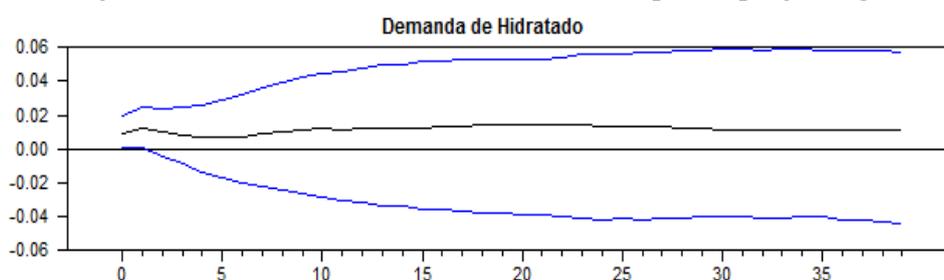


Figura 2.7: Reação da demanda de etanol hidratado a um choque no preço da gasolina.

As Figuras 2.8 e 2.9 mostram as respostas das demandas de etanol a um choque no preço do etanol hidratado. Um choque positivo no preço etanol causa um aumento na demanda de etanol anidro, após este variar negativamente no primeiro momento do choque, sendo assim uma substituição de etanol por gasolina ao longo do tempo. No entanto essa variação na demanda de etanol anidro é muito pequena. Já a demanda de etanol hidratado tem uma variação negativa e persistente no longo prazo, denotando assim a preferência do consumidor em abastecer o carro com gasolina.

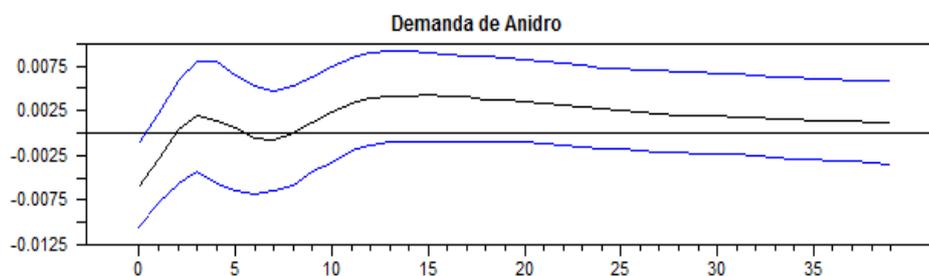


Figura 2.8: Reação da demanda de etanol anidro a um choque no preço da gasolina.

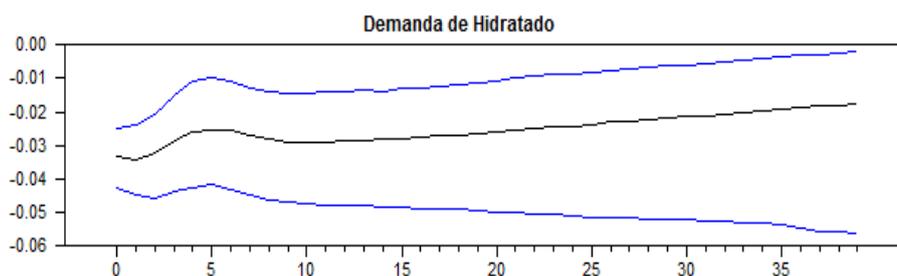


Figura 2.9: Reação da demanda de etanol hidratado a um choque no preço da gasolina.

Para uma melhor análise observamos as respostas de um choque de um ponto percentual nos preços dos combustíveis. A Tabela 2.4 mostra as respostas das variáveis selecionadas quando ocorrem choques de 1% no preço da gasolina. Nota-se que a maior resposta da demanda de etanol anidro é de -0,91 e o maior valor da elasticidade-preço cruzada da demanda de etanol hidratado é 0,80. Corroborando assim a análise gráfica, na qual indica que gasolina e etanol tem um maior grau de complementaridade do que substituição. A demanda de etanol anidro reduz mais, mas a demanda de etanol hidratado aumenta um pouco menos. Analisando a resposta das demandas ao longo do tempo tem-se que o grau de complementaridade é reduzido no longo prazo e o grau de substituição aumenta, ressaltando assim que mais etanol hidratado é demandado no longo prazo.

Tabela 2.4: Respostas Acumuladas (em valores relativos) das variáveis selecionadas a um choque de 1% no preço da gasolina (%)

Variável	Resposta Máxima	Resposta Acumulada Máxima	Resposta Acumulada até o 10º período	Resposta Acumulada até o 20º período	Resposta Acumulada até o 30º período	Resposta Acumulada até o 40º período
Demanda de Etanol Anidro	-0,91	-6,19	-3,28	-6,19	-2,73	-1,69
Demanda de Etanol Hidratado	0,80	7,95	3,72	5,83	7,71	7,95

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 2.5 mostra a resposta das demandas de etanol anidro e hidratado quando ocorre um aumento de um ponto percentual no preço de etanol. Observa-se que um aumento de 1% no preço do etanol a maior resposta da demanda de etanol anidro encontra-se no primeiro momento ao choque. Já a maior resposta da demanda de etanol

hidratado ocorre dois meses após o choque no preço do etanol. Consistindo, assim, em uma rápida substituição dos combustíveis no primeiro momento após o choque. Considerando a resposta ao longo do tempo observa-se que o efeito substituição é reduzido no longo prazo chegando a 0,50%. Entretanto a demanda de etanol hidratado tem uma elasticidade bastante acentuada. O efeito geral no longo prazo é que a demanda de etanol total é reduzida, ressaltando assim o efeito substituição maior que o efeito complementaridade.

Tabela 2.5: Respostas Acumuladas (em valores relativos) das variáveis selecionadas a um choque de 1% no preço de etanol (%)

Variável	Resposta Máxima	Resposta Acumulada Máxima	Resposta Acumulada até o 10º período	Resposta Acumulada até o 20º período	Resposta Acumulada até o 30º período	Resposta Acumulada até o 40º período
Demanda de Etanol Anidro	-0,16	1,14	-0,16	1,14	0,91	0,50
Demanda de Etanol Hidratado	-0,95	-8,11	-8,11	-7,8	-6,84	-5,71

Fonte: Elaboração Própria

É pertinente também analisar a contribuição de cada preço na variação das demandas de etanol anidro e hidratado. Essa contribuição pode ser vista através da decomposição da variância, que mostra o quanto cada variável endógena ao modelo contribui para o erro de previsão da variável de interesse. Esse resultado é visto na Tabela 2.6. A Tabela mostra que a variação da demanda de etanol anidro no curto prazo depende mais dela mesmo do que as outras (estrutura autorregressiva). À medida que o tempo avança para o décimo mês a contribuição do preço da gasolina passa a ser de 31% da variação da demanda. No quadragésimo mês, a contribuição do preço da gasolina na variância da demanda de etanol anidro é de 39%. Com relação à demanda de etanol hidratado a importância da variação se deve a ela mesma ao longo do tempo. No quadragésimo mês, o preço do etanol contribui com 17% da variância da demanda. Esse resultado indica que o comportamento da demanda total de etanol tem uma contribuição significativa da variação do preço da gasolina. O preço do etanol não possui uma importância significativa. É sugerido que o preço da gasolina possui mais importância na decisão do consumidor na escolha do combustível.

Tabela 1.6 - Decomposição da Variância das Demandas de Etanol Anidro e Hidratado(%)

Variável	Mês	Nível de Atividade	Preço Gasolina	Preço Etanol	Demanda Anidro	Demanda Hidratado
Demanda de Etanol Anidro	1	0,439	6,324	1,325	91,912	0
	10	1,958	31,441	0,672	65,52	0,409
	20	10,137	40,249	2,034	46,614	0,966
	30	14,609	39,291	2,717	42,149	1,235
	40	14,819	39,247	2,746	41,935	1,254
Demanda de Etanol Hidratado	1	0,202	1,059	14,218	2,558	81,963
	10	0,523	1,797	17,36	3,035	77,285
	20	1,611	1,765	18,051	2,767	75,806
	30	3,318	1,627	17,715	2,693	74,647
	40	5,348	1,469	17,075	2,631	73,476

Fonte: Elaboração própria

Com relação às variáveis que indicam a introdução dos veículos *flex* no Brasil, a crise de 2009 e a intervenção da mistura, a estimação do VAR mostra que nenhuma dessas variáveis influenciou o preço da gasolina e preço do etanol¹¹. Esse resultado indica para a gasolina, uma proteção do governo no comportamento do preço da combustível fóssil, como explicado no artigo de Melo e Sampaio (2012). Para o etanol, pode-se sugerir que a oferta de etanol estava sendo suprida de acordo com o aumento da demanda e assim não houve impactos no preço do etanol com o advento dos veículos *flex*. Com relação a crise de 2009, o preço do etanol teve uma influência do período, com um coeficiente de 0,047% de efeito no preço de etanol. Esse resultado confirma o que foi apresentado por Viegas (2011), que o preço do etanol subiu após a crise devido a uma carência de investimentos em usinas que gerou uma necessidade importação de etanol para suprir a demanda interna. Todas essas variáveis também não interferiram na demanda total de etanol, exceto a introdução de veículos *flex* que obteve um impacto positivo na demanda de etanol através da demanda de etanol anidro.

Como implicações no mercado de etanol, observa-se através do modelo que o consumidor toma como base a escolha do combustível observando o preço da gasolina. Além disso, os resultados sugerem que a demanda de etanol é bastante influenciada pelo preço da gasolina. Mesmo com o preço da gasolina protegido, pode ser um fator positivo para o setor, o produtor se beneficia com o aumento do preço da gasolina no longo prazo, pois a demanda de etanol hidratado aumenta. No entanto, o controle do

¹¹ Resultado disponível no Apêndice 2.

governo no preço da gasolina via imposição da mistura é uma maneira de beneficiar o setor sucroalcooleiro no sentido de aumentar a produção via aumento do percentual da mistura do etanol na gasolina.

Para efeitos de robustez do modelo testou-se o mesmo modelo, porém trocando a ordem de entrada das variáveis, os resultados não foram modificados com diferentes ordens de entrada das variáveis. Além disso, testou-se o modelo com uma maior memória autorregressiva das variáveis (3 e 4 defasagens) e observou-se também que os resultados não sofreram significantes mudanças.

2.7. Conclusões

Este artigo visou analisar os efeitos substituição e complementaridade entre os combustíveis etanol e gasolina. O objetivo é tornar mais claro como a demanda de etanol reage a mudança de preço dos combustíveis. A revisão de literatura ressaltou que a maioria dos trabalhos analisou o efeito substituição entre os combustíveis, porém o fato de gasolina e etanol serem bens complementares foi menos abordado pela literatura. Esse trabalho objetivou explicar essa complexa relação entre esses mercados, que foi reacendida pelo advento dos veículos *flex* em 2003. Para desenvolver tal análise foi proposto o método de modelo de Vetores Autorregressivos (VAR) onde todas as variáveis de interesse são endógenas e, com isso, permitiu analisar como cada variável causa e é causada uma pelas outras.

Como resultado observou-se que um choque na demanda de etanol hidratado, principalmente com o advento dos veículos *flex* não causou impactos significativos na dinâmica dos dois mercados. De acordo com os resultados do modelo, os consumidores aumentaram a demanda por etanol, devido a um aumento do preço da gasolina. Um choque no preço da gasolina tem um efeito complementaridade maior do que o efeito substituição. No longo prazo, no entanto, os consumidores substituem mais etanol com relação à gasolina. Um aumento no preço do etanol, por sua vez, não gera impactos significativos na demanda de etanol anidro, mas a demanda de etanol hidratado se reduz ao longo do tempo.

Esse resultado retrata o que ocorre com o setor sucroalcooleiro nos últimos anos. Embora se tenha afirmado que a gasolina era o substituto do etanol, a demanda desse

biocombustível não estava sendo suprida, devido a, a falta de investimentos em novas usinas devido à crise. Com isso, o preço do etanol começou a aumentar, e assim, os consumidores preferiram abastecer com gasolina misturada com etanol. Para assegurar o sucesso do novo programa de álcool, que a literatura chama de Proálcool 2, deve haver um conjunto de incentivos que devem ser bem aproveitados por toda a cadeia do etanol. Dentre os incentivos destaca-se a institucionalização de regras claras e duradouras que favoreçam a estabilidade, equalização e redução de impostos e linhas de financiamento em condições especiais para ampliação da capacidade produtiva (Viegas, 2011). Esses incentivos serão mais bem aproveitados, caso os empresários exerçam a função de imobilizar capital, assumir riscos e contribuir para o crescimento do mercado. Isso, portanto, garante a competitividade entre esses dois mercados.

Um dos fatores que o produtor do setor sucroalcooleiro defende é a não intervenção do governo no preço da gasolina. No entanto esse fator pode não beneficiar o setor para um planejamento ou investimento futuro, tendo em vista que o preço do combustível fóssil é atrelado a variações do preço do barril que demonstra grande volatilidade, gerando assim uma instabilidade nos setores. Entretanto, essa análise não é oriunda do modelo, servindo assim como base para estudos futuros.

Nota-se que além do etanol, o produtor do setor sucroalcooleiro também tem outro produto que advém da mesma matéria-prima do etanol – o açúcar. O produtor de etanol pode arbitrar entre produzir açúcar ou produzir etanol de acordo com os preços relativos do açúcar etanol. Dessa forma, necessita-se um estudo que relacione o mercado de açúcar na dinâmica do setor sucroalcooleiro e no mercado de gasolina.

Apêndice 2

Tabela 2A: Estimação do VAR.

Equação 1 – Variável Dependente: Produção Industrial				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produto Industrial{1}	1,055552	0,097704	10,80361	0,00000
Produto Industrial{2}	-0,20747	0,099222	-2,09093	0,03907
Preço da Gasolina{1}	-0,04642	0,119505	-0,38843	0,698524
Preço da Gasolina{2}	0,196335	0,126103	1,55695	0,122643
Preço do Etanol{1}	-0,01269	0,051168	-0,24795	0,804684
Preço do Etanol {2}	-0,05671	0,050828	-1,11582	0,267175
Demanda de E. Anidro{1}	-0,00769	0,039545	-0,19439	0,846262
Demanda de E. Anidro{2}	-0,01193	0,042404	-0,28127	0,779086
Demanda de E. Hidratado{1}	-0,00741	0,025004	-0,29624	0,767661
Demanda de E. Hidratado{2}	0,002744	0,024362	0,11263	0,910548
Constante	0,379324	0,502057	0,75554	0,451702
FLEX	0,002478	0,012805	0,19349	0,846969
MIST	0,001857	0,007778	0,23871	0,811822
CRISE	0,022472	0,010077	2,23015	0,027973
Equação 2 – Variável Dependente: Preço da Gasolina				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produto Industrial{1}	0,161391	0,105546	1,52911	0,129395
Produto Industrial{2}	-0,03963	0,107186	-0,36977	0,712335
Preço da Gasolina{1}	1,175432	0,129097	9,10501	0,000000
Preço da Gasolina{2}	-0,27394	0,136224	-2,01098	0,047019
Preço do Etanol{1}	0,054248	0,055275	0,98143	0,328751

Preço do Etanol {2}	-0,06366	0,054908	-1,15933	0,249084
Demanda de E. Anidro{1}	-0,03179	0,042719	-0,74406	0,458583
Demanda de E. Anidro{2}	0,031879	0,045808	0,69593	0,488089
Demanda de E. Hidratado{1}	0,003376	0,027011	0,12497	0,900798
Demanda de E. Hidratado{2}	-0,00309	0,026317	-0,11753	0,90668
Constante	0,25224	0,542354	0,46508	0,642883
FLEX	0,00584	0,013833	0,42218	0,673798
MIST	-0,00743	0,008403	-0,8837	0,378978
CRISE	-0,0024	0,010885	-0,22044	0,82598

Equação 3 – Variável Dependente: Preço do Etanol

Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produto Industrial{1}	0,253798	0,205748	1,23354	0,220266
Produto Industrial{2}	-0,30221	0,208946	-1,44634	0,151208
Preço da Gasolina{1}	0,270804	0,251659	1,07608	0,284482
Preço da Gasolina{2}	0,205064	0,265552	0,77222	0,441806
Preço do Etanol{1}	1,238067	0,107752	11,49002	0
Preço do Etanol {2}	-0,57714	0,107036	-5,39203	4,7E-07
Demanda de E. Anidro{1}	-0,12087	0,083276	-1,45148	0,149775
Demanda de E. Anidro{2}	0,114738	0,089296	1,28492	0,201789
Demanda de E. Hidratado{1}	-0,00836	0,052654	-0,1588	0,874147
Demanda de E. Hidratado{2}	-0,01096	0,051302	-0,21358	0,831309
Constante	-0,62279	1,057251	-0,58906	0,557149
FLEX	-0,0353	0,026966	-1,30898	0,19354
MIST	-0,00854	0,01638	-0,52154	0,603145
CRISE	0,047075	0,02122	2,21847	0,028784

Equação 4 – Variável Dependente: Produção de Etanol Anidro				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produto Industrial{1}	-0,03017	0,245595	-0,12286	0,902466
Produto Industrial{2}	0,135423	0,249412	0,54297	0,588358
Preço da Gasolina{1}	0,466324	0,300397	1,55236	0,123736
Preço da Gasolina{2}	-0,9514	0,316981	-3,00145	0,003393
Preço do Etanol{1}	-0,0029	0,12862	-0,02254	0,982061
Preço do Etanol {2}	0,083949	0,127765	0,65706	0,512652
Demanda de E. Anidro{1}	0,544508	0,099404	5,47774	3,2E-07
Demanda de E. Anidro{2}	0,227447	0,10659	2,13385	0,035301
Demanda de E. Hidratado{1}	-0,01358	0,062851	-0,21606	0,82938
Demanda de E. Hidratado{2}	0,031061	0,061237	0,50723	0,613114
Constante	5,349007	1,262008	4,23849	5,02E-05
FLEX	0,101347	0,032188	3,14856	0,002163
MIST	0,007866	0,019552	0,40231	0,688318
CRISE	0,036976	0,025329	1,45982	0,147474
Equação 5 – Variável Dependente: Demanda de Etanol Hidratado				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produto Industrial{1}	0,473052	0,420328	1,12543	0,263099
Produto Industrial{2}	-0,03603	0,426861	-0,08441	0,932902
Preço da Gasolina{1}	0,555267	0,514121	1,08003	0,282726
Preço da Gasolina{2}	-0,64971	0,542503	-1,19762	0,233895
Preço do Etanol{1}	-0,25553	0,220129	-1,1608	0,248485
Preço do Etanol {2}	0,301236	0,218667	1,37761	0,1714
Demanda de E. Anidro{1}	-0,06641	0,170127	-0,39038	0,697088

Demanda de E. Anidro{2}	0,083862	0,182426	0,45971	0,646724
Demanda de E. Hidratado{1}	0,759005	0,107568	7,05604	0,000000
Demanda de E. Hidratado{2}	0,202208	0,104806	1,92936	0,056521
Constante	-1,3587	2,159888	-0,62906	0,530744
FLEX	0,000187	0,05509	0,00339	0,997303
MIST	-0,0034	0,033463	-0,10151	0,919352
CRISE	-0,05907	0,043351	-1,3627	0,17604

Variáveis em logaritmo.

3. Qual o Impacto do Preço do Açúcar, do Etanol e da Gasolina na Produção do Setor Sucroalcooleiro?

3.1. Introdução

O Brasil destacou-se no cenário mundial com o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) por introduzir combustível substituto a gasolina – etanol. Com a queda do preço do barril de petróleo na década de noventa, o etanol perdeu competitividade e os carros abastecidos com álcool deixaram de ser fabricados. No entanto, o uso de etanol como substituto da gasolina renasceu com a introdução dos veículos *flex* em 2003, conferindo flexibilidade de escolha ao consumidor. Essa flexibilidade gera ajustes tanto no mercado de etanol como no de gasolina em função do preço relativo. Adicionalmente, o preço internacional do açúcar aumentou na década de 2000 tendo inclusive aumentado no final da década em momento em que a maioria das commodities teve seu preço reduzido.

Desde a criação do Proálcool até 1997, o preço recebido pelo produtor de etanol sofria intervenções do governo federal. Entretanto, em maio de 1997, o preço do álcool anidro foi liberalizado, ocorrendo o mesmo com o álcool hidratado, em fevereiro de 1999. Desde então, o novo contexto de mercados desregulamentados afetou principalmente a forma de comercialização e os preços dos principais produtos finais – o açúcar e o álcool, e da cana-de-açúcar, matéria-prima básica do setor. A avaliação dessas adequações pode ser feita pela observação de mudanças no *mix* de produção de açúcar e álcool, decorrente de alterações nos preços relativos desses produtos, à medida que eles deixaram de ser estabelecidos pelo governo e passaram a ser determinados sob condições de mercado competitivo (Moraes, 2000; Boff 2010 e Schmidhuber, 2007).

Dessa forma, o açúcar brasileiro, bem como o etanol – que teve um aquecimento de demanda a partir de 2003 fez surgir um *trade off* entre a produção das duas commodities (Müller et al, 2007). Isso ocorre, pois, segundo Von Lampe (2006) a indústria sucroalcooleira é caracterizada pela produção dual permitindo a produção de etanol e açúcar em proporções variáveis.

Balcombe e Rapsomanikis (2008) detalham que enquanto o custo de produção de etanol estiver menor que o preço da gasolina, e o valor do produto marginal da cana-de-açúcar no mercado de biocombustíveis exceder o do mercado de açúcar, a cana-de-

açúcar será desviada para a produção de etanol, assim aumentando o custo marginal do açúcar. Dessa forma, pode-se observar que a gasolina também é um componente dessa dinâmica do setor sucroalcooleiro. Viegas (2011) destaca que a substitutibilidade entre a gasolina e o etanol criou a oportunidade desse último se destacar no mercado brasileiro de combustíveis. No entanto, com a crise internacional, com a elevação do preço internacional do açúcar, com o aumento do preço da terra, e com a escassez de investimentos em novas usinas influenciou na preferência do produtor em produzir açúcar com relação ao etanol.

Assim, etanol e açúcar são competidores a nível de produção. De fato, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011) a competição sobre a produção dessas duas commodities é mostrada através da destinação do ATR (Açúcar Total Recuperável) por produto final. Na safra de 2008/09 o ATR revertido para o açúcar e álcool era de 39% e 61%, respectivamente. No entanto, na safra de 2009/10, a atratividade do produtor em exportar açúcar devido ao crescimento do preço internacional do açúcar fez mudar o percentual para 43% para 57% para o açúcar e o álcool, respectivamente.

Dessa forma, propõe-se realizar um modelo que unifique os dois mercados – gasolina e etanol, com um mercado relacionado com o etanol – o açúcar. Pretende-se, então, analisar como as ofertas de açúcar e etanol reagem a mudanças nos preços do açúcar, etanol e gasolina. Especificamente propõe-se estudar a dinâmica do setor sucroalcooleiro de acordo com o comportamento das variáveis de interesse e assim, propor um modelo empírico que mostre a importância de cada preço da commodity estudada na dinâmica do setor.

Este trabalho está dividido em cinco seções além desta introdução. A segunda seção mostra a literatura relevante sobre a relação entre os três mercados. A terceira seção discorre sobre modelos utilizados na literatura. A quarta analisa os dados do mercado sucroalcooleiro e da gasolina. A quinta seção traz a metodologia e a base de dados utilizada. A sexta seção mostra os resultados e as implicações. A sétima conclui.

3.2. Revisão de Literatura

De acordo com estudo do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) (2011) a oferta e a demanda de etanol são determinantes do comportamento do preço de etanol e do açúcar no lado da oferta, então o montante de cana-de-açúcar será alocado em maior quantidade para o mercado mais atrativo e, assim ocorre uma mudança nos preços. Boff (2010) realiza um estudo semelhante, porém apontando a oferta de etanol e açúcar sendo causadas pelo preço do etanol e açúcar. Os estudos de Moraes (2000), Schmidhuber (2007), Balcombe e Rapsomanikis (2008), Müller et al (2007) comentam sobre a flexibilidade na produção entre etanol e açúcar de acordo com o mercado¹². Eles destacam que o processo de desregulamentação do setor acarretou em uma relação sólida entre os mercados de açúcar e etanol no Brasil. O produtor do setor sucroalcooleiro, de acordo com os autores, tem em mãos dois mercados nos quais opta por produzir maiores quantidades de acordo com o maior preço.

No ambiente internacional, trabalhos como Von Lampe (2006), Fabiosa et al (2008) e Ignaciuk (2004) estudam a relação entre o mercado agrícola com o energético. Eles motivam-se pela preocupação de que a introdução de alternativas para o uso do combustível fóssil pode impactar na alta do preço dos alimentos, principalmente pelo uso da área de plantação para cultivar commodities energéticas em substituição de commodities alimentares. Em muitos estudos, principalmente para os Estados Unidos, é apontado que o crescimento dos biocombustíveis afeta a alocação de terra para culturas alimentares (por exemplo, Fabiosa et al 2008).

No entanto no Brasil essa preocupação é infundada, como mostra o estudo de Burnquist (2007) que a área plantada de cana-de-açúcar não alcança 6 milhões de hectares, que representa menos de 10% da área plantada no país (62 milhões de hectares). Então excluindo as áreas urbanas e de preservação e a área para pecuária, tem-se ainda 106 milhões de hectares para plantio. Além disso, vários outros estudos (por exemplo, Brandão et al, 2006 e Souza et al, 2007) têm mostrado que este *trade off* não é válido para o Brasil.

¹² Para Smeets et al (2008), existe uma correlação inversa entre produção de etanol e produção de açúcar. Como muitas usinas produzem açúcar e etanol, a razão da produção de açúcar para o etanol depende do preço relativo desses produtos.

Retomando a interligação entre os mercados, a literatura aponta que a introdução dos veículos *flex* foi um fator determinante para modificar a análise entre os mercados de etanol, gasolina e açúcar no Brasil. A entrada dessa nova tecnologia ocasionou aumento na demanda de etanol, refletindo na maior produção desta commodity com relação ao açúcar (Serra et al, 2011; Cabrini e Marjotta-Maistro, 2007; Giesecke et al, 2007; Silva e Almeida, 2006)¹³. Isso refletiria em um aumento no preço desse último produto (Tokgoz e Elobeid, 2006 e Müller et al, 2007). Silva e Almeida (2006) complementam que a relação entre os dois mercados foi modificada pelo persistente aumento do preço do petróleo. O estudo aponta na direção de uma forte ligação dos mercados de açúcar e petróleo que passam pela participação da produção de etanol derivada do açúcar. Schmidhuber (2007)¹⁴, FAO(2008) e Balcombe e Rapsomanikis (2008) comprovam essa interligação entre os três mercados.

Balcombe e Rapsomanikis (2008) e Melo e Lima (2009) mostram uma hierarquia de causalidade dos mercados de petróleo para açúcar e do açúcar para o etanol. Balcombe e Rapsomanikis (2008) também destacam o papel do preço da gasolina nessa dinâmica. Ou seja, no Brasil o mercado de açúcar exerce maior influência no etanol do que vice versa. Bacchi (2005) comprova essa relação apontando que as variações no preço de açúcar no mercado doméstico, “produto que tem sido considerado carro chefe do setor sucroalcooleiro” (Bacchi, 2005, p.01), influenciam o preço do etanol.

Para justificar essa preferência do produtor pelo açúcar, Costa et al (2006) e Barros (2011) apontam que o mercado de açúcar é mais consolidado do que o mercado de etanol. Segundo eles o mercado de açúcar guarda fortes laços com o setor externo e que os preços domésticos refletem as condições de oferta e demanda global. Segundo a

¹³ A demanda mundial de etanol também foi um fator importante para impactar no aumento da produção de etanol no Brasil, tendo em vista seu destaque na produção no mercado mundial.

¹⁴ Schmidhuber (2007) afirma que quanto maior o preço da energia (álcool) maior será a competição do mercado energético, que exige uma maior quantidade de cana-de-açúcar, aumentando, desta forma, o preço da matéria prima e, por conseguinte, o preço do açúcar. A competição se enfraquece novamente quando a demanda aumentar o preço do açúcar até um ponto no qual o custo de oportunidade de produzir a matéria-prima agrícola para o mercado energético se torna muito alto.

Datagro (2012) dois terços do açúcar produzido é exportado e os dados da UNICA (2012) indica que as exportações de etanol são marginais em relação ao consumo interno. O mercado de etanol, por sua vez, acompanha as oscilações do preço do açúcar, porém de uma forma mais suave. De acordo Barros (2011), 50% das oscilações do preço do açúcar passam para o etanol. Nos últimos 15 anos a relação de preços entre etanol e açúcar caiu cerca de 60%. Ou seja, o barateamento do etanol demonstra também uma expressiva flexibilidade entre os preços das commodities.

De acordo com Boff (2010) e Viegas (2011) a mistura imposta pelo governo do etanol na gasolina é um fator que gera estabilidade nas produções de etanol e conseqüentemente de açúcar. O primeiro autor modela o comportamento da oferta de etanol de acordo com mudanças nessa mistura.

Diante do cenário da crise internacional, a oferta de etanol sofreu impactos oriundos de ausência de investimentos em novas usinas e com aumento do preço do açúcar no mercado. Com isso, a demanda interna de etanol não era totalmente suprida (Datagro, 2011). Viegas (2011) defende a intervenção governamental na forma de incentivos para toda cadeia produtiva sucroalcooleira. Entre as intervenções propostas pelo setor é a liberalização do preço da gasolina na refinaria. Segundo Barros (2011) o governo deve ser prudente no estímulo à produção de etanol, pois poderá punir a produção e a exportação de açúcar.

Portanto, a literatura aponta para uma relação de correlação e causalidade entre os mercados de açúcar, etanol e gasolina. Dessa forma, procura-se entender como as ofertas de etanol e açúcar reagem a choques no preço relativo de etanol/açúcar e o preço da gasolina. A marcante interdependência entre os três mercados sugere uma relação de multicausalidade entre eles.

3.3. Modelos utilizados para análise da Dinâmica dos Mercados de Açúcar, Etanol e Gasolina.

De acordo com o que foi estudado na literatura, observa-se uma grande variedade de modelos que explicam a dinâmica do setor sucroalcooleiro. Balcombe e Rapsomanikis (2008), Silva e Almeida (2006), Shikida e Bacha. (2007) e Figueira e Burnquist (2006) analisaram a natureza da relação entre o mercado de etanol e açúcar,

bem como a relação desses dois mercados com o preço do petróleo. Balcombe e Rapsomanikis (2008) utilizaram o método de estimação Bayesiana e cointegração não linear; Silva e Almeida (2006), o método de causalidade de Granger; e Figueira e Burnquist (2006) o método de Box Jenks para prever o mercado de gasolina e etanol em 2012. Shikida e Bacha. (2007) estudam os impactos do preço do álcool e do açúcar na oferta dessas duas commodities, utilizando cointegração. Assim, devido ao uso de séries temporais destacam-se variantes deste modelo e estimações Bayesianas.

Na literatura recente, nota-se que os trabalhos ressaltam a importância da interligação entre os mercados de etanol, gasolina e açúcar. Neste presente trabalho faz-se um tipo de análise semelhante. Para tal análise, utiliza-se a metodologia de vetores autoregressivos (VAR). Alguns trabalhos, como o de Balcombe e Rapsomanikis (2008), Zhang et al (2007), Bacchi (2005) e Boff (2010) utilizaram esse tipo de abordagem. A estimação do VAR permite estimar os efeitos do mercado de etanol sobre o mercado de açúcar e vice-versa.

Outros trabalhos como Von Lampe (2006) e Tokgoz e Elobeid (2006) estudaram também a inter-relação entre os mercados. Porém eles utilizaram modelos de equilíbrio parcial englobando também variáveis relativas ao comércio internacional e de conjuntura econômica dos Estados Unidos. Além disso, De acordo com Rajagopal e Zilberman (2007) os modelos de equilíbrio parcial são estáticos e não capturam as interações dinâmicas entre mercados agrícolas e energéticos. Também, segundo eles, em muitos modelos não existe um uso explícito do preço do combustível fóssil, e se modela apenas a expansão do biocombustível. A ferramenta da econometria seria então uma importante para futuras pesquisas.

Na literatura do setor sucroalcooleiro do Brasil foi encontrada uma relação forte entre os mercados de açúcar e álcool bem como com o preço do combustível fóssil. Foi apontada também uma relação de causalidade entre esses mercados, principalmente do petróleo (gasolina) para o açúcar e do açúcar para o etanol. É necessário, pois, entender com maior profundidade a relação de causalidade entre esses mercados. Portanto, utiliza-se o VAR, pois além de ser um modelo que capta a dinâmica das variáveis, constata o sentido da causalidade a qual tem implicações decisivas para a política econômica.

3.4. Produção do Setor Sucroalcooleiro no Brasil

Como explicitado anteriormente, a relação entre os mercados de etanol e açúcar ocorre de acordo com o preço relativo entre as commodities produzidas pelo setor. Historicamente, a produção de açúcar tem sido maior em termos absolutos com relação a produção de etanol, como é mostrado na Figura 3.1. No entanto, observa-se que a partir de 2006 a produção total de etanol tornou a ganhar destaque devido ao aumento da demanda de etanol. Esse aumento da demanda foi resultado do aumento da frota de veículos *flex* no Brasil e a atratividade do preço do etanol para o produtor. A partir da safra 2009-2010 a produção de açúcar ultrapassou 35 milhões de toneladas e a produção de etanol sofreu uma queda relativa a produção de açúcar. Isso ocorreu devido à crise de 2009, que acarretou na queda de investimentos em novos projetos de usina e também coincidiu com o aumento do preço internacional do açúcar (Figura 3.2). Como o preço internacional e a tradição centenária do Brasil no mercado mundial de açúcar, pode-se sugerir que o fator principal para a mudança no *mix* de produção é a elevação do preço do açúcar.

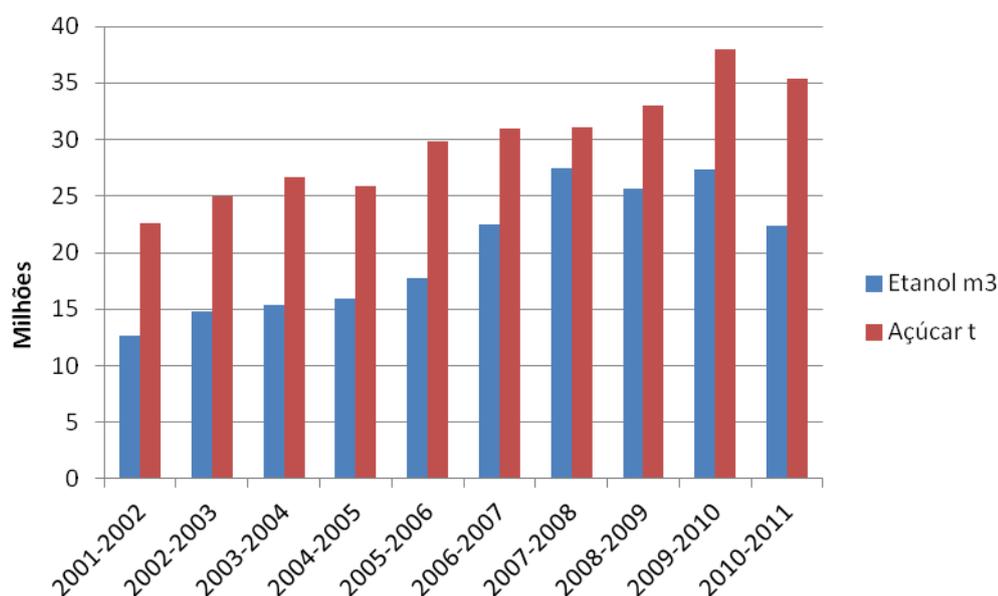


Figura 3.1: Evolução da produção de etanol e açúcar no Brasil de 2001/02 a 2008/09.
Fonte: UNICA (2012)

Pela Figura 3.2, é possível enxergar uma mudança na tendência do preço externo do açúcar a partir de 2009. O preço do etanol sofreu também um aumento a partir dessa data, porém a produção de açúcar aumentou e a produção de etanol diminuiu. Na Figura

1 a maior proximidade das produções de etanol e açúcar ocorreu na safra 2007-2008. Esse fato pode ser justificado pela Figura 3.2, a qual mostra uma queda no preço internacional do açúcar.

Com relação ao preço da gasolina, este sofreu um aumento até o ano de 2006, tornando-se estável (com preço médio de R\$ 2,50/l) a partir de então. Esse aumento, pode também influenciar o aumento da produção de etanol, que é um substituto direto do combustível fóssil.

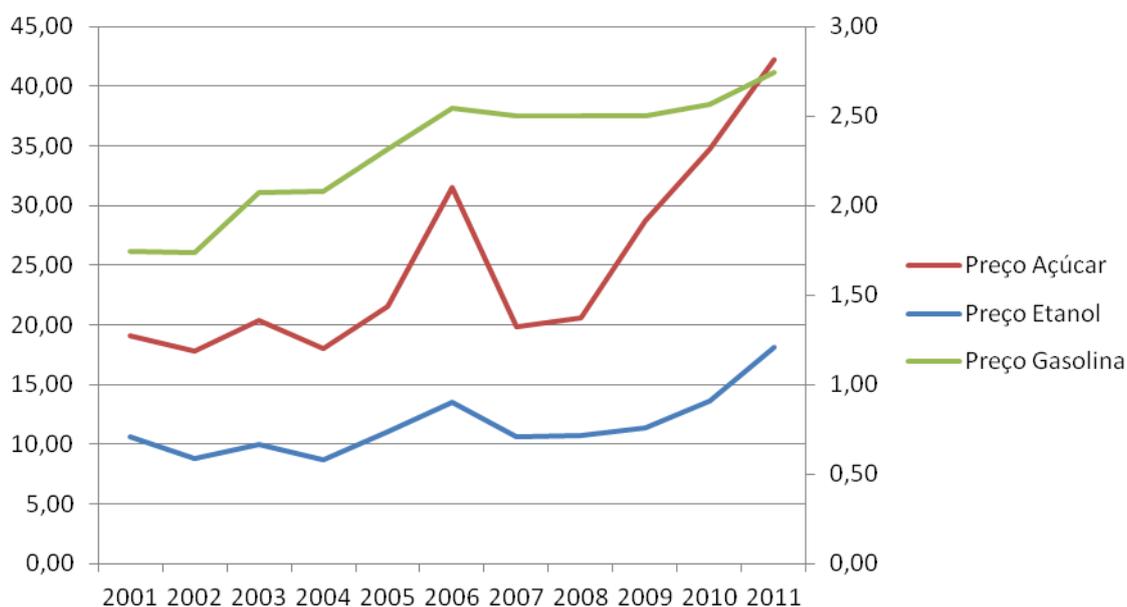


Figura 3.2: Evolução anual do preço médio do açúcar, etanol e da gasolina no Brasil.

Fonte: CEPEA, ANP.

*Os valores de preço do açúcar estão ao eixo vertical da esquerda, os respectivos preços da gasolina e do etanol estão no eixo vertical da direita. Todos os preços estão em Reais correntes.

Observa-se, portanto, que o comportamento das ofertas de açúcar e de etanol pode estar condicionado ao preço do açúcar.

3.5. Metodologia

3.5.1. Modelo de Vetores Autorregressivos

Para a análise da repercussão de choques sobre a produção de etanol e açúcar é considerado um modelo Vetorial Auto-Regressivo (VAR) da seguinte forma:

$$y_t' A_0 = \sum_{l=1}^p y_{t-l}' A_l + \varepsilon_t' \quad \text{para } 1 \leq t \leq T \quad (1)$$

Onde y_t é um vetor coluna $n \times 1$ das variáveis endógenas do modelo; A_0 é uma matriz $n \times n$ dos parâmetros das variáveis contemporâneas; A_l é uma matriz $n \times n$ dos parâmetros das variáveis defasadas, para $1 \leq l \leq p$; ε_t é um vetor coluna $n \times 1$ dos distúrbios estruturais; “ p ” é a ordem de defasagem; e “ T ” é o tamanho da amostra. Definindo,

$$z_t' = [y_{t-1}' \dots y_{t-p}']$$

e

$$F' = [A_1 \dots A_p]$$

Onde z_t' é uma matriz $1 \times k$ e F' é uma matriz $n \times k$, com $k = np$, e usando z_t' e F' , pode-se reescrever o modelo descrito em (1) de forma mais simplificada como:

$$y_t' A_0 = z_t' F' + \varepsilon_t' \quad (2)$$

Porém, sabe-se que o modelo na sua versão estrutural não é determinado, então estima-se o modelo na sua forma reduzida ou padrão, obtido pela pós-multiplicando do sistema (2) pela inversa da matriz A_0 , A^{-1} :

$$y_t' = y_{t-1}'B + u_t' \quad (3)$$

onde $B = FA^{-1}$; $u_t' = \varepsilon_t' A^{-1}$ e $E[u_t' u_t] = \Omega = (AA')^{-1}$ é a matriz de variância-covariância dos resíduos na forma reduzida.

Então, no modelo VAR, todas as variáveis devem ser endógenas, Seguindo a revisão, as variáveis escolhidas são a produção de açúcar, a produção de etanol, o preço do açúcar, o preço do etanol e o preço da gasolina.

A estratégia empírica envolve, portanto, estimar o modelo na forma reduzida e depois recuperar os parâmetros da forma estrutural. Tipicamente, a literatura que investiga os efeitos de choques sobre as variáveis macroeconômicas, dentre outros, segue Sims (1980), e impõe um esquema de identificação recursivo, através da imposição de restrições na matriz de efeitos contemporâneos, A_0 . Um exemplo de esquema de identificação que estabelece restrições nos parâmetros contemporâneos é a decomposição de Cholesky, no qual o sistema se torna exatamente identificado restringindo os coeficientes da matriz de efeitos contemporâneos, como pode ser visto na Equação (5). A ordem de entrada mostra que a produção de açúcar afeta de forma contemporânea a produção de etanol, o preço do açúcar, o preço do etanol e o preço da gasolina. Os choques identificados pelo modelo que fazem parte do escopo do trabalho serão: choque no preço da gasolina, choque no preço do etanol e choque no preço do açúcar. Analisam-se como esses choques afetam a produção de etanol e açúcar.

Então, o modelo empírico será estimado através dos Vetores Autorregressivos Estrutural com as seguintes variáveis endógenas:

$$y_t = (PROD_t^{AC}, PROD_t^{ET}, P_t^{AC}, P_t^{ET}, P_t^{GAS})' \quad (4)$$

Onde P_t^{GAS} é o preço médio da gasolina na bomba ao longo do tempo; P_t^{ET} é o preço do etanol hidratado ao produtor; P_t^{AC} representa a o preço de açúcar ao produtor; $PROD_t^{ET}$ representa a produção de etanol ao longo do tempo; e $PROD_t^{AC}$ a produção de açúcar ao longo do tempo.

Então o modelo a ser estimado, de acordo com a identificação de forma recursiva de Cholesky é descrito como:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 & 0 & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & 0 \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} PROD_t^{AC} \\ PROD_t^{ET} \\ P_t^{AC} \\ P_t^{ET} \\ P_t^{GAS} \end{bmatrix} = [F] \begin{bmatrix} PROD_{t-1}^{AC} \\ PROD_{t-1}^{ET} \\ P_{t-1}^{AC} \\ P_{t-1}^{ET} \\ P_{t-1}^{GAS} \end{bmatrix} + C\xi \quad (5)$$

Como variáveis exógenas coloca-se uma variável *dummy* temporal que represente a introdução dos veículos *flex* no Brasil em 2003, uma *dummy* de intervenção a mistura etanol e gasolina. Por fim, analisa-se o efeito da crise de 2009, que gerou carência de investimentos no setor sucroalcooleiro, através de uma *dummy* temporal que indica o período de crise internacional a partir de outubro de 2009. Outra variável de intervenção utilizada é a intervenção a mistura com valor um para intervenção acima de 24% e zero caso contrário.

Optou-se nesse presente trabalho pela estimação do VAR nas variáveis em nível, pois as variáveis na primeira diferença eliminaria qualquer chance de detectar efeitos de persistência nos choques nas variáveis de interesse. De acordo com Kilian (2010), a vantagem de especificação no nível é que a estimação do VAR é consistente mesmo que as variáveis sejam integradas ou não.

3.5.2. Dados

Os dados de produção de etanol anidro e hidratado foram cedidos pela Datagro e os dados de preço de etanol e do açúcar ao produtor do Centro de Estudos Avançados

em Economia Aplicada (CEPEA) e gasolina da Agência Nacional de Petróleo e Biocombustível (ANP). Os preços de etanol e da gasolina estão em R\$/l e transformado para R\$/m³. O preço do açúcar ao produtor é o preço recebido do mercado externo que está em R\$/Saca de 50 kg e transformado para R\$/t. Justifica-se o preço do mercado externo, pois 2/3 da produção do açúcar no Brasil é exportado (Datagro 2012). As produções de etanol e gasolina apresentaram uma acentuada sazonalidade e foram devidamente dessazonalizadas pelo método multiplicativo. Todas as variáveis possuem periodicidade mensal de julho de 2001 até março de 2012. As variáveis foram colocadas em logaritmo para visualizar com maior facilidade as elasticidades.

3.6. Resultados

3.6.1. Um modelo Econométrico dos Mercados de Etanol, Açúcar e Gasolina no Brasil.

Como analisado de forma gráfica, as ofertas de açúcar e etanol estão sujeitas ao comportamento dos preços destes mercados e também ao preço da gasolina. Nesta seção estima-se o modelo empírico explicitado na metodologia para explicar como as ofertas de açúcar e de etanol reagem a mudanças nos preços. Primeiramente, o modelo VAR requer que todas as séries de tempo tenham comportamento estacionário, ou seja, com média e variância constante ao longo do tempo. Esse comportamento é testado através dos testes de raiz unitária. No presente trabalho utilizaram-se os testes de raiz unitária de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), o teste KPSS e o teste de Phillip Perron de quebra estrutural. Os testes de raiz unitária são ilustrados na Tabela 3.1. Para resultados divergentes, optou-se por considerar que a série seja estacionária. Pela Tabela pode-se perceber que todas as séries demonstraram ser estacionárias, exceto o preço do açúcar.

Tabela 3.1: Teste de Raiz Unitária para as Variáveis Seleccionadas

Variável	Teste ADF	Lags	Teste KPSS (5%)	Teste de Perron	Resultado
Preço da Gasolina	-2,96(-2,88)	6	2,817(0,146)	-4,58(-5,08)	I(0)
Preço do Etanol	-3,98(-3,41)	1	0,122(0,146)	-4,53(-5,08)	I(0)
Preço do Açúcar	-2,81(-3,41)	1	0,191(0,146)	-4,45(-5,08)	I(1)
Produção de Etanol	-4,92(-3,41)	1	0,214(0,146)	-9,09(-5,08)	I(0)
Produção de Açúcar	-7,67(-3,41)	1	0,134(0,146)	-3,74(-5,08)	I(0)

Fonte: Elaboração Própria.

Para analisar a endogeneidade das variáveis em questão utilizou-se o teste de Causalidade de Granger, o qual é visto na Tabela 3.2. O teste identifica a relação de causalidade entre as variáveis do modelo VAR. O resultado do teste indica certo grau de endogeneidade entre as variáveis, no entanto para analisar uma relação de causalidade de curto e longo prazo, estima-se o modelo de Vetores Autorregressivos (VAR).

Tabela 3.2 - Teste de Causalidade de Granger entre as Variáveis Seleccionadas (2 Lags)

Variáveis Explicativas	Variáveis Dependentes									
	Prod. Açúcar		Prod. Etanol		Preço Açúcar		Preço Etanol		Preço Gasolina	
	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.	Est. F	Prob.
Prod. Açúcar	2,16	0,12	3,61	0,03	0,42	0,66	0,29	0,75	2,76	0,07
Prod. Etanol	2,07	0,13	9,31	0,00	0,74	0,48	1,82	0,17	0,50	0,61
Preço Açúcar	0,82	0,44	2,25	0,11	265,0	0,00	0,86	0,42	1,11	0,33
Preço Etanol	0,51	0,60	0,13	0,88	0,84	0,43	103,74	0,00	5,41	0,01
Preço Gasolina	1,75	0,18	4,09	0,02	3,18	0,05	3,70	0,03	584,6	0,00

Fonte: elaboração própria

Em seguida foi determinado o número de defasagens do VAR, para isso utilizou-se o teste de razão de verossimilhança e o teste de Akaike para poucas observações. O número de defasagens indicado pelo teste foi de segunda ordem.

Pela estimação do VAR estrutural extrai-se a função impulso resposta, na qual é identificado como cada variável responde a choques. A Figura 3.3 mostra como a produção de etanol, do açúcar e o preço do açúcar, respondem a mudanças no preço do etanol. Um choque no preço de etanol causa uma queda no preço do açúcar após um mês, e um aumento na produção do etanol até o terceiro mês, porém o preço do açúcar aumenta, devido a queda de oferta do produto. Com isso, a produção de açúcar aumenta e depois se estabiliza a partir do quinto mês após o choque. Portanto a variação positiva no preço do etanol causa um efeito temporário de queda na produção de açúcar e de aumento na produção de etanol. O açúcar se torna o produto mais atrativo no curto prazo devido ao aumento do preço, então a produção de açúcar torna a crescer.

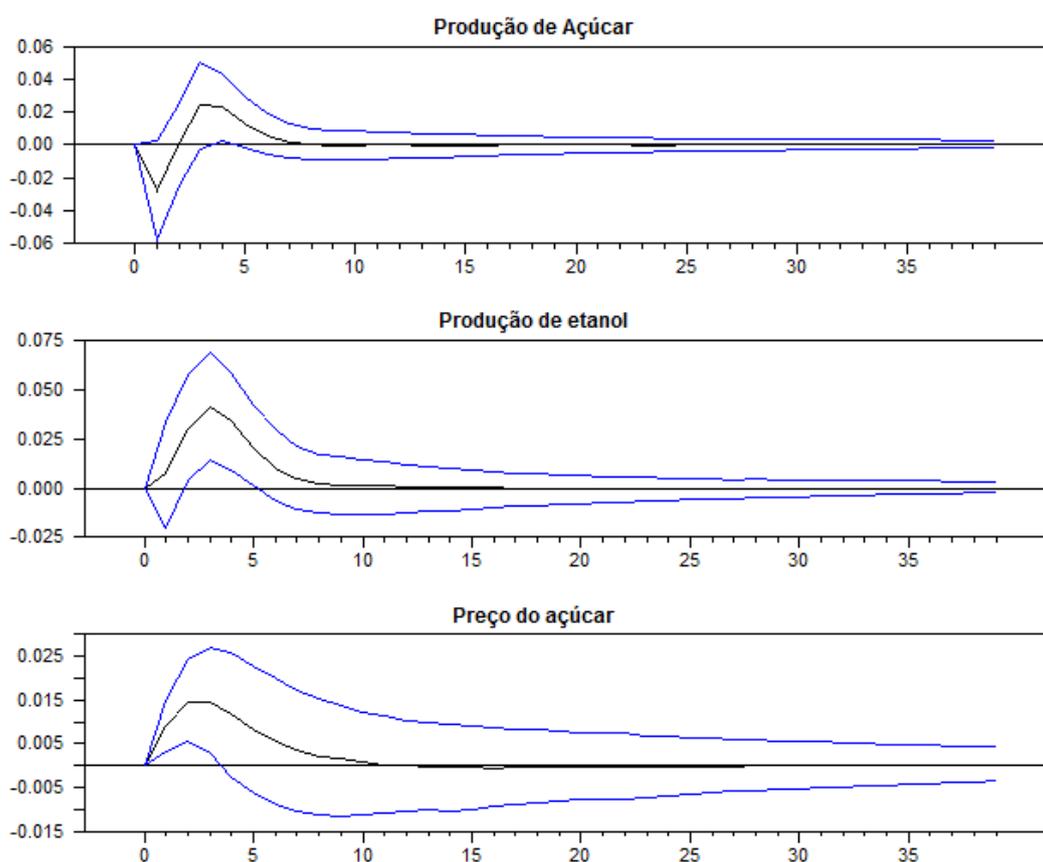


Figura 3.3: Resposta de um choque no Preço de Etanol no Mercado Sucroalcooleiro.
Fonte: Elaboração Própria

A Figura 3.4 ilustra a resposta das produções de açúcar, etanol o preço de etanol quando ocorre um choque no preço do açúcar. Um choque no preço recebido pelo produtor ocasiona num aumento da produção de etanol no primeiro mês, pois o preço de

etanol também aumenta, logo após essa data, a produção de etanol decai até alcançar a estabilidade após 15 meses depois do choque. A produção de açúcar sofre um aumento, após o choque, no entanto, o efeito é mais prolongado. A oferta de açúcar decai ao longo do tempo, devido a queda no preço de açúcar, estabilizando-se a partir do décimo segundo mês. Isso demonstra que as produções de açúcar e etanol sofrem um efeito mais prolongado quando ocorre um aumento no preço do açúcar. Pode-se dizer que a atratividade do preço do açúcar recebido ao produtor no mercado externo, possui um maior impacto na dinâmica do setor com relação ao preço doméstico do etanol.

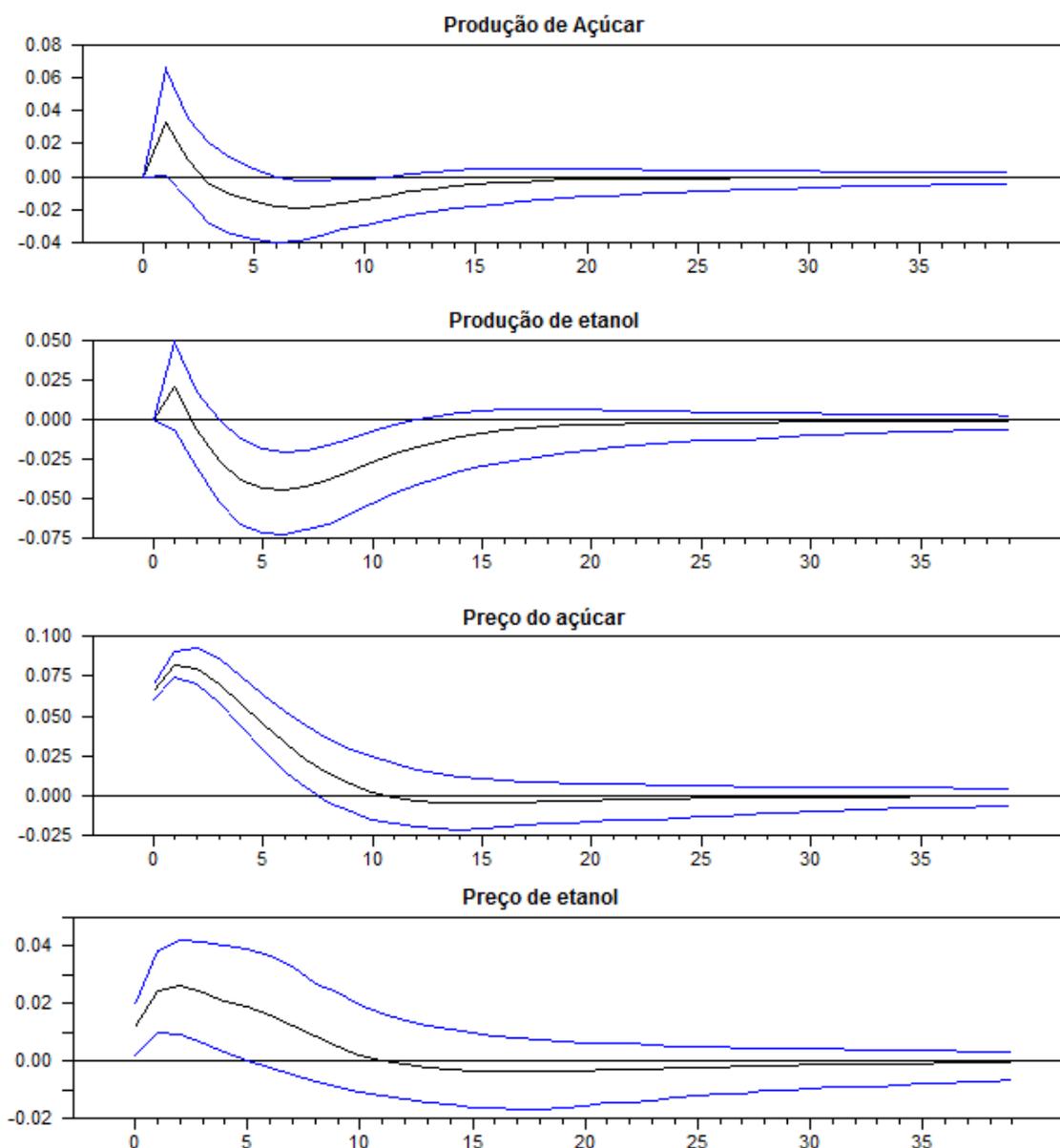
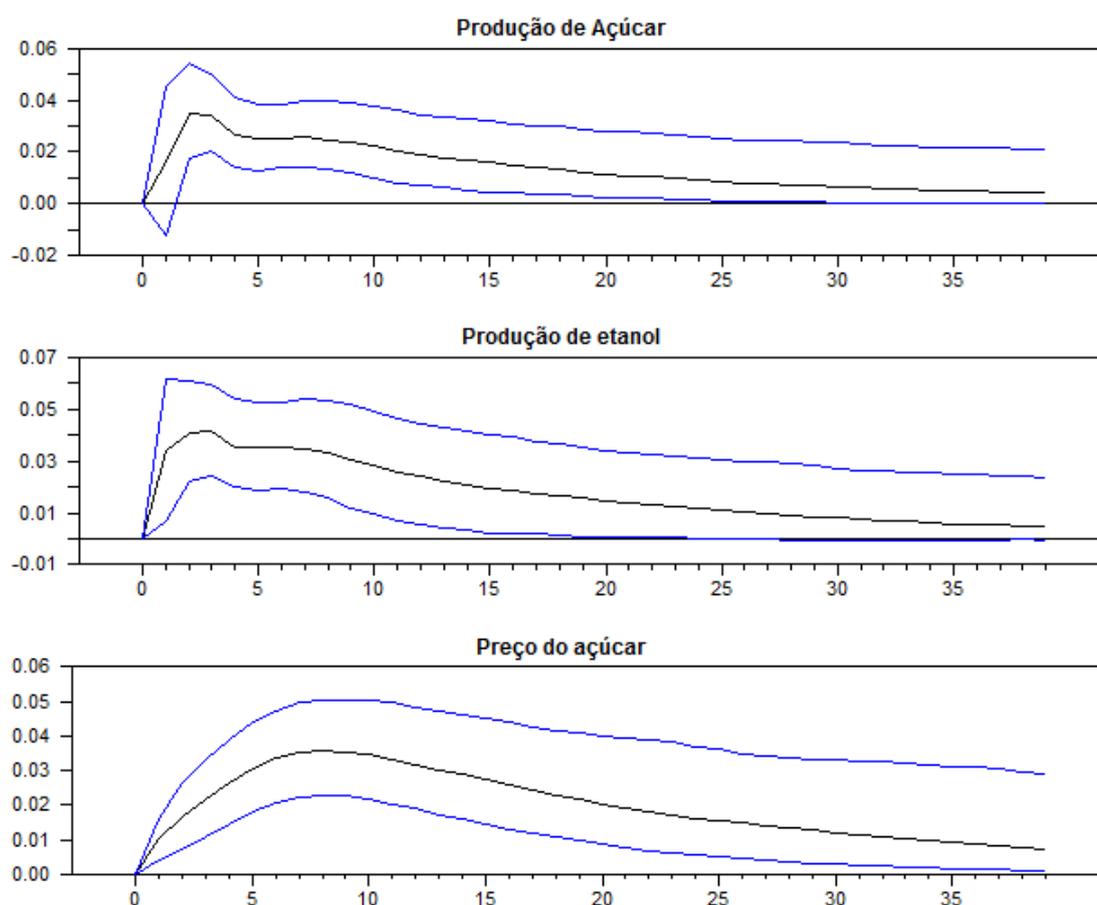


Figura 3.4: Resposta de um choque no preço do açúcar no mercado sucroalcooleiro.
Fonte: Elaboração própria

Como explanado anteriormente, o preço da gasolina exerce uma influência na dinâmica do setor sucroalcooleiro. A Figura 3.5 mostra o impacto do preço da gasolina na dinâmica do setor sucroalcooleiro. Um choque positivo no preço da gasolina não causa contemporaneamente nenhum impacto das variáveis, devido a identificação do modelo VAR. No entanto nos meses subsequentes ao choque, a produção de etanol total sofre um aumento, no entanto o preço de etanol sofre uma queda. Como a procura por etanol aumenta devido ao aumento do preço da gasolina, a produção de etanol varia positivamente, porém o preço da commodity também aumenta ao longo do tempo. A mesma dinâmica é vista para o mercado de açúcar, com um choque positivo no preço da gasolina, mais etanol é demandado, menos açúcar é produzido, com isso o preço do açúcar aumenta, aumentando assim a produção de açúcar. Nota-se que esses efeitos são vistos no curto e no longo prazo.



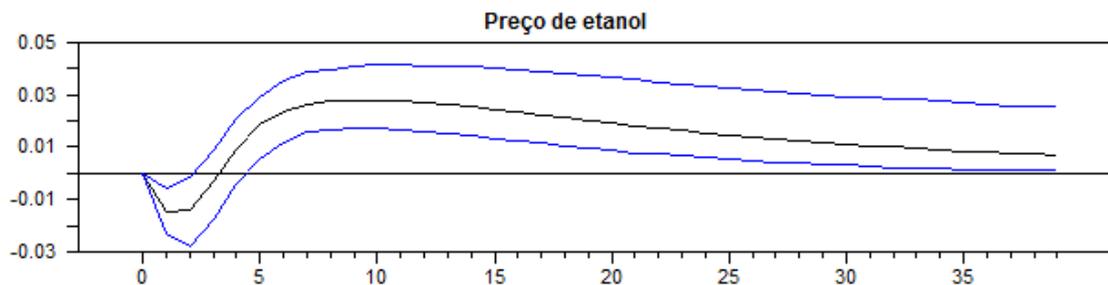


Figura 3.5: Resposta de um choque no preço da gasolina no mercado sucroalcooleiro.
Fonte Elaboração Própria

Para uma análise mais detalhada da resposta desses choques, apresenta-se a função impulso resposta nas variáveis de produção quando ocorre um choque de 1% no preço do etanol, do açúcar e da gasolina. A Tabela 3.3 mostra como as variáveis de produção se comportam a uma mudança relativa de 1% nos preços do etanol, açúcar e gasolina. Para um choque de 1% no preço de etanol, a maior resposta na produção de açúcar é de -0,28%, dois meses após o choque. Já a produção de etanol responde em uma maior medida com 0,43%, quatro meses após o choque, indicando que a resposta na produção de açúcar é mais imediata com o aumento no preço do etanol. Ao longo do tempo, o efeito acumulado indica a estabilidade na variação da oferta dos dois produtos. Ou seja, o choque exógeno de preço de etanol na ordem de 1%, os ajustes de produção apenas ocorrem no curto prazo.

Na mesma tabela, um choque de 1% no preço do açúcar ocasiona a maior resposta no curto prazo das produções de etanol e açúcar (2 meses após o choque) na ordem de 0,32% e 0,5%, respectivamente. No longo prazo, porém o efeito acumulado das respostas indica uma persistência na queda da produção de etanol e certa estabilidade da produção de açúcar. Um aumento na produção de açúcar sugere que o produtor do setor sucroalcooleiro modifica estoques para beneficiar a produção dessa commodity no longo prazo.

Com relação ao choque de 1% no preço da gasolina, a maior resposta relativa ocorre com a produção de etanol, quatro meses após o choque. Indicando que a troca da gasolina pelo etanol faz a oferta desse produto aumentar no curto prazo. O efeito acumulado nas produções de etanol e açúcar mostra um aumento persistente até o quadragésimo mês. Esse resultado demonstra que o mercado sucroalcooleiro é suscetível a mudanças no preço da gasolina. Ou seja, um choque no preço de gasolina,

ao longo do tempo, ocasiona num aumento da produção de etanol, e um aumento na produção de açúcar, pois o preço do açúcar aumenta.

Tabela 3.3: Respostas Acumuladas (em valores relativos) das variáveis selecionadas a um choque de 1% nos preços do etanol, gasolina e açúcar (%)

Choque	Resposta Máxima	Resposta Acumulada Máxima	Resposta Acumulada até o 10º período	Resposta Acumulada até o 20º período	Resposta Acumulada até o 30º período	Resposta Acumulada até o 40º período
Etanol→Produção de Etanol	0,43	1,61	1,61	1,61	1,58	1,56
Etanol→Produção de Açúcar	-0,28	0,47	0,47	0,45	0,42	0,40
Açúcar→Produção de Etanol	0,32	-6,45	-3,89	-5,78	-6,17	-6,45
Açúcar→Produção de Açúcar	0,50	-2,70	-0,96	-2,12	-2,47	-2,70
Gasolina→Prod. de Etanol	2,26	11,75	15,78	28,88	35,57	39,59
Gasolina→Prod. de Açúcar	1,91	13,65	11,58	22,10	27,47	30,68

Fonte: Elaboração própria

Para analisar a importância de cada variável utilizada no modelo na variação das produções de etanol e açúcar, utiliza-se a decomposição da variância, que é um dos resultados do VAR. Na Tabela 3.4 é mostrado que tanto a produção de etanol, como a produção de açúcar possui uma estrutura basicamente autoregressiva, ou seja, a maior parte do erro de previsão depende basicamente dela mesma. Com relação a variância do produção de etanol no mês 1 a variável que mais contribui com a variabilidade do biocombustível é a produção de açúcar com 42,63%. No quadragésimo mês, a participação relativa da variância da produção de etanol torna-se decorrente, além da estrutura autoregressiva, da produção de açúcar com 31,78%, logo em seguida o preço da gasolina toma a posição do preço do etanol com 11,67% de contribuição. O preço do açúcar contribui com 8,25% e o preço do etanol torna-se a variável que menos contribui para a variação da produção de etanol (2,86%).

A produção de açúcar, por sua vez, possui uma forte estrutura autorregressiva, porém a menor participação relativa está no preço do etanol no curto prazo. No longo prazo, a produção de etanol e o preço do açúcar têm praticamente a mesma contribuição e o preço da gasolina contribui com 7% na variação da oferta de açúcar. O preço do etanol não exerce influência significativa. Destaca-se assim que o mercado de açúcar é

pouco influenciado pelas variáveis de mercado de etanol e gasolina. Ou seja, a mudança na produção de etanol, preço de etanol e preço da gasolina, pouco ou nada influenciam na decisão de se produzir açúcar. O que se pode sugerir é a consolidação do mercado internacional do açúcar e a tradição exportadora do produto, pode influenciar na decisão do produtor em produzir açúcar em detrimento ao etanol.

Com relação a oferta de etanol, esta sofre uma influência da variação da oferta de açúcar, indicando que a preferência do produtor em produzir açúcar influencia na produção de etanol, sugerindo assim que a produção de etanol tem se destacado de forma residual com relação ao açúcar. Dentro dessa dinâmica destaca-se que o preço da gasolina exerce uma influência na variação das ofertas de açúcar e etanol e também, através de choque de preço, a variação da produção das commodities ocorre de forma positiva e persistente.

Tabela 3.4 - Decomposição da Variância das Produções de Etanol e Açúcar (%)

Variável	Mês	Produção Açúcar	Produção Etanol	Preço Açúcar	Preço Etanol	Preço Gasolina
Produção de Etanol	1	42,6350	57,3650	0,0000	0,0000	0,0000
	10	33,7870	47,7920	7,3950	3,0760	7,9510
	20	32,2260	46,0110	8,3360	2,9140	10,5130
	30	31,9030	45,5860	8,2670	2,8760	11,3670
	40	31,7870	45,4290	8,2500	2,8630	11,6720
Produção de Açúcar	1	100,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	10	90,0480	2,2660	1,9090	1,3970	4,3800
	20	87,5610	2,5860	2,2960	1,3560	6,2010
	30	86,8690	2,6780	2,3100	1,3450	6,7980
	40	86,6250	2,7080	2,3170	1,3410	7,0080

Fonte: Elaboração própria

No tocante a mudanças nas variáveis que indicam a introdução dos veículos *flex* em 2003, e crise internacional de 2009 e a intervenção a mistura de etanol na gasolina, a estimação do VAR mostra que o efeito da crise, da introdução dos veículos *flex* e a intervenção da mistura não afetaram significativamente as produções de açúcar e etanol com 5% de significância¹⁵. Dessa forma, as produções de etanol e açúcar são

¹⁵ Resultado disponível no Apêndice 3

basicamente determinadas pelas variáveis inerentes ao mercado (preço) e ao mercado do combustível fóssil (preço da gasolina).

Para testar a robustez do modelo apresentado, optou-se por trocar a ordem das variáveis. De acordo com Brooks (2008), quando a teoria não sugere uma ordem de entrada das variáveis para identificação do modelo, é necessário trocá-las para medir a sensibilidade dos resultados quando se troca a ordem de entrada das variáveis. No modelo estimado, optou-se pela ordem de entrada com as produções de açúcar e etanol afetando todos os preços de forma contemporânea. No entanto, quando se colocou os preços afetando de forma contemporânea as produções de açúcar e etanol respectivamente os efeitos do impulso resposta e decomposição de variância foram modificados. Essa modificação traz algumas implicações. Primeiro, quando a ordem de entrada modifica os resultados é indício que os resíduos da equação são fracamente correlacionados. Segundo, os resultados mostram que as produções de açúcar e etanol apresentaram uma memória praticamente autorregressiva, o que indica que a variação da produção depende praticamente dela mesma e influencia os preços. Dessa forma, optou-se por colocar as produções como variáveis que afetam contemporaneamente as outras, mas não é afetada por nenhuma.

3.7. Conclusões

Este trabalho objetivou identificar como as produções de etanol e açúcar respondem a mudanças nos preços do açúcar, e etanol e o preço da gasolina. Diante do avanço da produção de biocombustível com a introdução de veículos *flex* e a consolidação do açúcar brasileiro no mercado internacional, procurou-se analisar o impacto de choques nos preços na produção do setor sucroalcooleiro através do modelo de Vetores Autorregressivos Estrutural.

Como resultado do modelo identificou-se que a produção de açúcar e etanol respondem a choques de preços de maneira significativa. Porém, as produções respondem em uma menor medida a mudanças no preço do etanol, sendo considerado apenas o impacto no curto prazo. Ou seja, de acordo com a literatura a crescente demanda de etanol com a introdução dos veículos, *flex* que refletiu no preço do biocombustível, influenciou as ofertas de etanol e açúcar apenas no curto prazo,

ressaltando assim, que o preço de etanol não gera impactos prolongados nas produções de açúcar e de etanol.

Um choque no preço do açúcar gera impacto, em uma maior medida, nas produções do setor sucroalcooleiro. Esse fenômeno é visto pela consolidação do açúcar no mercado externo. Com aumento do preço do açúcar no mercado externo impulsiona a produção de açúcar e de etanol no curto e no longo prazo. No entanto, grande parte da variação da oferta de açúcar é inerente a fatores ligados a produção de açúcar, como estoques. O modelo sugere que produtor do setor sucroalcooleiro reage fortemente a uma mudança no preço do açúcar com relação a uma mudança no preço do etanol. Ou seja, ele revela a preferência em produzir açúcar para o mercado externo a produzir etanol para o mercado interno. De fato, dois terços da produção de açúcar brasileiro são enviados para o mercado externo.

O preço da gasolina também é um fator que impacta na dinâmica do setor sucroalcooleiro. Um choque no preço da gasolina aumenta a oferta de etanol, pois os consumidores substituem gasolina por etanol, o preço do etanol reduz e o do açúcar aumenta, aumentando assim a produção de açúcar. Esse efeito é prolongado para o longo prazo. O resultado mostra que o produtor do setor sucroalcooleiro, tem um benefício com o aumento da produção e o aumento do preço. O preço da gasolina, por sua vez, é controlado pelo governo, embora tenha sido nominalmente liberalizado após 2002. Essa, porém, é uma reivindicação dos produtores do setor, que o preço da gasolina atinja a paridade com o preço internacional para que o setor obtenha ganhos com o aumento de preço e produção. Porém, a liberalização total do preço do combustível fóssil pode gerar instabilidade no mercado interno.

Este trabalho possui algumas limitações, como por exemplo, não explicitar no modelo a variação de estoques que é mais estável e apresenta menor grau de sazonalidade. No entanto essa variável não é encontrada em dados mensais. Outro fator de limitação é que não foi possível tornar endógena a variável veículos *flex*, pois a frota nacional está disponível apenas em dados anuais e também não foi possível contabilizar a dinâmica do mercado quando ocorre um choque estrutural e de políticas.

Apêndice 3

Tabela 3A: Estimação do Modelo de Vetores Autoregressivos

Equação 1 – Variável Dependente: Produção de Açúcar				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produção de Açúcar{1}	0,047043	0,132827	0,35416	0,723875
Produção de Açúcar{2}	-0,25668	0,126483	-2,02938	0,044769
Produção de Etanol{1}	0,142744	0,144539	0,98758	0,325467
Produção de Etanol{2}	0,199569	0,131714	1,51518	0,13252
Preço do Açúcar{1}	0,591221	0,469984	1,25796	0,210999
Preço do Açúcar{2}	-0,57754	0,474583	-1,21695	0,22616
Preço do Etanol{1}	-0,33042	0,330221	-1,00061	0,319151
Preço do Etanol{2}	0,224492	0,32607	0,68848	0,492564
Preço da Gasolina{1}	0,894168	1,648799	0,54231	0,58867
Preço da Gasolina{2}	0,013812	1,645323	0,00839	0,993317
Constante	6,224941	2,565217	2,42667	0,016819
MIST	-0,0253	0,097095	-0,2606	0,794876
CRISE	0,228012	0,133004	1,71433	0,08921
FLEX	0,180693	0,107978	1,67342	0,097011
Equação 2 – Variável Dependente: Produção de Etanol				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produção de Açúcar{1}	-0,0028	0,118462	-0,02363	0,981186
Produção de Açúcar{2}	-0,30305	0,112804	-2,68655	0,008309
Produção de Etanol{1}	0,296471	0,128908	2,29987	0,023292
Produção de Etanol{2}	0,357796	0,117469	3,04587	0,002888
Preço do Açúcar{1}	0,400244	0,419156	0,95488	0,341676

Preço do Açúcar{2}	-0,74383	0,423258	-1,7574	0,081558
Preço do Etanol{1}	-0,0247	0,294509	-0,08387	0,933307
Preço do Etanol{2}	0,111784	0,290807	0,38439	0,70141
Preço da Gasolina{1}	1,835338	1,470486	1,24812	0,214568
Preço da Gasolina{2}	-0,63921	1,467385	-0,43561	0,66395
Constante	1,502541	2,287795	0,65676	0,512668
MIST	0,027827	0,086594	0,32134	0,748543
CRISE	0,188717	0,11862	1,59094	0,114416
FLEX	0,126865	0,0963	1,31739	0,190374
Equação 3 – Variável Dependente: Preço do Açúcar				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produção de Açúcar{1}	0,01407	0,023826	0,59054	0,55601
Produção de Açúcar{2}	-0,01542	0,022688	-0,67955	0,49818
Produção de Etanol{1}	-0,00718	0,025927	-0,27703	0,78226
Produção de Etanol{2}	0,028725	0,023627	1,2158	0,226593
Preço do Açúcar{1}	1,264986	0,084305	15,00486	0,000000
Preço do Açúcar{2}	-0,39147	0,08513	-4,59844	1,12E-05
Preço do Etanol{1}	0,06498	0,059235	1,097	0,274974
Preço do Etanol{2}	-0,07504	0,05849	-1,28289	0,202155
Preço da Gasolina{1}	0,541235	0,295759	1,82998	0,069888
Preço da Gasolina{2}	-0,36561	0,295136	-1,23879	0,21799
Constante	-0,77345	0,460145	-1,68088	0,095549
MIST	-0,00198	0,017417	-0,1137	0,909675
CRISE	0,03455	0,023858	1,44817	0,150339
FLEX	-0,03819	0,019369	-1,97189	0,051065

Equação 4 – Variável Dependente: Preço do Etanol				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produção de Açúcar{1}	0,024967	0,037241	0,67041	0,503966
Produção de Açúcar{2}	-0,01142	0,035462	-0,32205	0,74801
Produção de Etanol{1}	-0,06648	0,040525	-1,64039	0,103704
Produção de Etanol{2}	0,048624	0,036929	1,31669	0,190607
Preço do Açúcar{1}	0,152133	0,131771	1,15453	0,250721
Preço do Açúcar{2}	-0,09355	0,13306	-0,70307	0,483455
Preço do Etanol{1}	1,145471	0,092585	12,37209	0,000000
Preço do Etanol{2}	-0,42259	0,091421	-4,62249	1,01E-05
Preço da Gasolina{1}	-0,77998	0,462278	-1,68724	0,094315
Preço da Gasolina{2}	1,033876	0,461304	2,2412	0,026967
Constante	-0,40466	0,719217	-0,56263	0,574798
MIST	0,010283	0,027223	0,37773	0,70634
CRISE	0,029776	0,037291	0,79849	0,42626
FLEX	-0,05541	0,030274	-1,8304	0,069825
Equação 5 – Variável Dependente: Preço da Gasolina				
Variáveis Explicativas	Coefficientes	Desvio Padrão	t-student	P-valor
Produção de Açúcar{1}	0,014122	0,007911	1,78522	0,076909
Produção de Açúcar{2}	-0,01094	0,007533	-1,45168	0,149362
Produção de Etanol{1}	-0,00743	0,008608	-0,86364	0,389615
Produção de Etanol{2}	0,005392	0,007844	0,68738	0,493253
Preço do Açúcar{1}	0,041325	0,02799	1,47642	0,142612
Preço do Açúcar{2}	-0,0393	0,028264	-1,39029	0,167172
Preço do Etanol{1}	0,05253	0,019666	2,67106	0,008678

Preço do Etanol{2}	-0,06369	0,019419	-3,27951	0,001383
Preço da Gasolina{1}	1,143155	0,098194	11,64175	0,000000
Preço da Gasolina{2}	-0,16294	0,097987	-1,66291	0,099101
Constante	0,205038	0,152772	1,34212	0,182248
MIST	-0,00341	0,005782	-0,59023	0,556214
CRISE	0,003491	0,007921	0,44068	0,660286
FLEX	-0,00483	0,006431	-0,75096	0,45424

Referências

- Adilov, N. Samavati, H. (2009) Pump prices and oil prices: A tale of two directions. **Atlantic Economic Journal**. 37: 51-54.
- Agência Nacional de Petróleo (ANP) (2011) www.anp.gov.br
- Almeida, E. F e Mulder, N. (2005) Enhancing Brazil's Regulatory Framework for Network Industries: The Case of Electricity, Oil and Gas, and Water and Sanitation. OECD Economics Department. Working Papers, No. 425, OECD Publishing.
- Alves, D. C. O. Bueno, R. L. S. (2003) Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil. *Energy Economics*. 25 191-199.
- Angelopoulou, E. Gibson, H. D. (2010) The determinants of retail petrol prices in Greece. **Economic Modelling** 27 1537–1542
- ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2011). Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural. Superintendência de Desenvolvimento e Produção – SDP. Agosto de 2011. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=58630&m=boletim&t1=&t2=boletim&t3=&t4=&ar=0&ps=1&cachebust=1324930291410>. Acessado em Agosto de 2011.
- Azevedo, B. S. (2007) Análise das Elasticidades Preço e Renda da Demanda por Combustíveis no Brasil e Desagregadas por Regiões Geográficas. Dissertação de Mestrado Profissionalizante. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc. Programa de Pós-Graduação em Economia.
- Bacchi, M. R. P. Formação de Preços no Setor Sucroalcooleiro da Região Centro-Sul do Brasil: Relação Com o Mercado de Combustível Fóssil. In: Encontro Nacional da ANPEC. 2005.
- Bachmeier, L. J., Griffin, J. M. (2003) New evidence on asymmetric gasoline price responses. **The Review of Economics and Statistics**. Vol. 85. No. 3 August. Pp. 772-776.
- Balcombe, K.; Rapsomanikis, G. (2008) Bayesian Estimation and selection of nonlinear vector correction models: the case of the sugar-ethanol-oil nexus in Brazil. **American Journal of Agricultural Economics**. 90(3) August: 658–668

- Barros, G. (2011) Políticas focadas no curto prazo podem prejudicar os investimentos no etanol. *Análise Energia – Mercado*. Folha de São Paulo. 02 de julho de 2011.
- Boff, H. P. (2010) Modeling the Brazilian Ethanol Market: How Flex-Fuel Vehicles are Shaping the Long Run Equilibrium," **China-USA Business Review**,10(4),245-264.
- Brandão, A.M., Resende, G. Marques, R. (2006) Crescimento agrícola no período 1999-2004: a explosão da soja e da pecuária bovina e seu impacto sobre o meio ambiente, **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 10 (2) 249-266.
- Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. Second Edition. Cambridge.
- Bruni, P. P. B. Almeida, E. L. F (2005) *Comportamento dos Preços e a Formação de Cartéis na Etapa de Revenda do Mercado de Gasolina Brasileiro*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. Monografia de Bacharelado em Economia.
- Burnquist, H. L. (2007) Por que o Brasil deve apoiar a internacionalização do etanol? **Revista Opiniões**. Ed. Jan-Mar CEPEA. Pag 1-4.
- Burnquist, H. L.; Bacchi, M. R. P. (2002) A Demanda por Gasolina no Brasil: Uma Análise Utilizando Técnicas de Co-integração. In: XL Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Passo Fundo, RS. Equidade e Eficiência na Agricultura Brasileira, 2002.
- Cabrini, M. F. e Marjotta-Maistro, M. C. Mercado internacional de álcool: os recentes programas de uso do produto como combustível. **Agroanalysis**, p. 36 - 36, 07 mar. 2007
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada.
www.cepea.esalq.usp.br
- Costa, C. C. ; Burnquist, H. L. ; Guilhoto, J.J.M. . Impacto de alterações nas exportações de açúcar e álcool nas regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste sobre a economia do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, p. 611-629, 2006.
- Costa, P.; Videira, S. L. (2010) A Evolução da Atividade de Refino no Brasil e a Presença do estado: A Criação do Conselho Nacional do Petróleo e da Petrobrás. In: I Simpósio Nacional de Geografia Política, Território e Poder. Anais 2010.

- Cruz, A. N.; Sarmiento, C. E. B.; Moreira, R. L. (2011) A Petrobrás e a autossuficiência na produção de petróleo. Fundação Getúlio Vargas - Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil. Disponível em <http://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/FatosImagens/PetrobrasAutoSuficiencia>. Acessado em Janeiro de 2012. Datagro (2011) (2012), www.datagro.com.br
- Du, X., Carriquiry, M. A. (2011) Flex-Fuel Vehicle Adoption and Dynamics of Ethanol Price: Lessons from Brazil and Implications for the United States. Agricultural & Applied Economics Association's 2011 AAEA & NAREA Joint Annual Meeting, Pittsburgh, Pennsylvania, July 24-26, 2011.
- Enders, W. **Applied Econometric Time Series**. Wiley, 2001.
- Fabiosa, J. F.; Beghin J. C.; Dong F.; Elobeid, A; Tokgoz S.; Yu T. Land Allocation Effects of the Global Ethanol Surge: Predictions from the International FAPRI Model. Iowa State University, Department of Economics Working Papers Series. Working Paper # 08005. March 2008
- FAO 2008, Food and Agriculture Organization, <http://www.fao.org>
- Ferreira, A. L., Prado, F. P. A., Silveira, J. J. (2009) Flex cars and the alcohol price. **Energy Economics** 31, 382-394.
- Figueira, S. R., Burnquist, H. L. (2006). Programas para álcool combustível nos Estados Unidos e possibilidades de exportação do Brasil. **Agricultura São Paulo**, São Paulo, v. 53, n. 2, p. 5-18, jul./dez..
- Furtado, A. T. (2002) Mudança institucional e inovação na indústria brasileira de petróleo. **Revista Brasileira de Energia**. Vol, 9. Nº 1. Pags 1-12.
- Giesecke, J. A.; Horridge J. M.; Scaramucci, J. A. The Downside of Domestic Substitution of Oil and Biofuels: Will Brazil Catch the Dutch Disease? Centre of Policy Studies and the Impact Project. General Paper No. G-169. December, 2007.
- Goldemberg, J.; Lucon, O. (2006) Energia e meio ambiente no Brasil. **Revista Estudos Avançados**. 59 – Dossiê Energia.
- Goldemberg, J.; Coelho, S. T.; Lucon, O. How adequate policies can push renewables. **Energy Policy** 32 (2004a) 1141–1146

- Goldemberg, J.; Coelho, S. T.; Nastari, P. M.; Lucond, O. Ethanol learning curve—the Brazilian experience. **Biomass and Bioenergy**. 26 (2004b) 301 – 304
- Gomez, J. M. A. (2010) Fuels demand by light vehicles and motorcycles in Brazil. In: IAEE's Rio 2010 International Conference. Disponível em: www.ab3e.org.br/rio2010
- Hernandez-Perez, A. (2011) Economics and oil regulation and the Brazilian reform. **Energy Policy**. Vol 39. Pags 57-65.
- Hira, A.; Oliveira, L. G. (2009) No substitute for oil? How Brazil developed its ethanol industry. **Energy Policy**, 37, 2450-2456.
- Ignaciuk, A.; Vohringer, F.; Ruijs, A.; van Ierland, E.C. Competition between biomass and food production in the presence of energy policies: a partial equilibrium analysis. **Energy Policy** 34 (2006) 1127–1138
- Iooty, M. Pinto Jr, H. Ebeling, F. (2009) Automotive fuel consumption in Brazil: Applying static and dynamic systems of demand equations. **Energy Policy** 37 5326–5333
- Kamimura, A.; Sauer, I. L. The effect of flex fuel vehicles in the Brazilian light road transportation. **Energy Policy** 36 (2008) 1574–1576
- Kilian, L. (2009). Why Does Gasoline Cost so Much? A Joint Model of the Global Crude Oil Market and the U.S. Retail Gasoline Market. International Monetary Fund. M Macro-Linkages, Oil Prices and Deflation Workshop January 6 – 9, 2009.
-
- Explaining fluctuations in gasoline prices: A joint model of the global crude oil market and the U.S. retail gasoline market. **The Energy Journal**, (2010) Vol. 31, No. 2. 103-128.
-
- Comments by Lutz Kilian about the late oil price shocks. *Brooking Papers on Economic Activity*. Spring (2009).
- Kilian, L. Vega, C. (2009). Do Energy Prices Respond to U.S. Macroeconomic News? A Test of the Hypothesis of Predetermined Energy Prices. mimeo, Department of Economics, University of Michigan.

- Leite, A. D. A energia do Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- Losekann, L. Castro, G. R. (2011). **Automóveis flex fuel: entendendo a escolha de combustível**. Rio de Janeiro. Grupo de Economia da Energia. Blog Infopetro. Disponível em: <http://infopetro.wordpress.com/2011/03/21/automoveis-flexfuel-entendendo-a-escolha-de-combustivel/>. Acessado em: Set. 2011.
- Marjotta-Maistro, M. C. (2002) Ajustes no mercado de álcool e gasolina no processo de desregulamentação. Piracicaba, 2002. 180p. Tese (doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- Melo, A. S., Lima, R. C. Biocombustíveis e culturas alimentares: Um estudo da relação de causalidade entre os preços do açúcar e do etanol no Brasil In: XLVII Congresso da Sociedade de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009, Porto Alegre. **XLVII Congresso da SOBER.** , 2009.
- Melo, A. S., Sampaio, Y. S. B. (2012) Determinantes do comportamento do preço da gasolina no Brasil. In: 50º Congresso da Sociedade de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2012, Vitória. **50º Congresso da SOBER.**
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2011. www.agricultura.gov.br .
- Moraes, M. A. F. D. **Desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. São Paulo: Caminho Editorial, 2000.
- Moreira, J. R.; Goldemberg, J. The alcohol program. **Energy Policy** 27 (1999) 229-245
- Muehlegger, E. (2006) Gasoline Price Spikes and Regional Gasoline Content Regulations: A Structural Approach. Massachusetts Institute of Technology, Center for Energy and Environmental Policy Research Working Papers: 0421.
- Müller, A.; Schmidhuber, J.; Hoogeveen J.; Steduto P. Some insights in the effect of growing bio-energy demand on global food security and natural resources. In: International Conference: “Linkages between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries”, Hyderabad, India, 28-31 January 2007.
- Nappo, M. A Demanda por Gasolina no Brasil: Uma avaliação de suas elasticidades após a introdução dos carros bicombustível. 2007. 61 f. Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Industrial) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Economia de São Paulo, São Paulo.

- Nogueira, L. A. H. (2001) Os Preços de Combustíveis no Brasil. In: Seminario Internacional: Política de Precios de La Energía y su Impacto em El Desarrollo Sustentable. 3 e 4 de dezembro. CEPAL, Santiago, Chile.
- Petrobras (2011) www.petrobras.com.br.
- Pinto Jr, H. C. Iooty, M. Roppa, B. Volatilidade dos preços da gasolina e dos preços internacionais do petróleo: Uma análise a partir do índice de instabilidade no período 2002-2004. In: X Congresso Brasileiro de Energia: Novos Instrumentos de Planejamento Energético. Rio de Janeiro. Outubro de 2004.
- Pinto Jr, H. C. et al. (2006) Matriz Brasileira de Combustíveis. Grupo de Economia da Energia - Instituto de Economia/UFRJ Centro de Gestão de Estudos Estratégicos – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República
- Radchenko, S. (2005). Oil price volatility and the asymmetric response of gasoline prices to oil price increases and decreases. **Energy Economics**. 27(5), 708-730.
- Rajagopal, D.; Zilberman, D. Review of environmental, economic and policy aspects of biofuels. Policy Research Working Paper, 4341. The World Bank. September 2007.
- Roppa, B. F. (2005) Evolução do Consumo de Gasolina no Brasil e Suas Elasticidades: 1979-2000. **Boletim Infopetro**. Petróleo & Gás Brasil. Março/Abril – Ano 6 – n. 2. Pgs 4-8.
- Rosillo-Calle, F. Cortez, L. A. B. (1998) Towards Proalcohol II – A review of the Brazilian bioethanol programme. **Biomass e Bioenergy**. Vol. 14, No. 2, pp. 115-124.
- Sathler, M. W. L.; Tolmasquim, M. T. A formação de preços dos derivados de petróleo no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**. Vol. 8. Nº 1. Págs. 1- 15.
- Schmidhuber, J. Biofuels: an emerging threat to Europe's food security? Notre Europe, Policy Paper. n. 27. May 2007.
- Schünemann, L. A Demanda de Gasolina Automotiva no Brasil: O Impacto nas Elasticidades de Curto e Longo Prazo da Expansão do GNV e dos Carros Flex. 2007. 91 f. Dissertação de Mestrado Profissionalizante em Economia – Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro

- Serra, T., Zilberman, D., Gil, J. (2011) Price volatility in ethanol markets. **European Review of Agricultural Economics**. Vol 38 (2) pp. 259-280.
- Shikida, P.F.A.; Bacha, C.J.C. Uma análise econométrica preliminar das ofertas de açúcar e álcool paranaenses. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v.54, n.1, p. 21-32, jan/jun. 2007.
- Silva, C. M. S. Almeida, E. L. F. Estratégia de preços da Petrobras no mercado de combustíveis brasileiro pós-liberalização e instrumentos de amortecimento de variações internacionais. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. Dissertação de Mestrado. Novembro de 2003.
- Silva, C. M. S. Almeida, E. L. F. Formação de um mercado internacional de etanol e suas inter-relações com os mercados de petróleo e açúcar. In: CBE, 16 a 18 de agosto de 2006, Rio de Janeiro.
- Sims, C. (1980). “Macroeconomics and Reality”. **Econometrica**, v. 48, p. 1-49.
- Smeets, E.; Junginger, M.; Faaij, A.; Walter, A. Dolzan, P. Turkenburg, W. The sustainability of Brazilian ethanol—An assessment of the possibilities of certified production. **Biomass and Bioenergy**, 32 (2008) 781– 813
- Souza, G. S.; Alves, E.; Gomes, E. G.; Gazzola, R.; Marra, R. Substituição de culturas uma abordagem empírica envolvendo cana-de-açúcar, soja, carne bovina e milho. **Revista de Política Agrícola**. Ano XVI – Nº 2 – Abr ./Maio/Jun. 2007
- Terra Portal (05/05/2011) Com demanda alta, Brasil importa 31% a mais de combustíveis. Disponível em: <http://invertia.terra.com.br/petroleo/noticias/0,,OI5112276-EI18056,00-Com+demanda+alta+Brasil+importa+a+mais+de+combustiveis.html> Acessado em: Abril de 2012.
- Tokgoz, S. e Elobeid, A. An analysis of the link between ethanol, energy, and crop markets. Iowa State University Working Paper 06-WP 435. 2006.
- UNICA (2011) – União da Indústria da Cana-de-açúcar. www.unica.com.br (acessado em dezembro de 2011).
- UK Trade & Investment (2011) Sector Briefing: Oil & Gas Opportunities in Brazil. Disponível em:

http://www.ukti.gov.uk/pt_pt/export/countries/americas/southamerica/brazil/sectorbriefing/119838.html?null Acessado em: Dezembro de 2011.

- Valadkhani, A. (2009) Do Retail Petrol Prices Rise More Rapidly Than They Fall in Australia's Capital Cities? University of Wollongong. Economics Working Paper Series 2008. Disponível em: <http://www.uow.edu.au/commerce/econ/wpapers.html>. Acessado em agosto de 2011.
- Verlinda, J. A. (2008) Do rockets rise faster and feathers fall slower in an atmosphere of local market power? Evidence from the retail gasoline market. **The Journal of Industrial Economics**. Volume LVI. N.03. September. Pgs 581-612.
- Vendenov, D., Duffield, J. A., Wetzstein, M. E. (2005). Entry of Alternative Fuels in a Volatile U.S. Gasoline Market. AAEA Annual Meetings, Selected Paper #134421 Providence, RI. July 2005
- Viegas, T. (2011) **A solução para a crise do etanol: incentivos, subsídios, regulação ou defesa da concorrência?** Rio de Janeiro. Grupo de Economia da Energia. Blog Infopetro. Disponível em: <http://infopetro.wordpress.com/2011/06/20/a-solucao-para-a-crise-do-etanol-incentivos-subsidios-regulacao-ou-defesa-da-concorrenca/>. Acessado em Set. 2011.
- Vilela, T. (2010) **Modelos de demanda por combustível no Brasil**. Rio de Janeiro. Grupo de Economia da Energia. Blog Infopetro. Disponível em: <http://infopetro.wordpress.com/2010/06/14/modelos-de-demanda-por-combustivel-no-brasil/>. Acessado em Set. 2011.
- Von Lampe. M (2006). Agricultural Market Impacts of Future Growth in the Production of Biofuels. Working Paper on Agricultural Policies and Markets, Directorate for Food, Agriculture and Fisheries, Committee on Agriculture, Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).
- Zhang Z.; Vedenov D.; Wetzstein, M. Can the U.S. ethanol industry compete in the alternative fuels market? **Agricultural Economics**. Volume 37, Issue 1, Date: July 2007, Pages: 105-112

Zhang, Z. Lohr, L. Escalante, C. L. Wetzstein, M. E. (2008). Mitigating volatile U.S. gasoline prices and internalizing external costs: A win-win fuel portfolio. **American Journal of Agricultural Economics**. 90 (No 5): 1218–122.