



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**Examinando a influência do mercado da gasolina A sobre  
os preços do etanol hidratado e açúcar ao produtor no  
Brasil**

**EDUARDA GABRIELLY FERREIRA DA SILVA**

**RECIFE, MAIO/2020**

**EDUARDA GABRIELLY FERREIRA DA SILVA**

**Examinando a influência do mercado da gasolina A sobre os preços do etanol hidratado e açúcar ao produtor no Brasil**

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Administração e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para fins de conclusão de Mestrado.

**Área de Concentração: Gestão, Mercados e Agronegócio**

**Orientador: Prof. André de Souza Melo, DSc**

**RECIFE, MAIO/2020**



# UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO RURAL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DE

**EDUARDA GABRIELLY FERREIRA DA SILVA**

*Examinando a influência do mercado da gasolina A sobre os preços do etanol hidratado e açúcar ao produtor no Brasil*

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato **EDUARDA GABRIELLY FERREIRA DA SILVA**.

Orientador:

---

Prof(a). André de Souza Melo, DSc  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Banca Examinadora:

---

Prof(a). Gisléia Benini Duarte, DSc  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof(a). Ricardo Chaves Lima, DSc  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

## RESUMO

Esta dissertação de mestrado tem por objetivo discutir a relação entre o mercado da gasolina A e o mercado sucroalcooleiro no Brasil de maio de 2003 a fevereiro de 2018. Preços da gasolina A, etanol hidratado e açúcar ao produtor foram usados para estimar um Modelo de Vetores Autorregressivos (VAR). O sistema contou com a inclusão de dummies para demarcar os seguintes acontecimentos: a crise de 2008 e a política intervencionista de contenção de preços da gasolina no Brasil (entre abril de 2011 e junho de 2014). Os resultados sugeriram a ocorrência de ligações entre o mercado da gasolina e o setor sucroalcooleiro, principalmente com o etanol hidratado, que é substituto do combustível fóssil no consumo. Sendo assim, é crucial que o governo federal leve em consideração as consequências que o controle de preços da gasolina pode gerar no setor sucroalcooleiro, para que os produtores não sofram com maiores riscos de negócios.

**Palavras chave:** gasolina A, etanol hidratado, açúcar, VAR, mercados

## ABSTRACT

The objective of this dissertation is to discuss the relationship between the gasoline A, sugar and alcohol markets in Brazil from May 2003 to February 2018. Prices of gasoline A, hydrous ethanol and producer sugar were used to estimate an autoregressive vector model (VAR). Dummies were included in the system to demarcate the following events: the crisis of 2008 and the interventionist policy of restraining gasoline prices in Brazil (between April 2011 and June 2014). The results suggested that there are links between the gasoline market and the sugar and alcohol sector, mainly with hydrous ethanol, which is a substitute for fossil fuel in consumption. Therefore, it is crucial that the federal government consider the consequences that gasoline price controls can generate in the sugar and ethanol industry, so that producers do not suffer from greater business risks.

**Keywords:** gasoline A, hydrated ethanol, sugar, VAR, markets

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
1.1 Contexto Histórico .....	6
1.2 Intervenção Governamental nos Preços do Petróleo .....	7
1.3 Determinação dos Preços – Gasolina, Etanol e Açúcar .....	9
1.4 Justificativa .....	10
1.5 Objetivos.....	11
Objetivo Geral.....	11
Objetivos Específicos.....	11
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>16</b>
3.1. Descrição dos dados .....	16
3.2. Modelo Empírico.....	17
<b>4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>28</b>

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 Contexto Histórico**

Desde os anos 70, quando o governo brasileiro criou o Proálcool – programa que estimulou a produção de etanol no país após os primeiros choques de petróleo – os usineiros passaram a adaptar suas indústrias para a produção de álcool, além do açúcar já produzido, com o objetivo de aproveitar oportunidades que o mercado sucroalcooleiro poderia lhes oferecer. O governo financiou o programa através de políticas de incentivos fiscais e empréstimos bancários com taxas de juros subsidiados para os produtores e indústrias automobilísticas. No início do programa, o objetivo era produzir principalmente etanol anidro, aquele que contém em sua composição 99,6% de álcool e serve para ser misturado à gasolina. Na época, o objetivo da mistura era tornar o combustível fóssil mais barato. No entanto, após o segundo choque de petróleo em 1980, os preços da gasolina haviam triplicado e a produção de carros movidos puramente a etanol começou a ser estimulada, assim como a compra (BARROS, 2007).

O sucesso do Proálcool na época deve-se em parte aos preços do açúcar que estavam baixos no mercado internacional, dado que os produtores passaram a priorizar a produção do etanol. Porém, quando os preços do petróleo passaram a cair a partir de 1986, coincidentemente os preços do açúcar também estavam se recuperando no mercado. Neste momento, o governo reduziu substancialmente os investimentos voltados ao programa, considerando que com a queda nos preços da gasolina era necessário priorizar outros programas mais estratégicos para o desenvolvimento do país, dado o contexto econômico que o Brasil vivia na década de 80 (KOHLHEPP, 2010). Como resultado, houve diminuição na oferta doméstica de etanol. Enquanto isso, as usinas passaram a priorizar a produção de açúcar novamente, enquanto que o país precisou importar o álcool combustível para poder suprir as necessidades daqueles que tinham carros movidos puramente a etanol (IPEA, 2010).

O processo de desregulamentação vivido pelo Brasil sob o governo Collor no início dos anos 90 influenciou também o setor sucroalcooleiro, pois o Estado passou a não

mais ser responsável por estipular cotas ou controlar os preços do biocombustível como fazia na tentativa de estimular a indústria do álcool nos anos anteriores. A partir de 2002, os preços internacionais do petróleo voltaram a subir, ocasionando um novo aumento nos preços da gasolina. Foi então em 2003 que os motores flex-fuel passaram a ser desenvolvidos e introduzidos no país, ganhando um espaço expressivo no mercado automobilístico doméstico ao longo dos anos, representando a maior parte da frota nacional de veículos a partir de 2012 (Sindipeças, 2019). Com essa nova tecnologia, os consumidores passaram a poder escolher entre abastecer com etanol hidratado (etanol comum vendido nos postos e contém de 95,1 a 96% de álcool<sup>1</sup>) ou gasolina C (com adição de etanol anidro combustível pelos distribuidores, vendida aos postos revendedores e em seguida ao consumidor final<sup>2</sup>). Nessa mesma época, o etanol se tornou uma commodity negociável, assim como o açúcar já era. Ao mesmo tempo, os preços do açúcar voltaram a cair no mercado internacional. Esse novo cenário coincidiu com as discussões mundiais sobre a substituição de energias fósseis por energias renováveis, reativando a produção em larga escala do etanol. Isso porque, além do mercado doméstico, que demandava etanol para abastecer os novos padrões de carros flex-fuel, o mundo estava buscando novas alternativas de energias menos danosas ao meio ambiente.

## **1.2 Intervenção Governamental nos Preços do Petróleo**

O órgão responsável pela regulação do etanol e da gasolina no Brasil é a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), sendo que o combustível fóssil conta ainda com a Lei Federal Nº 9.478/97. A lei mencionada desempenhou um papel importante na flexibilização do monopólio da exploração e extração do petróleo bruto, antes pertencente exclusivamente à Petrobrás. No que diz respeito ao refino do petróleo, este ainda pertence exclusivamente à Petrobrás, que concorre apenas com o mercado internacional desde 2002. Para Pires e Schechtman (2007), é difícil quebrar este monopólio devido à influência que o governo possui sobre os preços do combustível fóssil refinado. Isto por causa de sua posição de acionista majoritário (em média, 50% das ações da companhia pertencem ao Governo Federal), o que acaba induzindo as tomadas de decisões da companhia para medidas com um cunho estratégico mais voltado à política, tais

---

<sup>1</sup> <https://www.novacana.com/etanol/anidro-hidratado-diferencas>

<sup>2</sup> <http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1855-gasolina>

quais contenção de inflação e controle nos preços da gasolina, deixando em segundo plano a saúde financeira da empresa. Como consequência, observa-se imprevisibilidade e aumento do risco de negócios no setor de refinaria, expelindo novos investidores. Sendo assim, atualmente a Petrobrás concorre apenas com o mercado internacional no que diz respeito ao petróleo refinado.

A política mais recente de controle dos preços dos derivados do petróleo aconteceu entre 2011 e 2014, quando o governo manteve os preços do combustível fóssil no patamar de US\$100, abaixo dos preços internacionais, com o objetivo de conter a inflação no país. Como consequência, a empresa precisou arcar com a diferença entre o preço de importação e o preço de revenda no mercado doméstico. Os preços do petróleo passaram a cair bruscamente a partir da segunda metade do ano de 2014, chegando a US\$47,76 em janeiro de 2015. Como consequência, os preços internacionais da gasolina passaram a ter uma tendência de queda, enquanto que o Brasil precisou aumentar seus preços para arcar com os prejuízos que havia acumulado com a antiga política de preços.

Mesmo antes de 2011, o governo realizava controle de preços através da intervenção sobre a quantidade de etanol misturada à gasolina, assim como através da redução da CIDE, tributo incidente sobre importação e comercialização de combustíveis. Na prática, em junho de 2011, a alíquota foi zerada para compensar o reajuste nos preços da gasolina e do diesel. Em janeiro de 2015, o governo editou decreto instituindo a alíquota de R\$ 0,10 por litro para a gasolina, e R\$ 0,05 por litro para o diesel (Agência Senado, 2020). Já em março de 2015, definiu-se através da Portaria MAPA Nº75, que o teor de mistura de anidro na gasolina seria de 27% para o tipo Comum e Aditivada e de 25% para o tipo Premium (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2015). Historicamente, a porcentagem de mistura à gasolina variou entre 20% e 25% entre os anos de 2000 a 2014 até chegar ao patamar atual. De acordo com Cotula, Dyer e Vermeulen (2008), medidas como a adoção de quantidades obrigatórias de etanol anidro a serem adicionadas à gasolina ajudam a assegurar a criação de um mercado sustentável para o etanol por décadas.

### 1.3 Determinação dos Preços – Gasolina, Etanol e Açúcar

Gasolina: Quando o consumidor abastece seu carro no posto revendedor, ele consumidor adquire a gasolina "C", uma mistura de gasolina "A" (ou gasolina pura) com Etanol Anidro. As distribuidoras compram gasolina A das refinarias da Petrobras ou do mercado internacional e o Etanol Anidro das usinas sucroenergéticas produtoras. A cadeia de formação do preço da gasolina é composta por diversas parcelas, sendo assim, qualquer alteração em pelo menos uma delas terá reflexos, para mais ou para menos, no preço que o consumidor da gasolina 'C' pagará na bomba. O preço que a Petrobras pratica ao comercializar a gasolina "A" para os distribuidores pode ser representado pela soma de duas parcelas: o valor do produto e a parcela tributos, que são cobrados pelos estados (ICMS) e pela União (CIDE, PIS/PASEP e Cofins). No preço que o consumidor paga no posto pela gasolina C, além dos impostos (44%) e da parcela da Petrobras (30%), também estão incluídos o custo do Etanol Anidro, que é fixado livremente pelos seus produtores, (14%), e os custos e as margens de comercialização das distribuidoras e dos postos revendedores (12%) (Petrobrás, 2020). Apenas em casos em que a gasolina utilizada é a importada, a Petrobrás não participa da cadeia de comercialização.

Em relação ao mercado do etanol, as variações no valor do biocombustível ocorrem devido à concorrência causada pelo açúcar em momentos de elevação de sua cotação no mercado internacional, patamar dos preços e da demanda da gasolina automotiva, seu principal concorrente, e condições de financiamento para incremento da área plantada de cana-de-açúcar (Petrobrás, 2015).

Existem dois mecanismos por meio dos quais oscilações dos preços dos dois tipos de etanol impactam os preços da gasolina C. O primeiro decorre da adição obrigatória de etanol anidro à gasolina A, em proporção legalmente estabelecida, no qual as elevações nos preços do biocombustível são repassadas para os preços ao consumidor final da gasolina C. Já o segundo deriva da possibilidade de migração imediata da demanda de gasolina C para o etanol hidratado, e vice-versa, como consequência do uso de motores flex-fuel na frota de veículos desde 2003.

Em relação ao açúcar, Campos (2010) mostrou que seu preço doméstico é determinado pelas variações do preço do açúcar no mercado internacional e taxa de câmbio interna. Este último influencia da seguinte maneira: quando o real está valorizado, o açúcar brasileiro torna-se mais caro, o que pela lei da oferta e demanda faz reduzir o volume exportado. Com maior volume de açúcar no país, os produtores precisam vender o produto a um preço mais baixo para escoar a produção, ou até mesmo passar a produzir mais etanol caso o mercado alternativo esteja mais atrativo. Já o açúcar internacional tem seu preço explicado pela liquidez, pelo índice de preços de commodities CRB-Reuters e pelo preço do petróleo. A liquidez diz respeito às reservas estrangeiras das quatro regiões mais importantes no mundo: zona do euro, Japão, Reino Unido e Estados Unidos, e está associada às baixas taxas de juros nestas regiões, pois os investidores tomam recursos emprestados às baixas taxas de juros para investir em ativos de maior risco e rendimento, como commodities e petróleo, aumentando seus preços.

#### **1.4 Justificativa**

Dado todo o contexto apresentado e tendo em vista que o etanol e o açúcar são produtos substitutos na produção, e que o etanol e a gasolina são substitutos no consumo, busca-se entender a dinâmica de preços do setor sucroalcooleiro no Brasil, isso tudo levando em consideração políticas intervencionistas adotadas pelo governo sobre o preço da gasolina A, que foi escolhido em detrimento ao preço da gasolina C por ser a cotação da gasolina pura. A relevância do estudo está na importância que os três setores em questão apresentam sobre a economia brasileira, no que diz respeito à geração de empregos e renda (o país também o maior produtor e exportador mundial de açúcar, sendo responsável por cerca de 20% da produção global e 40% da exportação mundial<sup>3</sup>, além de se posicionar em segundo lugar no ranking mundial da produção de etanol, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que produzem o biocombustível utilizando milho), além de serem mercados que influenciam diretamente na vida dos indivíduos por estarem diretamente ligados à locomoção e alimentação das pessoas.

---

<sup>3</sup> Fonte: <http://www.unica.com.br/documentos/>

## **1.5. Objetivos**

### **Objetivo Geral**

Examinar a ligação entre o mercado da gasolina A e o mercado sucroalcooleiro do lado da oferta, utilizando os preços ao produtor e levando em consideração as intervenções realizadas pelo governo brasileiro na política de preços do combustível fóssil.

### **Objetivos Específicos**

- a) Verificar a causalidade entre as variáveis em estudo;
- b) Demonstrar, através da decomposição da variância, a intensidade com a qual o preço de uma variável influencia no preço da outra;
- c) Demonstrar, através da Função de Impulso Resposta, qual o impacto de um choque positivo no preço da gasolina A sobre o setor sucoenergético;

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Estudos já mostraram evidências sobre a importância dos preços dos combustíveis fósseis na formação das relações de longo prazo no mercado sucroalcooleiro (Balcombe e Rapsomanikis, 2008; Serra et al., 2010; Chen e Saghain, 2015). No que se refere ao preço do petróleo, essa ligação tem a ver principalmente com a importância que o combustível apresenta na economia global, enquanto que a relação entre a gasolina e o setor sucroalcooleiro tem muito a ver com a conjuntura energética, principalmente quando falamos do Brasil, que, por ser o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, consegue se destacar como o maior produtor de açúcar e segundo maior produtor mundial de etanol. Sendo assim, essa revisão de literatura tem por objetivo apresentar de que forma os mercados supracitados estão relacionados, assim como os efeitos que políticas intervencionistas por ora adotadas pelo governo alteram a estrutura do mercado no Brasil.

A contribuição de Balcombe e Rapsomanikis (2008) acerca deste tema é relacionado com a hierarquia a qual essas relações acontecem, pois, através da estimação de um modelo VECM, os autores mostraram que a transmissão de preços aconteceria do petróleo para o açúcar, passando em seguida para o etanol. A explicação para essa relação seria que o preço do açúcar Granger-cause o preço do etanol, mas o contrário não acontece. Os autores justificaram que tal resultado indica que os mercados de açúcar antecipam aumentos de preços após a alta dos preços do petróleo. Chen e Saghaian (2015) apresentaram evidências que corroboraram com os resultados trazidos pelos autores citados anteriormente. O estudo mostrou que a relação de longo prazo entre os mercados passou a acontecer após a crise de 2008, sendo antes predominantemente limitadas ao curto prazo. Os autores apontaram também que os preços do etanol se ajustam mais rapidamente ao equilíbrio do que as outras variáveis, o que pode ser explicado devido ao fato do etanol ter substitutos tanto na produção quanto na demanda.

De acordo com Cavalcanti et al. (2012) e Melo e Sampaio (2016), um choque no preço da gasolina C<sup>4</sup> provoca um choque, também positivo, no preço do etanol. Para Cavalcanti et al. (2012), este efeito diminui gradualmente, e a razão para tal seria

---

<sup>4</sup> Composto pelo preço de distribuição e revenda, custo do etanol anidro (responsável por 27% da composição da gasolina C brasileira), impostos como ICMS, CIDE, PIS/PASEP e COFINS e, por fim, o preço da refinaria sem imposto.

porque o etanol é um combustível facilmente substituível pela gasolina, fazendo com que os proprietários dos carros “*flex-fuel*” voltem a abastecer seus carros com gasolina num segundo momento. Desta forma, os preços do etanol hidratado se ajustam rapidamente ao equilíbrio de longo prazo, como sugerido por Chen e Saghaian (2015). Melo e Sampaio (2016) encontraram que as consequências de um choque nos preços da gasolina C não se limitam apenas ao aumento nos preços do etanol, mas se estendem ao aumento da produção e preços do açúcar. Segundo os autores, o aumento no preço do etanol ao produtor pode ser explicado devido ao fato de que os indivíduos passam a consumir mais álcool após o aumento de preços do combustível fóssil e, como consequência, tanto os preços quanto a produção de etanol aumentam nas usinas. O aumento no preço do açúcar ao produtor, por sua vez, foi justificado devido ao fato de que um choque no preço da gasolina C faz com que mais consumidores demandem etanol hidratado e menos açúcar seja produzido. Consequentemente, o preço do açúcar aumenta, assim como sua produção num período posterior.

Alguns estudiosos buscaram analisar o impacto que as políticas intervencionistas de congelamento de preços do petróleo causaram no setor sucroalcooleiro. Para El Montasser et al. (2015), essa intervenção afetou todo o setor de biocombustíveis e não apenas o setor de etanol. Além disso, os autores pontuaram também que o congelamento nos preços da gasolina e diesel não apenas enfraqueceu a capacidade de investimento da Petrobrás, mas também os incentivos que os empresários do setor sucroalcooleiro teriam em fazer investimentos em novas instalações, tendo em vista que os preços do etanol se tornaram não competitivos frente à gasolina.

Alguns autores examinaram os efeitos da política intervencionista de controle de preços da gasolina no Brasil. Para Diehl (2012), nas safras de 2010 e 2011 o preço de varejo do biocombustível poderia atingir patamares em média 23,7% mais elevados. Para Costa e Burnquist (2016), as políticas adotadas ora favoreceram a produção do etanol e ora atrapalharam. Segundo os autores supramencionados, durante 2006 e 2016 os preços domésticos da gasolina sem impostos estavam acima do preço internacional, que seguia tendência de queda na época. Sendo assim, o setor dos biocombustíveis se beneficiou, apresentando cotações em média 9% acima da tendência internacional. Porém, no período de 2011 a 2014, a política intervencionista do governo afetou negativamente o preço do etanol, mantendo-os

7% abaixo dos preços que deveriam ser praticados caso prevalecesse o livre mercado no setor.

Demczuk e Padula (2017) buscaram determinar o preço da gasolina que tornaria o mercado do etanol economicamente viável. Como resultado, concluiu-se que a gasolina no setor varejista precisaria estar cotada em R\$ 4,40 (US\$ 1,95) por litro. O estudo comparou essa cotação com a encontrada no estado do Rio Grande do Sul em setembro de 2013, que era de R\$ 2,85 (US\$ 1,26) por litro de gasolina comum, apontando o *gap* entre o que seria ideal do ponto de vista do produtor de etanol e o que de fato estava sendo forçadamente praticado na época devido à política já citada. Os autores examinaram também qual seria o preço da gasolina C sem essa política, e, como resultado, achou que se os preços flutuassem de acordo com o mercado internacional o preço de bomba da gasolina regular no Brasil em janeiro de 2014 teria sido de R\$ 3,94 (US\$ 1,77) por litro, não muito longe dos R\$ 4,40 (US\$ 1,95) necessários para tornar a produção de etanol economicamente viável. Sendo assim, concluiu-se que o Governo Federal impôs consideráveis restrições ao desenvolvimento da indústria do etanol.

Como observado, a literatura apresenta uma abordagem sobre como se relacionam o mercado dos combustíveis fósseis com o setor sucroenergético, principalmente no que diz respeito ao etanol. No entanto, não foi encontrado nenhum estudo que relacione o mercado da gasolina A com o setor sucroenergético brasileiro, pois geralmente usa-se o preço da gasolina C. Sendo assim, achou-se necessário trazer essa nova abordagem que adicionará à literatura conhecimentos sobre as ligações de preços do etanol e do açúcar ao produtor com os preços praticados também por produtores e importadores da gasolina no país ao longo dos anos.

Como já mencionado, o governo havia parado de incentivar o setor sucroalcooleiro desde os anos 90, ficando este, então, sob responsabilidade de incentivos privados. Entre 2006 e 2010, Costa e Burnquist (2016) demonstraram que o governo adotou políticas intervencionistas que mantiveram os preços da gasolina acima do esperado, e como consequência o produtor do biocombustível pôde manter seus preços 7% mais altos. Porém, a partir de 2011 essa política foi revertida, pois o governo interviu nos preços do petróleo nacional, mantendo-os abaixo das cotações internacionais até o ano de 2015, com o intuito de controlar a inflação no país. No entanto, ao adotar essa política, os produtores de etanol foram obrigados a também abaixar seus preços para poderem competir com a gasolina. Além disso, na época a

cotação do açúcar também passou a cair bruscamente no mercado devido ao superávit na oferta mundial de açúcar entre os anos de 2011 e 2015. Sendo assim, nesse período de tempo o setor sucroenergético brasileiro entrou em crise, e para Nastari (2014) os principais motivos foram: crise financeira de 2008, as condições climáticas adversas entre 2009 e 2012, a lenta adaptação à mecanização do plantio e colheita por parte dos agricultores no estado de São Paulo, custos de produção crescentes, forte regulação brasileira e a já citada política de subsídio de preço da gasolina praticada entre os anos de 2011 e 2014. Este último, de acordo com o autor, estimulou a demanda pela gasolina, reduzindo a competitividade do biocombustível frente ao combustível fóssil. Sendo assim, o setor passou a acumular endividamentos que passaram de 3,5 bilhões na safra 2002/2003 para 37,5 bilhões em 2010/2011, chegando a para 66,3 bilhões em 2013/2014<sup>5</sup>. Observou-se também que entre a safra de 2005/2006 até a de 2014/2015, 60 usinas interromperam suas atividades e fecharam. Outro dado que reflete a perda de competitividade do etanol no Brasil é a quantidade importada do biocombustível, que passou de 500 m<sup>3</sup> em 2008 para 1.826.000 m<sup>3</sup> em 2017<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/acucar-e-alcool/anos-anteriores/avaliacao-e-perspectivas-do-setor-sucroenergetico-no-brasil>

<sup>6</sup> [http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-etanol-comercio-exterior-brasileiro/IMPORTAESBRASILEIRASANUAISDEETANOLAtualizadaem18\\_06\\_2018.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-etanol-comercio-exterior-brasileiro/IMPORTAESBRASILEIRASANUAISDEETANOLAtualizadaem18_06_2018.pdf)

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1. DESCRIÇÃO DOS DADOS

O estudo contará com a utilização de séries mensais de preços das variáveis descritas na tabela 3.1. O período da análise corresponde a maio de 2003 a fevereiro de 2018. Para um melhor ajuste, todas as variáveis passaram pelo processo de loglinearização. O estudo também contou com a inclusão de dummies como variáveis exógenas para demarcar os seguintes acontecimentos:

- 1- Crise de 2008;
- 2- Política intervencionista nos preços da gasolina adotadas pelo governo brasileiro entre 2011 e 2015 – quando a variação dos preços internacionais era repassada de forma defasada aos preços dos combustíveis no país;

As dummies foram denominadas “D1” e “D2”, respectivamente.

**Tabela 3.1**

Variável	Descrição	Unidade	Fonte
Gasolina A	Preços médios semanais praticados por produtores e importadores de gasolina (transformados em preços mensais através de média simples)	R\$/LITRO	ANP <sup>7</sup>
Açúcar	Indicador mensal de preço do açúcar cristal CEPEA/ESALQ São Paulo	Saca de 50 KG	CEPEA <sup>8</sup>
Etanol Hidratado	Indicador Mensal de Preço CEPEA/ESALQ São Paulo	R\$/LITRO	CEPEA <sup>8</sup>

<sup>7</sup> <http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa/234-precos/levantamento-de-precos/868-serie-historica-do-levantamento-de-precos-e-de-margens-de-comercializacao-de-combustiveis>

<sup>8</sup> <https://www.cepea.esalq.usp.br/consultas-ao-banco-de-dados-do-site.aspx>

### 3.2. Modelo Empírico

O modelo utilizado neste trabalho será estimado através de um a VAR (Modelo de Vetores Autorregressivos). Esta metodologia surgiu na década de 80 como resposta às críticas ao grande número de restrições impostas às estimações pelos modelos estruturais. A ideia era desenvolver modelos dinâmicos com o mínimo de restrições, nos quais todas as variáveis econômicas fossem tratadas como endógenas. Sendo assim, os modelos VAR examinam relações lineares entre cada variável e os valores defasados dela própria e de todas as demais variáveis, impondo como restrições à estrutura da economia somente: a escolha do conjunto relevante de variáveis e do número máximo de defasagens envolvidas nas relações entre elas. Nos modelos VAR, o número de defasagens é normalmente escolhido com base em critérios estatísticos, como os de Akaike ou Schwarz. Os modelos VAR, evidentemente, têm as suas limitações, que foram objeto de um grande volume de pesquisa nas décadas seguintes. Duas limitações são lembradas com frequência. A primeira refere-se ao elevado número de parâmetros dos modelos VAR, com reflexo no tamanho de amostra requerido para que se obtenha uma estimação confiável. A segunda diz respeito ao fato de que cada modelo VAR é simplesmente uma “forma reduzida”, ou seja, as mesmas relações entre as variáveis e suas defasagens são simultaneamente compatíveis com vários diferentes modelos que descrevem também as relações contemporâneas entre as variáveis (chamados de “formas estruturais”).

Em consonância com a literatura que analisa o comportamento dos mercados em estudo, adota-se a seguinte estratégia de identificação:

$$\begin{bmatrix} Gasolina_t \\ Açúcar_t \\ Etanol_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Gasolina_t^{choque} \\ Açúcar_t^{choque} \\ Etanol_t^{choque} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Onde  $Gasolina_t$  representa o preço da gasolina A,  $Açúcar_t$  representa o preço do açúcar ao produtor e  $Etanol_t$  se refere ao preço do etanol hidratado ao produtor, assim como descrito na tabela 3.1. A partir da equação (3.1), propõe-se que a ordem de entrada das variáveis no modelo esteja sujeita ao modelo econômico. A ordem escolhida foi determinada a partir das contribuições de Balcombe e Rapsomanikis (2008) e Chen e Saghaian (2015), que mostraram que a hierarquia da transmissão de preços aconteceria do petróleo para o açúcar, passando em seguida para o

etanol. No caso deste estudo, a variável petróleo será substituída pelo preço de seu derivado, a gasolina A.

Inicialmente, foi necessário examinar a endogeneidade das variáveis contidas no vetor  $y_t$ , tendo em vista que o VAR tradicional deve ser composto por variáveis endógenas (ENDERS, 2004). Com esse objetivo, estimou-se um modelo  $VAR(p)$ , para  $K$  variáveis, como exposto a seguir (PFAFF, 2008):

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + c D_t + u_t \quad (3.2)$$

Onde  $A_i$  é uma matriz ( $K \times K$ ) de coeficientes das variáveis explicativas para  $i = 1, \dots, p$  defasagens;  $D_t$  é um vetor ( $M \times 1$ ) de variáveis determinísticas, como constante, tendência e variáveis *dummies*;  $c$  é a matriz ( $K \times M$ ) de coeficientes dos regressores determinísticos; e  $u_t$  um vetor ( $K \times 1$ ) de resíduos ruído branco com covariância  $E(u_t u_t') = \Sigma_u$ .

A ordem de defasagem ( $p$ ) do modelo VAR foi determinada utilizando-se os critérios de informação de Akaike (*AIC*), Hannan-Quinn (*HQ*), Schwarz (*SC*) e o Erro de Previsão Final de Akaike (*FPE*).<sup>9</sup>

A definição de quais variáveis são endógenas ao modelo realizou-se através do Teste de Causalidade de Granger. De acordo com Enders (2004), uma variável  $y_2$ , por exemplo, não “Granger-causa” outra variável  $y_1$  quando todos os coeficientes das defasagens de  $y_2$  são iguais a zero (hipótese  $H_0$ ). No caso contrário, rejeita-se a hipótese nula ( $H_0$ ), concluindo-se que as defasagens de  $y_2$  melhoram a performance de previsão de  $y_1$ . Se cada uma das variáveis do modelo Granger causa as demais, ao tempo em que é causada por estas, assume-se que são endógenas ao modelo. A estratégia empírica utiliza a distribuição  $F$  de *Snedecor* para testar a hipótese nula de que todos os coeficientes das variáveis defasadas explicativas são conjuntamente iguais a zero.

As variáveis em um modelo  $VAR(p)$  podem ser estacionárias [ $I(0)$ ], não estacionárias de ordem 1 [ $I(1)$ ], ou não estacionária de ordem 2 [ $I(2)$ ]. No caso em que mais de uma variável do modelo seja integrada de mesma ordem,  $I(1)$  por exemplo, é necessário a realização de um teste de cointegração. Se o teste estatístico confirmar a ocorrência de vetor de cointegração, é necessário considerar essas relações de

---

<sup>9</sup> Para a descrição de cada um desses critérios de seleção de defasagem do modelo  $VAR(p)$  ver Pfaff (2015).

longo prazo (vetores de cointegração) no modelo. Juselius (2006) refere-se ao modelo VAR(p) com variáveis cointegradas como VAR irrestrito ou Modelo de Correção de Equilíbrio Vetorial (VECM). Segundo Greene (2003), não considerar o vetor de cointegração em um modelo de correção de erros seria obscurecer a relação de longo prazo entre as variáveis do modelo. Assim, para saber se o modelo empírico considerado nesse trabalho é um VAR(p) restrito ou irrestrito, faz-se necessária a realização de testes de estacionariedade nas variáveis que compõem o vetor  $\mathbf{y}_t$ . O teste utilizado foi o Dickey-Fuller Aumentado (ADF), como descrito a seguir (ENDERS, 2004).

$$\Delta \mathbf{y}_t = \mathbf{a}_0 + \mathbf{a}_2 t + \gamma \mathbf{y}_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta \mathbf{y}_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

A hipótese de não estacionariedade ( $\gamma = \mathbf{0}$ ) foi testada com a utilização da estatística  $\tau$  (tau), calculada por Dickey e Fuller (1981) a partir de experimento de Monte Carlo. As hipóteses conjuntas de não estacionariedade em um modelo sem intercepto ( $\gamma = \mathbf{a}_2 = \mathbf{0}$ ) e de não estacionariedade em um modelo sem intercepto e sem tendência ( $\mathbf{a}_0 = \gamma = \mathbf{a}_2 = \mathbf{0}$ ) foram testadas com estatísticas do tipo F. Uma série temporal, no entanto, pode ser estacionária em torno de uma tendência determinística, o que, não raro, pode levar à rejeição da hipótese de estacionariedade. Assim, o teste KPSS<sup>10</sup> foi utilizado para testar a hipótese nula de que a série temporal é estacionária em torno de uma tendência determinística, contra a hipótese alternativa de raiz unitária (KWIATKOWSKI, 1992).

O diagnóstico do modelo VAR foi realizado através de um exame nos resíduos, no que se refere à autocorrelação serial conjunta, que foi examinada através do teste Portmanteau (Ljung-Box) definido como:

$$Q_h = T \sum_{j=1}^h \text{tr}(\hat{C}_j' \hat{C}_0^{-1} \hat{C}_j \hat{C}_0^{-1}), \quad (3.4)$$

Sendo T o número de observações,  $\hat{C}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=i+1}^T \hat{u}_t \hat{u}_{t-i}'$  e  $Q_h$  tem distribuição aproximadamente de  $\chi^2(K^2 h - n^*)$ , onde  $n^*$  é o número de coeficientes do sistema, excluindo-se os termos determinísticos e  $h$  a memória de média móvel dos erros da regressão usada para o teste.

<sup>10</sup> KPSS refere-se a Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KWIATKOWSKI, 1992).

Após a estimação do VAR, a interpretação dos resultados obtidos foi realizada através da análise da Decomposição da Variância dos Erros de Previsão e Função de Impulso Resposta.

De acordo com Zivot & Wang (2005), a primeira metodologia tem por objetivo responder à pergunta: “Em que proporção um choque estrutural em determinada variável afeta a variância do erro de previsão das demais variáveis, assim como a dela própria?”. Por outro lado, a Função de Impulso Resposta tem como objetivo ilustrar, graficamente, como um choque em qualquer das variáveis é refletido no modelo, afetando as demais variáveis endógenas, e, eventualmente, retroagindo sobre si mesma (Pindyck & Rubinfeld, 2004).

## 4. Discussão dos Resultados

Como anteriormente exposto, modelo VAR tradicional é composto por variáveis endógenas, o que pode ser examinado pelo teste de causalidade de Granger. O referido teste, no entanto, requer a definição de uma memória de defasagens ( $p$ ) para o sistema. A memória  $p$  do modelo VAR foi definida através dos resultados dos critérios de Akaike ( $AIC$ ), Hannam-Quinn ( $HQ$ ), Schwarz ( $SC$ ) e do Erro de Predição Final ( $FPE$ ). A Tabela 4.1 mostra que o menor valor para cada critério utilizado indica a escolha apropriada da ordem de defasagem do modelo. Dois critérios ( $AIC$  e  $FPE$ ) indicaram quatro defasagens, enquanto  $HQ$  e  $SC$  indicaram 2 e 1, respectivamente. A decisão, portanto, foi por um sistema com uma estrutura de 4 defasagens.

**Tabela 4.1 - Resultados dos Testes de Defasagem do Modelo**

<b>Critério</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>AIC</b>	-17.68	-17.83	-17.83	-17.84
<b>HQ</b>	-17.59	-17.68	-17.61	-17.59
<b>SC</b>	-17.46	-17.44	-17.28	-17.16
<b>FPE</b>	2.10e-08	1.80e-08	1.80e-08	1.71e-08

*Fonte: Elaboração própria com base nos resultados encontrados.*

A Tabela 4.2 mostra o P-valor para cada teste F de causalidade de Granger, onde a hipótese nula ( $H_0$ ) é de não causalidade, enquanto que a hipótese alternativa ( $H_1$ ) é de causalidade de cada variável com relação às demais. Os resultados mostram que, ao nível de confiança de 99%, as variáveis gasolina e açúcar são consideradas endógenas. Ademais, ao nível de confiança maior que 92%, todas as variáveis podem ser consideradas endógenas ao modelo.

**Tabela 4.2 - Teste de Causalidade de Granger**

<b>Variável</b>	<b>P-valor</b>
<b>Gasolina</b>	4.202e-05
<b>Açúcar</b>	0.006758
<b>Etanol</b>	0.07625

*Fonte: Elaboração própria com base nos resultados encontrados.*

Com o objetivo de testar a presença de raízes unitárias nas variáveis em log do modelo, foram realizados os testes *Dickey-Fuller* Aumentado (ADF) e KPSS, mostrados, respectivamente, nas tabelas 4.3 e 4.4. O ADF indicou que, a um nível de confiança de 95%, apenas a variável Gasolina apresenta existência de raiz unitária. Já o KPSS mostrou que, a um nível de confiança de 99%, as três variáveis são estacionárias, sendo a gasolina estacionária em torno de uma tendência determinística.

**Tabela 4.3 - Teste *Dickey-Fuller* Aumentado (ADF)**

Variável	Termos Determinísticos	Defasagem	Valor do Teste	Valores Críticos			Resultado
				1%	5%	10%	
<b>Gasolina</b>	$a_0, t$	12	-1.28	-3.99	-3.43	-3.13	I (1)
<b>Açúcar</b>	$a_0, t$	12	-3.54	-3.99	-3.43	-3.13	I (0)
<b>Etanol</b>	$a_0, t$	12	-5.23	-3.99	-3.43	-3.13	I (0)

*Fonte: Elaboração própria com base nos resultados encontrados*

**Tabela 4.4 - Teste KPSS**

Variável	Tipo de Teste	Valor do Teste	Valores Críticos				Resultado
			1%	2.5%	5%	10%	
<b>Gasolina</b>	$t$	0,2088	0.216	0.176	0.146	0,119	I(0)
<b>Açúcar</b>	$t$	0,1415	0.216	0.176	0.146	0,119	I(0)
<b>Etanol</b>	$t$	0,0552	0.216	0.176	0.146	0,119	I(0)

*Fonte: Elaboração própria com base nos resultados encontrados.*

A tabela 4.5 traz o resultado da decomposição da variância do preço da gasolina A após um choque, mostrando um comportamento fortemente autorregressivo, indicando que a variação do preço do combustível fóssil está intimamente ligada ao seu próprio mercado durante todo o período analisado. Como já foi discutido anteriormente, o controle do preço da gasolina por ora já foi utilizado como instrumento de redução da inflação no Brasil, o que leva a entender que, mesmo tendo o etanol hidratado como concorrente, a variação no preço do combustível

fóssil está ligada a fatores relacionados ao seu próprio mercado, estando, então, alheio ao mercado sucroenergético.

**Tabela 4.5 - Decomposição da Variância do Preço da Gasolina A**

	<b>Mês</b>	<b>Gasolina A</b>	<b>Açúcar</b>	<b>Etanol</b>
	[01]	100%	0.00%	0.00%
	[04]	98.20%	0.99%	0.80%
	[08]	98.04%	1.30%	0.66%
<b>Gasolina</b>	[12]	97.34%	2.09%	0.57%
	[16]	96.46%	2.94%	0.60%
	[20]	95.58%	3.73%	0.69%
	[24]	94.75%	4.45%	0.79%

A decomposição da variância do preço do etanol ao produtor (Tabela 4.6) mostrou que tanto a variação de preço do açúcar ao produtor quanto variação da gasolina A influenciam o mercado do biocombustível. No entanto, até o 4º mês, a variação de preço do açúcar é mais relevante que a variação de preço da gasolina. Baseado nisso, supõe-se que o produtor determinará o preço do biocombustível baseado no preço do açúcar, visando sempre a maximização de seu lucro, tendo em vista que ambos os produtos são concorrentes diretos na produção, derivando da mesma matéria-prima, utilizando diversos maquinários em comum na fase produtiva, assim como apresentando os mesmos de custos fixos tais quais energia elétrica e mão-de-obra na fábrica. Por outro lado, a partir do 8º mês percebe-se que a variância do preço da gasolina A passa a ser mais relevante que a do preço do açúcar para explicar a variação de preço do biocombustível ao produtor. Ou seja, o preço da gasolina A influencia mais fortemente o preço do etanol. Em números, a partir do 16º mês, a variância do preço da gasolina responde por quase 50% da variância no preço do etanol, chegando a 60,89% no 24º mês. Sendo assim, o preço do concorrente do biocombustível no consumo é que impacta com maior relevância seu preço ao analisar um período de 2 anos. Desta forma, as tabelas 4.5 e 4.6 retratam uma relação assimétrica entre etanol hidratado e gasolina A, uma vez que a gasolina influencia a variância de preço do etanol, mas o oposto não acontece.

**Tabela 4.6 - Decomposição da Variância do Preço do Etanol**

	<b>Mês</b>	<b>Gasolina A</b>	<b>Açúcar</b>	<b>Etanol</b>
	[01]	3.09%	12,94%	83.97%
	[04]	13.91%	25.83%	60.26%
	[08]	32.01%	26.28%	41.71%
<b>Etanol</b>	[12]	41.78%	22.34%	35.88%
	[16]	49.22%	19.44%	31.33%
	[20]	55.62%	17.00%	27.38%
	[24]	60.89%	15.03%	24.08%

Analisando o resultado da decomposição da variância do preço do açúcar (Tabela 4.7), nota-se pouca influência da variância de preço do etanol e pequena influência do preço da gasolina A. O resultado está de acordo com a literatura, que afirma que a hierarquia de transmissão de preços ocorre do preço do petróleo (combustível fóssil) para o açúcar, passando em seguida para o etanol (Balcombe e Rapsomanikis (2008); Chen e Saghaian (2015)). Mesmo assim, o preço do açúcar apresenta uma estrutura bastante autorregressiva durante todo o período analisado. Isso pode ser explicado devido à forte ligação do açúcar com o mercado internacional. Para ilustrar essa afirmação, na safra de 2016/2017, 70% do açúcar brasileiro foi exportado, enquanto que apenas 30% foi consumido internamente<sup>11</sup>.

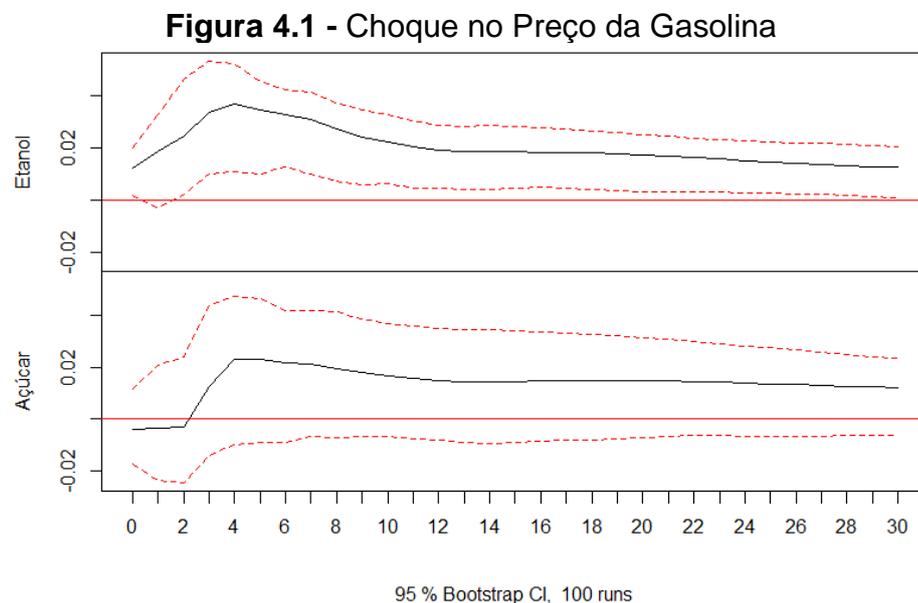
**Tabela 4.7 - Decomposição da Variância do Preço do Açúcar**

	<b>Mês</b>	<b>Gasolina A</b>	<b>Açúcar</b>	<b>Etanol</b>
	[01]	0.17%	99.83%	0.000%
	[04]	0.80%	98.99%	0.21%
	[08]	6.22%	91.32%	2.46%
<b>Açúcar</b>	[12]	9.45%	84.21%	6.34%
	[16]	12.57%	80.03%	7.41%
	[20]	16.20%	76.40%	7.39%
	[24]	20.18%	72.65%	7.17%

A Figura 4.1 mostra o impacto de um choque no preço da gasolina na dinâmica do mercado sucroalcooleiro. Um choque positivo no preço da gasolina causa um aumento imediato no preço do etanol, corroborando com os resultados encontrados por Melo e Sampaio (2015) e Cavalcanti (2012). O resultado pode ser explicado

<sup>11</sup> [https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_acucar\\_etanol.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_acucar_etanol.pdf)

devido à reação dos consumidores, que passam a demandar mais etanol, fazendo com que a lei da oferta e da procura eleve o preço do biocombustível. No entanto, quando o preço do etanol aumenta, os consumidores voltam a procurar o combustível fóssil novamente. Sendo assim, o preço do biocombustível adota uma tendência de queda na busca de tornar-se competitivo frente à gasolina, resultado que corrobora com o que foi encontrado por Chen e Saghayan (2015), no que diz respeito à maior velocidade de ajuste ao equilíbrio percebida na variável. Por outro lado, após um choque positivo no preço da gasolina, o preço do açúcar só começa a reagir após 2 meses. Esse resultado indica que o aumento no preço do combustível fóssil faz com que mais pessoas procurem etanol, e, conseqüentemente os produtores passam a substituir a produção de açúcar pelo biocombustível. No entanto, num segundo momento, a escassez do açúcar no mercado faz com que o preço da commodity suba entre os meses 2 e 4. Após o choque no preço da gasolina, percebe-se que tanto o preço do etanol quanto o do açúcar apresentam queda após o 4º mês, seguindo tendência de preços pré-choques.



**Tabela 4.6 - Diagnóstico do Modelo (Teste Ljung-Box Portmanteau)**

<b>Diagnóstico</b>	<b>Valor do teste (<math>\chi^2</math>)</b>	<b>P-valor</b>	<b>Resultado:</b> <i>Resíduos não-autocorrelacionados</i>
Autocorrelação de resíduo (p=7)	31.707 (gl =27)	0.2431	
Autocorrelação de resíduo (p=12)	72.057 (gl =72)	0.476	
Autocorrelação de resíduo (p=17)	112.89 (gl = 117)	0.5903	
Autocorrelação de resíduo (p=22)	154.76 (gl =162)	0.6448	
Autocorrelação de resíduo (p=27)	173.25 (gl =207)	0.9578	

*Fonte: Elaboração própria com base nos resultados encontrados.*

O resultado do teste de autocorrelação indica que o modelo VAR estimado mostra um grau de ajuste adequado para efeito de inferência, aos níveis de significância usuais.

## 5. Conclusão

O estudo indicou que tanto o preço do etanol quanto o preço do açúcar sofrem influências do preço da gasolina, no entanto, essa influência tem uma maior intensidade no preço do biocombustível. Isso indica que o mercado do etanol é o que mais sofre impactos gerados pelas políticas intervencionistas praticadas sobre o preço da gasolina, uma vez que os produtores se veem forçados a manter seus preços em patamares abaixo dos que seriam praticados na livre concorrência de mercado. Essa distorção contribui com a imprevisibilidade e a incerteza nos negócios, uma vez que aumenta os riscos de novos investimentos no setor sucroalcooleiro, gerando o afastamento de inovações tecnológicas.

Mesmo após a desregulamentação do setor a partir dos anos 90, a quantidade e o preço do biocombustível passaram a ser definidos não só através de estímulos do mercado – oscilações nos preços dos combustíveis fósseis e do açúcar – mas também por mudanças de políticas do governo, políticas essas que ora favoreceram e ora desfavoreceram o setor. Neste contexto, conclui-se que a política de controle dos preços da gasolina no período de 2011 a 2014 reduziu consideravelmente a competitividade do setor sucroenergético, pois levando em consideração que a maioria das usinas brasileiras é capaz de produzir açúcar e álcool, e que o produtor de açúcar possui ainda o mercado internacional como seu principal comprador, uma alternativa teria sido produzir mais açúcar para suprir o mercado interno e internacional, porém os preços do açúcar estavam baixos naquele período, assim como estavam forçadamente os do etanol, ficando o produtor ainda mais exposto aos riscos do setor, que por natureza já é arriscado por estar inserido no mercado volátil das *commodities*. Mesmo que mais tarde, em 2015, o governo tenha interpretado que deveria auxiliar a indústria aumentando o teor de etanol anidro na gasolina de 25% para 27%, o setor já havia acumulando muito endividamento e perdido competitividade. Por isso, chega-se à conclusão de que, quando realmente necessárias, medidas de intervenções governamentais devem ser tomadas considerando seus impactos e consequências nos mercados correlacionados, para que não haja prejuízo por parte de alguns setores em detrimento de outro que recebeu determinada política, principalmente quando se trata de setores que

apresentam grande importância para a matriz agrícola, sendo geradora de milhares de empregos diretos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcarde, A. R. Do Proálcool ao flex fuel, etanol migrou do Estado para o mercado. *Visão Agrícola*, nº 8, jan./jun. 2008

Balcombe, K. and Rapsomanikis, G., 2008. Bayesian estimation and selection of nonlinear vector error correction models: the case of the sugar-ethanol-oil nexus in Brazil. *American Journal of Agricultural Economics*, 90(3), pp.658-668

Barros, R. 2007. "Energy for a new world." Rio de Janeiro: CREA-RJ: 160

Becker, R., Enders, W., & Hurn, S. (2004). A general test for time dependence in parameters. *Journal of Applied Econometrics*, 19(7), 899-906

Cavalcanti, M., Szklo, A., & Machado, G. (2012). Do ethanol prices in Brazil follow Brent price and international gasoline price parity?. *Renewable Energy*, 43, 423-433

Chen, B., & Saghaian, S. (2015). The relationship among ethanol, sugar and oil prices in Brazil: Cointegration analysis with structural breaks. In *2015 Annual Meeting, January 31-February 3, 2015, Atlanta, Georgia* (No. 196788). Southern Agricultural Economics Association

Costa, C. C. D., & Burnquist, H. L. (2016). Impactos do controle do preço da gasolina sobre o etanol biocombustível no Brasil. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 46(4), 1003-1028

Demczuk, A., & Padula, A. D. (2017). Using system dynamics modeling to evaluate the feasibility of ethanol supply chain in Brazil: the role of sugarcane yield, gasoline prices and sales tax rates. *Biomass and bioenergy*, 97, 186-211

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1057-1072.

Diehl, D. (2012). *Formação do preço de etanol hidratado no Estado de São Paulo e sua relação com os mercados de açúcar e de gasolina* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo)

El Montasser, G., Gupta, R., Martins, A. L., & Wanke, P. (2015). Are there multiple bubbles in the ethanol–gasoline price ratio of Brazil?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 19-23

Greene, W. H. (2003). *Econometric Analysis* (Prentice Hall, New Jersey)

IPEA (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA). Biocombustíveis no Brasil: etanol e biodiesel. Comunicado IPEA n. 53, maio/2010. Disponível em <[www.ipea.gov.br/publicações](http://www.ipea.gov.br/publicações)> Acesso em 18/01/20

Juselius, K. (2006). *The cointegrated VAR model: methodology and applications*. Oxford university press

Kohlhepp, G., 2010. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. *Estudos avançados*, 24(68), pp.223-253

Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. *Journal of econometrics*, 54(1-3), 159-178

Melo, A. D. S., & Sampaio, Y. D. S. B. (2016). Uma nota sobre o impacto do preço do açúcar, do etanol e da gasolina na produção do setor sucroalcooleiro. *Revista Brasileira de Economia*, 70(1), 61-69

Guimarães, L. S. P. (2008), Dinâmica espacial da cana-de-açúcar no Brasil contemporâneo. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/PZEE/\\_arquivos/28\\_10122008091059.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/PZEE/_arquivos/28_10122008091059.pdf)

Pfaff, B. (2008). *Analysis of integrated and cointegrated time series with R*. Springer Science & Business Media

Pfaff, B. *Package 'vars'*. 2015. Disponível em: [www.pfaffikus.de](http://www.pfaffikus.de)

Pires, A., & Schechtman, R. Dez anos da Lei do Petróleo. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/329977/noticia.htm?sequence=1> Acesso em 14/12/19

Santos, G. R. Energias renováveis no Brasil: desafios de pesquisa e caracterização do financiamento público. Rio de Janeiro: Ipea, 2015. (Texto para Discussão, n. 2047)

Sindipeças, 2019. Relatório da Frota Circulante – Edição 2019. Disponível em [https://www.sindipeças.org.br/sindinews/Economia/2019/RelatorioFrotaCirculante\\_Maio\\_2019.pdf](https://www.sindipeças.org.br/sindinews/Economia/2019/RelatorioFrotaCirculante_Maio_2019.pdf) Acesso em 15/06/19

Vieira, M. C. A., Lima, J. F., & Braga, N. M. (2007). Setor sucroalcooleiro brasileiro: evolução e perspectivas: 207-2450

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mistura Carburante (Etanol Anidro e Gasolina) Cronologia [2015]. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos/cronologia-da-mistura-carburante-etanol-anidro-gasolina-no-brasil.pdf> Acesso em 02/02/20.

Petrobrás. Composição de preços ao consumidor [2020]. Disponível em <http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/composicao-de-precos-de-venda-ao-consumidor/gasolina/> Acesso em 02/02/20.

Petrobrás. Boletim Anual de Preços [2015]. Disponível em <http://www.anp.gov.br/images/Boletim-Anual/Boletim-2015.pdf> Acesso em 02/02/20.

Agência Senado. Cide [2020]. Disponível em  
<<https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/cide>> Acesso em  
02/02/20.

Campos, Silvia Kanadani. "Fundamentos econômicos da formação do preço internacional de açúcar e dos preços domésticos de açúcar e etanol." Área de Informação da Sede-Tese/dissertação (ALICE) (2010).

## Dados

<b>Data</b>	<b>Gasoline (R\$/l)</b>	<b>Ethanol (R\$/l)</b>	<b>Sugar (Saco 50kg)</b>
mai/03	1.22	0.75	28.16
jun/03	1.22	0.58	25.09
jul/03	1.22	0.48	23.93
ago/03	1.22	0.60	29.41
set/03	1.23	0.58	24.31
out/03	1.23	0.51	21.14
nov/03	1.23	0.53	20.38
dez/03	1.23	0.61	21.42
jan/04	1.23	0.56	19.66
fev/04	1.23	0.37	18.18
mar/04	1.23	0.34	21.62
abr/04	1.23	0.42	28.00
mai/04	1.23	0.47	22.42
jun/04	1.27	0.54	26.57
jul/04	1.32	0.58	27.85
ago/04	1.32	0.65	30.00
set/04	1.32	0.65	28.73
out/04	1.33	0.77	27.62
nov/04	1.35	0.84	29.90
dez/04	1.40	0.77	31.43
jan/05	1.40	0.76	29.40
fev/05	1.40	0.77	28.78
mar/05	1.40	0.77	33.24
abr/05	1.40	0.73	33.63
mai/05	1.40	0.59	26.24
jun/05	1.40	0.59	26.13
jul/05	1.40	0.67	29.19
ago/05	1.40	0.66	30.51
set/05	1.50	0.74	31.80
out/05	1.54	0.82	33.69
nov/05	1.54	0.82	34.28
dez/05	1.54	0.95	39.15
jan/06	1.54	1.02	47.80
fev/06	1.54	1.06	51.55
mar/06	1.54	1.21	51.72
abr/06	1.54	1.06	50.61
mai/06	1.55	0.85	48.56
jun/06	1.54	0.85	49.72
jul/06	1.54	0.90	50.25
ago/06	1.54	0.82	44.10
set/06	1.54	0.76	37.99
out/06	1.54	0.76	37.32

nov/06	1.54	0.75	36.47
dez/06	1.54	0.78	36.78
jan/07	1.54	0.85	36.79
fev/07	1.54	0.80	34.96
mar/07	1.54	0.86	34.70
abr/07	1.54	0.94	33.87
mai/07	1.54	0.69	28.56
jun/07	1.54	0.59	24.94
jul/07	1.54	0.58	24.38
ago/07	1.54	0.58	25.18
set/07	1.54	0.58	25.11
out/07	1.54	0.59	23.87
nov/07	1.53	0.72	23.23
dez/07	1.54	0.75	23.62
jan/08	1.54	0.70	25.04
fev/08	1.54	0.71	26.20
mar/08	1.54	0.75	27.44
abr/08	1.54	0.72	28.11
mai/08	1.54	0.70	26.71
jun/08	1.54	0.67	26.16
jul/08	1.54	0.72	27.30
ago/08	1.54	0.72	29.01
set/08	1.55	0.75	30.81
out/08	1.54	0.72	31.13
nov/08	1.55	0.73	30.74
dez/08	1.55	0.74	31.73
jan/09	1.54	0.78	36.88
fev/09	1.54	0.78	44.92
mar/09	1.55	0.66	48.39
abr/09	1.54	0.62	46.48
mai/09	1.54	0.58	44.61
jun/09	1.54	0.60	42.18
jul/09	1.55	0.71	41.46
ago/09	1.54	0.73	45.43
set/09	1.54	0.79	55.50
out/09	1.55	0.94	57.28
nov/09	1.55	0.94	56.21
dez/09	1.55	1.00	58.73
jan/10	1.55	1.17	70.83
fev/10	1.49	1.10	72.49
mar/10	1.48	0.83	69.58
abr/10	1.48	0.80	63.66
mai/10	1.55	0.72	43.76
jun/10	1.55	0.72	40.41
jul/10	1.55	0.80	40.82
ago/10	1.54	0.84	46.24

set/10	1.55	0.90	56.91
out/10	1.55	0.98	71.68
nov/10	1.55	1.00	75.24
dez/10	1.55	1.08	75.53
jan/11	1.54	1.11	76.29
fev/11	1.54	1.18	75.25
mar/11	1.55	1.42	70.56
abr/11	1.55	1.39	66.24
mai/11	1.55	1.01	59.73
jun/11	1.55	1.11	54.91
jul/11	1.55	1.14	64.33
ago/11	1.55	1.19	68.49
set/11	1.54	1.20	65.21
out/11	1.51	1.23	62.73
nov/11	1.51	1.28	63.91
dez/11	1.51	1.25	63.57
jan/12	1.51	1.16	62.04
fev/12	1.51	1.12	59.10
mar/12	1.52	1.20	57.34
abr/12	1.52	1.19	56.44
mai/12	1.52	1.14	54.58
jun/12	1.52	1.08	55.12
jul/12	1.52	1.06	56.96
ago/12	1.52	1.04	56.08
set/12	1.52	1.06	49.85
out/12	1.52	1.01	50.57
nov/12	1.52	1.10	50.20
dez/12	1.52	1.13	49.12
jan/13	1.53	1.14	48.80
fev/13	1.60	1.23	47.97
mar/13	1.60	1.23	45.04
abr/13	1.60	1.24	44.21
mai/13	1.60	1.11	44.55
jun/13	1.60	1.14	44.23
jul/13	1.60	1.11	44.48
ago/13	1.61	1.09	43.55
set/13	1.61	1.15	45.34
out/13	1.61	1.16	50.78
nov/13	1.61	1.20	51.94
dez/13	1.66	1.28	51.06
jan/14	1.66	1.28	50.29
fev/14	1.67	1.37	50.38
mar/14	1.66	1.42	51.86
abr/14	1.67	1.34	51.70
mai/14	1.68	1.20	51.49
jun/14	1.67	1.21	49.54

jul/14	1.67	1.23	47.07
ago/14	1.67	1.21	45.54
set/14	1.67	1.20	44.75
out/14	1.67	1.14	47.63
nov/14	1.70	1.22	50.97
dez/14	1.71	1.27	52.12
jan/15	1.71	1.33	51.05
fev/15	1.92	1.38	50.11
mar/15	1.93	1.26	50.97
abr/15	1.93	1.26	51.57
mai/15	1.93	1.23	51.20
jun/15	1.93	1.22	49.03
jul/15	1.93	1.20	47.85
ago/15	1.94	1.18	46.90
set/15	1.94	1.27	51.06
out/15	2.02	1.53	64.98
nov/15	2.02	1.71	76.44
dez/15	2.02	1.70	80.57
jan/16	2.02	1.82	83.75
fev/16	2.03	1.92	81.25
mar/16	2.02	1.91	77.46
abr/16	2.02	1.40	76.00
mai/16	2.02	1.39	75.68
jun/16	2.02	1.50	83.94
jul/16	2.03	1.50	86.65
ago/16	2.03	1.56	85.89
set/16	2.03	1.67	87.83
out/16	2.00	1.86	97.93
nov/16	1.95	1.87	98.06
dez/16	2.03	1.87	92.06
jan/17	2.05	1.82	88.02
fev/17	2.03	1.69	83.22
mar/17	1.95	1.53	77.48
abr/17	1.96	1.47	74.28
mai/17	1.98	1.41	76.96
jun/17	1.89	1.33	72.25
jul/17	1.93	1.30	61.18
ago/17	2.27	1.41	54.42
set/17	2.36	1.44	52.41
out/17	2.33	1.53	54.64
nov/17	2.50	1.65	64.40
dez/17	2.52	1.75	68.64
jan/18	2.54	1.84	60.88
fev/18	2.45	1.85	53.23

## Estatística Descritiva

<b>Gasolina</b>	<b>Etanol</b>	<b>Açúcar</b>
Mínimo: 1.217	Mínimo: 0.3411	Mínimo: 18.18
Primeiro	Primeiro	Primeiro
Quadrante: 1.519	Quadrante: 0.7351	Quadrante: 31.50
Mediana : 1.544	Mediana : 1.0508	Mediana : 48.68
Média: 1.624	Média: 1.0336	Média: 48.62
Terceiro	Terceiro	Terceiro
Quadrante: 1.667	Quadrante: 1.2412	Quadrante: 59.01
Máximo: 2.544	Máximo: 1.9164	Máximo: 98.06

## Comandos R Studio

```

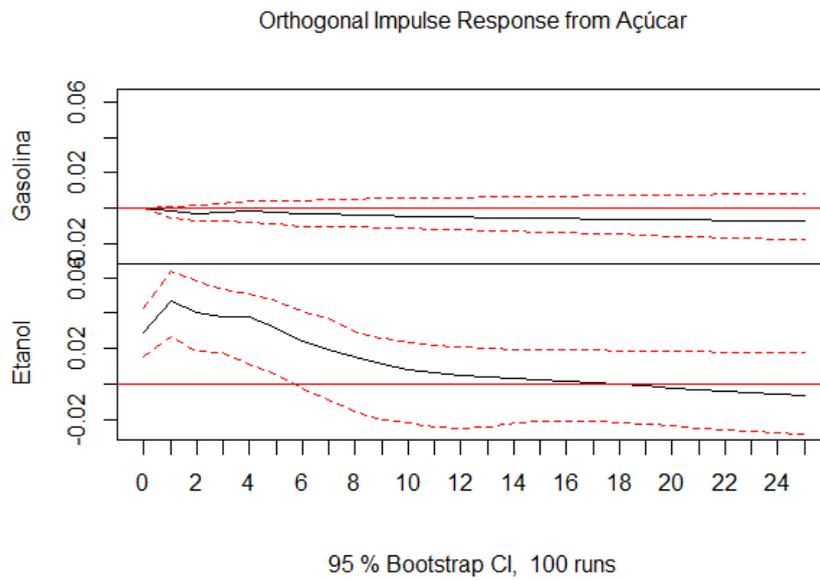
library(readxl)
agroprod <-
read_excel("C:/Users/eduar/OneDrive/agroprodutor.xlsx")
agroprod
summary(agroprod)
attach(agroprod)
Variáveis <- ts(agroprod, frequency=12, start=c(2003,5))
plot.ts(Variáveis)
Gasolina<-log(Gasoline)
Etanol<-log(Ethanol)
Açúcar<-log(Sugar)
agrovariables<-cbind(Gasolina,Açúcar, Etanol)
library(urca)
# Augmented Dickey-Fuller Test
#GASOLINA
trendGASA<- ur.df(Gasolina, type = c("trend"), lags = 12,
selectlags = c("BIC"));summary(trendGASA)
#ETANOL
trendET <- ur.df(Etanol, type = c("trend"), lags =
12,selectlags = c("BIC"));summary(trendET)
#ACUCAR
trendAC <- ur.df(Açúcar, type = c("trend"), lags =
12,selectlags = c("BIC"));summary(trendAC)
# KPSS Test
#GASOLINA
kpssGASA <- ur.kpss(Gasolina, type="tau", lags="long")
summary(kpssGASA)
#ETANOL
kpssET <- ur.kpss(Ethanol, type="tau", lags="long")
summary(kpssET)
#ACUCAR
kpssAC <- ur.kpss(Sugar, type="tau", lags="long")
summary(kpssAC)
#DUMMIES
# D1 É A DUMMY DA CRISE DE 2008
D11<-ifelse(Açúcar[0:62],0)
D12<-ifelse(Açúcar[63:75],1)
D13<-ifelse(Açúcar[76:178],0)
D1<-c(D11,D12,D13);D1
#D2 É A DUMMY DA POLÍTICA INTERVENCIONISTA NOS PREÇOS DA
GASOLINA
D21<-ifelse(Açúcar[0:98],0)
D22<-ifelse(Açúcar[99:136],1)
D23<-ifelse(Açúcar[137:178],0)
D2<-c(D21,D22,D23);D2
# Modelo VAR
VARselect(agrovariables, lag.max = 10, type = "trend")
var1<- VAR(agrovariables,type = "const",exogen =
dummies,lag.max = 10,ic="AIC")

```

```
var1
#Causalidade de Granger
causality(var1, cause = "Gasolina")
causality(var1, cause = "Açúcar")
causality(var1, cause = "Etanol")
#Autocorrelação
ser11 <- serial.test(var1, lags.pt=22, type =
"PT.asymptotic");
ser11$serial
###forecast error variance decomposition###
vardec <- fevd(var1, n.ahead = 30); vardec
irfvar<-irf(var1,impulse="Açúcar",
response=c("Etanol", "Gasolina"),boot=TRUE,n.ahead=25);irfvar
plot(irfvar)
irfvar<-irf(var1,impulse="Gasolina",
response=c("Açúcar", "Etanol"),boot=TRUE,n.ahead=30);irfvar
plot(irfvar)
irfvar<-irf(var1,impulse="Etanol",
response=c("Açúcar", "Gasolina"),boot=TRUE,n.ahead=25);irfvar
plot(irfvar)
```

## Apêndice

### (i) Função de Impulso-resposta (Choque no Preço do Açúcar)



### (ii) Função de Impulso-resposta (Choque no Preço do Etanol)

