

## **Examinando a relação entre o mercado da gasolina A e os preços do etanol hidratado e açúcar ao produtor no Brasil**

### **Examining the relationship between the A gasoline market and the prices of hydrous ethanol and sugar to the producer in Brazil**

Eduarda Gabrielly Ferreira da Silva<sup>1</sup>

André de Souza Melo<sup>2</sup>

#### **RESUMO**

O objetivo deste artigo é 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 determinar os seguintes acontecimentos: a crise de 2008, a política intervencionista de contenção de preços da gasolina no Brasil (entre abril de 2011 e junho de 2014) e o momento em que os veículos flex-fuel passaram a representar a maior parte da frota de automóveis no país (a partir de 2012). 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 article 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 determine the following events: the crisis of 2008, the interventionist policy of restraining gasoline prices in Brazil (between April 2011 and June 2014) and the time when flex-fuel vehicles became the largest part of the car fleet in the country (from 2012). 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

JEL: R

---

<sup>1</sup> Mestranda no Programa de Pós-graduação em Administração e Desenvolvimento Rural – UFRPE. E-mail: eduardaferreiragf@gmail.com

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Economia – UFRPE. E-mail: andresouzam@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

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 com o objetivo de aproveitar oportunidades que o mercado sucroalcooleiro poderia lhes oferecer. Para cumprir com o objetivo do programa, o governo promoveu 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, que deveria ser misturado à gasolina com a finalidade de tornar o combustível fóssil mais barato. No entanto, após o segundo choque de petróleo em 1979, os preços da gasolina haviam triplicado e o foco do programa passou a ser a produção de etanol hidratado para abastecer os carros movidos a etanol, que chegaram a representar 95,8% da frota brasileira em 1985 (BARROS, 2007). Neste período, os preços do açúcar estavam baixos no mercado internacional, o que também explica o sucesso do programa na época, tendo em vista que os produtores priorizaram a produção do etanol. Porém, quando os preços do petróleo passaram a cair a partir de 1986, coincidiu com o momento em que os preços do açúcar também estavam se recuperando no mercado. Neste momento, o governo reduziu substancialmente os investimentos voltados ao programa, levando em consideração que este era bastante dispendioso e os preços da gasolina haviam caído junto com a cotação do preço do petróleo (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).

No início dos anos 90, quando se iniciou o processo de desregulamentação do setor, o governo passou a não mais ser responsável por estipular cotas ou controlar os preços do biocombustível, como vinha fazendo 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. Os consumidores, por sua vez, voltaram a se interessar pelo uso do etanol, porém, a falta de confiança em relação à garantia de abastecimento fez com que as vendas de carros movidos exclusivamente etanol não voltassem a crescer. Foi então que os motores flex-fuel foram introduzidos no país, a partir de 2003, 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 ou gasolina. Nessa mesma época, o etanol se tornou uma *commodity* negociável e 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. Em 2006, o Brasil passou a apresentar autossuficiência na produção de petróleo e, ainda assim, o etanol estava sendo produzido em larga escala (Kohlhepp, 2010). 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.

De acordo com Cotula, Dyer e Vermeulen (2008), medidas como a adoção de quantidades obrigatórias de etanol anidro a serem adicionadas à gasolina vêm sendo capazes de assegurar a criação de um mercado sustentável para os biocombustíveis nas próximas décadas. Atualmente, essa porcentagem é de 27%, quantidade estabelecida pela Lei Nº 8.723.

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 de exploração e extração do petróleo bruto, que antes pertencia exclusivamente à Petrobrás. Desta forma, desde 2002 as importações da gasolina foram liberadas e, teoricamente, seus preços passaram a ser definidos pelo próprio mercado. O termo “teoricamente” foi empregado porque a Petrobrás é uma empresa de capital misto, e, em média, 50%<sup>3</sup> de suas ações pertencem ao governo federal, que, ao longo da história, já impôs o controle de preços dos derivados de petróleo como estratégia política de contenção de inflação graças ao seu poder como acionista majoritário sobre as tomadas de decisões da empresa. Atualmente, o monopólio no refino dos derivados do petróleo no país pertence à Petrobrás, que concorre apenas com o mercado internacional desde 2002. Para Pires e Schechtman (2007), esse monopólio ainda não foi quebrado justamente devido aos preços dos derivados do petróleo que, por vezes, seguem uma orientação política, gerando imprevisibilidade e aumento do risco de negócios, expelindo novos investidores nos setores de refinaria.

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. A política mais recente de controle dos preços dos derivados do petróleo aconteceu entre os anos de 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.

Como já mencionado, o governo havia parado de incentivar o setor sucroalcooleiro desde os anos 90, ficando este, então, sob responsabilidade de incentivos privados. No entanto, tendo em vista que a gasolina e o etanol são considerados substitutos para o consumidor, a política de controle dos preços dos derivados do petróleo adotada entre 2011 e 2014 obrigou os produtores de etanol a manterem seus preços abaixo do ideal para poderem competir com a gasolina. Além disso, a cotação do açúcar 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 (maior produtor nacional de etanol e açúcar), 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>4</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

---

<sup>3</sup> <http://www.investidorpetrobras.com.br/pt/governanca-corporativa/capital-social> [Acessado em 11/06/2018]

<sup>4</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>

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>5</sup>.

Sendo assim, 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 com este artigo o entendimento das relações existentes entre os preços da gasolina e o mercado sucroalcooleiro no Brasil, com o objetivo de entender os impactos que choques nos preços da gasolina podem provocar no setor sucroalcooleiro. Achou-se necessário entender essa relação devido ao fato de que o mercado sucroenergético é um setor estratégico para o Brasil no que diz respeito à geração de renda e empregos, tendo em vista que o país é o maior produtor e exportador mundial de açúcar (responsável por cerca de 20% da produção global e 40% da exportação mundial<sup>6</sup>) e se posiciona em segundo lugar no ranking mundial da produção de etanol, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, além de contribuir também com o desenvolvimento sustentável do país.

---

<sup>5</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)

<sup>6</sup> Fonte: <http://www.unica.com.br/documentos/>

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Vários 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 Saghaian, 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 e o *trade-off* entre a produção de etanol e açúcar, principalmente quando falamos do Brasil, que é um importante *player* na produção sucroalcooleira. 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 tem a ver 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-causa” 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>7</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 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

---

<sup>7</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.

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.

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 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 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 por litro, não muito longe dos R\$ 4,40 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 ampla abordagem sobre como se relacionam o mercado dos combustíveis fósseis com o setor sucroenergético, principalmente no que diz respeito ao etanol. No entanto, achou-se necessário entender a relação entre o mercado da gasolina A (que é composto por produtores e importadores de gasolina no Brasil) com o mercado ofertante de açúcar e etanol brasileiro. A adoção dos preços da gasolina A na análise trará à literatura uma nova abordagem, tendo em vista que os diversos estudos encontrados utilizam os preços da gasolina C ou petróleo.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1. Descrição dos Dados

Para a realização deste estudo, foram utilizadas séries mensais de preços das variáveis descritas na tabela 3.1. O período da análise corresponde a maio de 2003 até fevereiro de 2018. Para um melhor ajuste, todos os dados foram loglinearizados. O estudo contou com a inclusão de três dummies como variáveis exógenas para representar os seguintes acontecimentos: a crise de 2008, a política intervencionista de contenção de preços da gasolina no Brasil (entre abril de 2011 e junho de 2014) e por último o momento em que os veículos flex-fuel passaram a representar a maior parte da frota de automóveis no país (a partir de 2012). As dummies foram denominadas “D1”, “D2” e “D3”, 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>8</sup>
Etanol Hidratado	Indicador Mensal de Preço CEPEA/ESALQ São Paulo	R\$/LITRO	CEPEA <sup>9</sup>
Açúcar	Indicador mensal de preço do açúcar cristal CEPEA/ESALQ São Paulo	Saca de 50 KG	CEPEA <sup>7</sup>

<sup>8</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>9</sup> <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/consultas-ao-banco-de-dados-do-site.aspx>

### 3.2. Modelo Empírico

Em consonância com a literatura que analisa o comportamento desses mercados, adotou-se a seguinte estratégia de identificação:

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

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.

Inicialmente, será necessário examinar a endogeneidade das variáveis contidas no vetor  $y_t$ , já que o modelo VAR tradicional é composto por variáveis endógenas (Becker, Enders e Hurn, 2004). Com esse objetivo, será estimado um modelo  $VAR(p)$ , para  $K$  variáveis, como exposto a seguir (Pfaff, 2008):

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

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 *dummy*;  $c$  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 será determinada através dos critérios de informação de Akaike (AIC), Hannan-Quinn (HQ), Schwarz (SC) e o Erro de Previsão Final de Akaike (FPE)<sup>10</sup> e a definição de quais variáveis são endógenas ao modelo será realizada através do teste de Causalidade de Granger. De acordo com Becker, Enders e Hurn, (2004), uma variável  $y_2$ , por exemplo, não “Granger-cause” 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 para definir se as variáveis utilizadas no modelo do presente trabalho são endógenas será 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)]. 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  $y_t$ . O teste utilizado será o Dickey-Fuller Aumentado (ADF), como descrito a seguir (Becker, Enders e Hurn, 2004).

<sup>10</sup> Para a descrição de cada um desses critérios de seleção de defasagem do modelo VAR( $p$ ) ver Pfaff (2015).



$$\Delta \mathbf{y}_t = a_0 + a_2 t + \gamma \mathbf{y}_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta \mathbf{y}_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

A hipótese de não estacionariedade ( $\gamma = \mathbf{0}$ ) será 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 ( $\gamma = a_2 = \mathbf{0}$ ) e de não estacionariedade em um modelo sem intercepto e sem tendência ( $a_0 = \gamma = a_2 = \mathbf{0}$ ) serão 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>11</sup> será 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 et al., 1992). Existe o debate se as variáveis no VAR precisam ser estacionárias. Sims (1990) recomenda não diferenciar as variáveis, mesmo que algumas tenham raiz unitária. O argumento é que o objetivo do modelo VAR é determinar movimentos entre variáveis, e não estimar parâmetros.

O diagnóstico do modelo VAR será realizado através de um exame nos resíduos. Sendo assim, a autocorrelação serial dos resíduos será examinada por um teste Portmanteau (Ljung-Box).

---

<sup>11</sup> KPSS refere-se a Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (Kwiatkowski et al., 1992).

#### 4. RESULTADOS

Os resultados dos testes Dickey-Fuller Aumentado (ADF) e KPSS podem ser observados nas tabelas 4.1 e 4.2. O ADF indicou que, a um nível de confiança de 99%, as variáveis “Gasolina” e “Açúcar” indicaram a existência de raízes unitárias, enquanto que a variável “Etanol” indicou estacionariedade. Já o KPSS mostrou que, a um nível de confiança de 99%, as variáveis Açúcar e Etanol são estacionárias em torno de uma tendência determinística, enquanto que a gasolina indicou não-estacionariedade.

**Tabela 4.1 - Teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF)**

Variável	Termos Determinísticos	Defasagens	Valor do Teste	Valores Críticos			Resultado
				1%	5%	10%	
Gasolina	$a_0, t$	12	-0,9026	-3,99	-3,43	-3,13	I (1)
Açúcar	$a_0, t$	12	-2.8439	-3,99	-3,43	-3,13	I (1)
Etanol	$a_0, t$	12	-4.4858	-3,99	-3,43	-3,13	I (0)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados encontrados.

**Tabela 4.2 - Teste KPSS**

Variável	Tipo de Teste	Defasagens	Valor do Teste	Valores Críticos				Resultado
				1%	2.5%	5%	10%	
Gasolina	$\tau$	12	0,2397	0,216	0,176	0,146	0,119	I(1)
Açúcar	$\tau$	12	0,0552	0,216	0,176	0,146	0,119	I(0)
Etanol	$\tau$	12	0,1415	0,216	0,176	0,146	0,119	I(0)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados encontrados.

O próximo passo será examinar se todas as variáveis consideradas são endógenas, visto que essa deve ser a composição de um modelo VAR tradicional. Essa condição pode ser checada através do teste de causalidade de Granger. O referido teste, no entanto, requer a definição de uma memória de defasagens (p) para o sistema. Essa memória pode ser definida através dos resultados dos critérios de Akaike (AIC), Hannam-Quinn (HQ), Schwarz (SC) e do Erro de Predição Final (FPE). O menor índice de cada critério indicará a escolha apropriada da ordem de defasagem do modelo. A Tabela 4.3 mostra que os critérios Akaike e Erro de Predição Final indicaram 4 defasagens, enquanto que o Hannam-Quinn indicou 2 e Schwarz indicou. A decisão, portanto, foi por um sistema com uma estrutura de  $p=4$ .

**Tabela 4.3 - Resultados dos Testes de Defasagem do Modelo**

Critério	1	2	3	4
AIC	-17.6804	-17.8352	-17.8404	<b>-17.8842</b>
HQ	-17.5898	<b>-17.6767</b>	-17.6140	-17.5899
SC	<b>-17.4572</b>	-17.4447	-17.2825	-17.1590
FPE	0.000000021	0.000000018	0.000000018	0.000000017

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados encontrados.

A Tabela 4.4 mostra o P-valor para cada teste F de causalidade de Granger, onde a hipótese nula (H0) é de não causalidade e a hipótese alternativa (H1) é de causalidade de cada variável com relação às demais. Os resultados mostram que, ao nível de confiança maior do que 95%, as variáveis Gasolina e Açúcar podem ser consideradas endógenas. Já a variável Etanol pode ser considerada endógena ao modelo considerando-se o intervalo de 90% de confiança.

**Tabela 4.4 - Teste de Causalidade de Granger**

Variável	P-valor
Gasolina	0,0003444
Açúcar	0,001341
Etanol	0,05721

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

Como já mencionado anteriormente, no VAR é possível considerar a ocorrência de variáveis determinísticas capazes de exercer influências sobre o modelo. Sendo assim, o modelo foi estimado com a introdução de D1, D2 e D3.

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 alheio, então, ao mercado sucoenergético.

**Tabela 4.5:** Decomposição da Variância do Preço da Gasolina após um Choque

Mês	Gasolina	Etanol	Açúcar
1	100%	0%	0%
4	99%	0%	1%
7	99%	0%	1%
10	98%	1%	1%
13	98%	1%	1%
16	98%	1%	1%
19	98%	1%	1%
22	98%	1%	1%
25	98%	1%	1%
28	98%	1%	1%

A decomposição da variância do preço do etanol (Tabela 4.6) mostrou que tanto a variação de preço do açúcar quanto variação da gasolina apresentam influências sobre o mercado do biocombustível. A variância no preço da gasolina chega a explicar 10% da variância no preço do etanol já no 4º mês, pulando para 24% no 10º mês, crescendo gradualmente ao longo do tempo e chegando a 32% no 28º mês. Já a variância no preço do açúcar é capaz de explicar 17% da variância no preço do etanol no 7º mês, chegando a 21% no 28º mês. Enquanto isso, a variância no preço do etanol explicada pelo seu próprio mercado cai de 98% no primeiro mês para 63% já no sétimo mês, chegando a 46% no 28º mês. Esse resultado mostra o quanto o

mercado do etanol é influenciado pelo mercado do açúcar e mais ainda pelo da gasolina A, seus substitutos na produção e consumo, respectivamente. 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 da Etanol após um Choque

Mês	Gasolina	Etanol	Açúcar
1	2%	98%	0%
4	10%	81%	8%
7	20%	63%	17%
10	24%	56%	20%
13	26%	53%	21%
16	27%	51%	21%
19	29%	50%	21%
22	30%	48%	22%
25	31%	47%	22%
28	32%	46%	21%

Analisando o resultado da decomposição da variância do preço do açúcar (Tabela 4.5), é possível perceber pouca influência da variância de preço do etanol e menos ainda da gasolina sobre a variável. Sendo assim, o preço do açúcar apresenta uma estrutura 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>12</sup>.

**Tabela 4.7:** Decomposição da Variância do Preço do Açúcar após um Choque

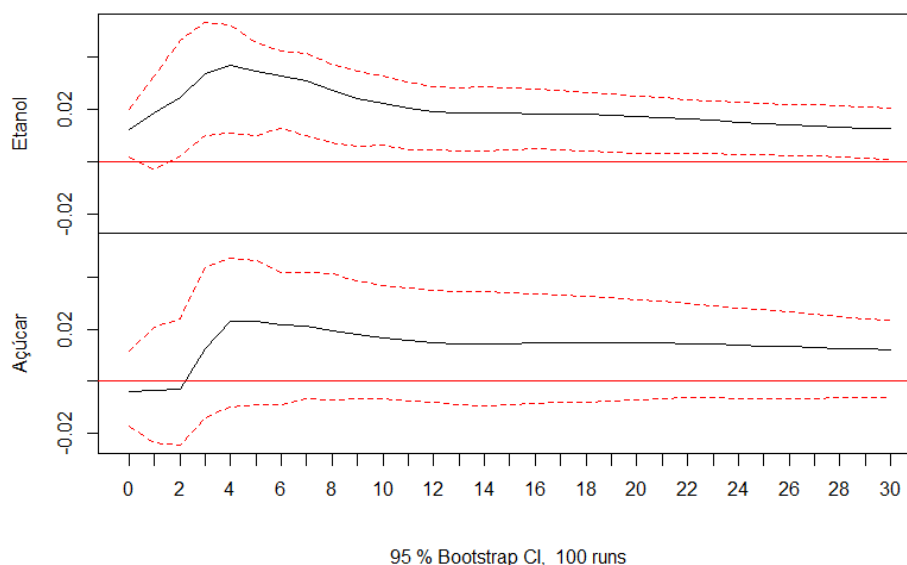
Mês	Gasolina	Etanol	Açúcar
1	0%	14%	86%
4	1%	16%	84%
7	3%	13%	84%
10	4%	11%	85%
13	5%	10%	85%
16	5%	9%	86%
19	6%	9%	86%
22	6%	8%	85%
25	7%	8%	85%
28	7%	8%	85%

<sup>12</sup> [https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_acucar\\_etanol.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_acucar_etanol.pdf)

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. O resultado pode ser explicado 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 Saghaian (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, é possível perceber que tanto o preço do etanol quanto o do açúcar apresentam uma queda em seus preços após o 4º mês, seguindo tendência de preços pré-choques.

**Figura 4.3: Choque no Preço da Gasolina**



O ajuste do modelo foi verificado através do teste de Portmanteau, mostrado na tabela 4.8. O resultado indicou que o modelo VAR estimado mostra um grau de ajuste adequado para efeito de inferência, aos níveis de significância usuais.

**Tabela 4.8 - Diagnóstico do Modelo**

Diagnóstico	Teste	Valor do teste ( $\chi^2$ )	P-valor	Conclusão
Autocorrelação de resíduo (p=22)	Ljung-Box (Portmanteau)	154.76 (gl =162)	0.6448	Resíduos não-autocorrelacionados

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

## 5. CONCLUSÃO

O estudo indicou que tanto o preço do etanol quanto o preço do açúcar sofrem influências do preço da gasolina, no entanto, a decomposição da variância mostrou que 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 obrigados a manter seus preços em patamares abaixo dos que seriam praticados na livre concorrência de mercado. Essa distorção pode contribuir com a imprevisibilidade e a incerteza, aumentando os riscos de novos investimentos no setor sucroalcooleiro, gerando o afastamento de inovações tecnológicas e desincentivo à produção. Tendo em vista que a maioria das usinas brasileiras são capazes de produzir açúcar e álcool, e que o produtor de açúcar possui o mercado internacional como seu principal comprador, uma alternativa seria produzir mais açúcar para suprir o mercado interno e internacional, no entanto o produtor ficaria sujeito à queda de preço do produto por ser o maior *player* do mercado, além de lidar com os riscos inerentes ao próprio negócio, tais quais uma possível valorização cambial e perda de competitividade.

## 6. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

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

Cotula, L., Dyer, N. and Vermeulen, S., 2008. Bioenergy and land tenure: The implications of Biofuels for land tenure and land policy. International Institute for Environment and Development, London

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

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

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)

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

Nastari, P. Avaliação e perspectivas do setor sucroenergético. Texto apresentado na Câmara Setorial de Açúcar e Álcool do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília: Mapa, 2014. Disponível em: < <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>>

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>>

Sims, C.A., Stock, J.H. and Watson, M.W., 1990. Inference in linear time series models with some unit roots. *Econometrica*, 58(1), pp.113-144

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)