

# TRANSMISSÃO DE PREÇOS ENTRE OS MERCADOS SUCROALCOOLEIROS DE SÃO PAULO E PERNAMBUCO NO PERÍODO DE 2003 A 2021

Kennedy Jamestony de Carvalho e Souza<sup>1</sup>  
Pery Francisco Assis Shikida<sup>2</sup>  
Renata Cattelan<sup>3</sup>  
André de Souza Melo<sup>4</sup>

## Resumo

Este artigo analisa o processo de transmissão de preços entre os mercados sucroalcooleiros de São Paulo e Pernambuco. Para isso, utilizou-se o modelo econométrico de Vetores Autorregressivos, no qual foram realizados os testes de Causalidade de Granger, a análise de Decomposição de Variância e a Função de Impulso-Resposta para maio de 2003 a dezembro de 2021. Os resultados obtidos indicaram que os preços do açúcar e do etanol hidratado do mercado de São Paulo têm uma relação de causalidade de Granger com os preços do açúcar e do etanol hidratado de Pernambuco. A análise da Decomposição de Variância confirmou essa forte relação de causalidade e, portanto, de transmissão de preços, no sentido dos preços do mercado sucroalcooleiro paulista para os preços do mercado sucroalcooleiro pernambucano. Por fim, a função de Impulso-Resposta mostrou que choques nos preços dos mercados de açúcar e do etanol hidratado de São Paulo provocam, imediatamente no curto prazo, uma grande alteração nos preços do açúcar e do etanol hidratado de Pernambuco, considerando uma defasagem de no máximo 12 meses.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar; Etanol; Integração de mercados.

## Abstract

This article analyzes the price transmission process between the sugar and ethanol markets in São Paulo and Pernambuco States. In this context, the econometric model of Autoregressive Vectors was used, where the Granger Causality tests, the analysis of Variance Decomposition and the Impulse-Response Function were performed (from 2003 to 2021). Prices of sugar and hydrous ethanol in the São Paulo market has a Granger causality relationship with the prices of sugar and hydrous ethanol in Pernambuco. The analysis of the Variance Decomposition confirmed this strong causality relationship and, therefore, price transmission, in the sense of the prices of the sugar and alcohol market in São Paulo to the prices of the sugar and alcohol market in Pernambuco. Finally, the Impulse-Response function showed that price shocks in the sugar and hydrous ethanol markets in São Paulo immediately provoke, in the short term, a large change in the prices of sugar and hydrous ethanol in Pernambuco, considering a lag of maximum 12 months.

**Keywords:** Sugarcane; Ethanol; Market integration.

**Área Temática:** 17. Desenvolvimento Rural e Local

**Classificação JEL:** R11; O18.

<sup>1</sup>Mestre em Administração e Desenvolvimento Rural pela PADR/UFRPE. Doutorando em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela UNIOESTE. E-mail: jamesstonykennedy@gmail.com

<sup>2</sup>Professor Associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Docente do Programa de Pós-graduação em Economia e de Desenvolvimento Regional e Agronegócio. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: perishikida@hotmail.com

<sup>3</sup>Mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional pela UNIOESTE. Doutoranda em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela UNIOESTE. E-mail: renata.cattelan@gmail.com

<sup>4</sup>Professor Associado do Departamento de Economia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Docente do Programa de Pós-Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural (PADR/UFRPE). E-mail: andredeSouza@gmail.com

# 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar tem uma relação histórica com a construção socioeconômica e política do Brasil. Inicialmente inserida no Nordeste brasileiro, teve sua expansão iniciada a partir do aumento produtivo na região Sudeste, especialmente no Estado de São Paulo, ampliando a produção para Minas Gerais, mais tarde para o Paraná, e já no século XX para a região Centro-Oeste (SHIKIDA, 2014; RISSARDI JÚNIOR, 2015).

De acordo com Alves e Lima (2015), a produção brasileira de açúcar e etanol se encontra em mercados separados espacialmente, com localização no Centro-Sul (São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, principais produtores) e no Nordeste (Pernambuco, Alagoas e Paraíba, principais produtores), as quais apresentam condições de produção distintas, sendo que as safras em cada região ocorrem em períodos diferentes.

A partir do final da primeira década dos anos 2000, logo após uma grande expansão tanto das exportações de açúcar como no mercado interno de etanol, algumas adversidades levaram usinas à recuperação judicial e a falências. Fatores associados a isso dizem respeito à crise internacional de 2008, obstáculos climáticos, bem como problemas de gestão das empresas. Mesmo com o cenário hostil, o setor sucroenergético permaneceu de grande importância econômica para o Brasil, contribuindo com produtos essenciais, como o açúcar, de vultoso valor nutricional, além do etanol e da bioeletricidade, importantes para a matriz energética (CLEIN, 2021; SANTOS, 2021).

Na safra de 2020/2021 foram produzidas 657.433 mil toneladas de cana-de-açúcar no Brasil, 2,29% a mais que a safra de 2019/2020, sendo que a região Norte-Nordeste teve uma queda de 0,68% no período, comparado a um aumento de 2,56% da região Centro-Sul. Destaca-se que, para a safra 2020/2021, o Centro-Sul foi responsável por cerca de 92% do total da produção canavieira nacional, do qual São Paulo teve participação de 59% (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA, 2022).

Do total de cana-de-açúcar, para a safra de 2020/2021, foram produzidas 41.503 mil toneladas de açúcar, 40,2% a mais que a safra anterior, sendo a região Centro-Sul responsável por 92,7% do total nacional. Quanto ao etanol hidratado, houve redução na produção entre as duas safras de 11,56% (UNICA, 2022). Essa relação de aumento da produção de açúcar frente a redução da produção de etanol está relacionada com os valores dos dois subprodutos, de modo que o produtor alterna as produções de acordo com as vantagens nos preços comparativos.

Sendo os dois subprodutos importantes economicamente para o Brasil, e observada a separação espacial dos dois mercados, é relevante compreender qual seu grau de integração. Conforme apontam Libera e Waquil (2009), estudos que abordam essa temática são essenciais para embasar tomadas de decisões sólidas que correspondem a compreender a formação de preços e transmissão destes no mercado, de modo que essa interligação modifica as perspectivas de lucros para as empresas do setor. Além disso, para os formuladores de políticas, é necessário compreender as relações entre mercados para que a adequação de possíveis ações seja efetiva.

Levando em consideração esse cenário e a importância do mercado sucroalcooleiro para o Brasil, o objetivo desta pesquisa é analisar o processo de transmissão dos preços entre os mercados sucroalcooleiros dos estados de São Paulo e Pernambuco, para açúcar e etanol hidratado entre maio de 2003 e dezembro de 2021, utilizando como metodologia o modelo econométrico de Vetores Autorregressivos, no qual foram realizados os testes de Causalidade de Granger, a análise de Decomposição de Variância e a Função de Impulso-Resposta.

Isto posto, o presente estudo se divide em 4 seções, além desta introdução. A seção seguinte procura esclarecer brevemente aspectos conceituais e empíricos da transmissão de

preços entre mercados. A terceira seção compreende os procedimentos metodológicos e a quarta seção apresenta e discute os resultados encontrados. As considerações finais resumizam os principais resultados da pesquisa.

## **2 TRANSMISSÃO DE PREÇOS ENTRE MERCADOS: ASPECTOS CONCEITUAIS E EMPÍRICOS**

Os modelos teóricos relacionando preços em diferentes níveis de mercados (verticalmente) foram desenvolvidos com mais ênfase a partir do estudo de Gardner (1975) que demonstrou a transmissão de preços entre o produtor e o varejo. Hein (1980) e Barros (1990) apresentaram avanços incluindo o mercado atacadista nessa dinâmica de ajustamento de preços.

Além da transmissão vertical de preços, outros estudos investigaram também a transmissão espacial dos choques entre mercados separados, o que proporciona uma importante análise sobre a extensão de poder de mercado (GOODWIN, 2006). A integração espacial de diferentes mercados é definida por Faminon e Benson (1990) como interdependência na determinação dos preços entre eles, de modo que, alterações em um mercado passam a ser transmitidas a outros mercados, mesmo que espacialmente separados.

Esse conceito se fundamenta na Lei de Preço Único (LPU), a qual estabelece que mercados ligados comercialmente apresentarão o mesmo preço para seus produtos. Isso ocorre quando esses espaços diferentes participam de uma cadeia com fluxo de informações e mercadorias, além de possuírem relações diretas de comércio. Destaca-se, contudo, que isso pode ocorrer indiretamente, dependendo da resposta dos mercados quando ocorrem choques em outro espaço. Ademais, a LPU pode não ser totalmente aplicada visto que pode haver altos custos de transação ou mesmo informações assimétricas (FACKLER; GOODWIN, 2000).

A precisão da transmissão de informações por meio da integração dos mercados possibilita melhoria na tomada de decisão de comercialização e a eficiência do fluxo produtivo. Assim, no longo prazo, há tendência de padronização de preços, retirados os custos de transação (GOODWIN; SCHROEDER, 1991).

A relação entre os mercados tem se mostrado de grande importância para embasar ações de agentes econômicos, tanto públicos como privados, visto que causa implicações determinantes do bem-estar dos atores envolvidos no fluxo mercadológico (RAPSOMANIKIS; HALLAM; CONFORTI, 2003). Revallion (1986) enfatiza o mérito de estudos que abordam a integração espacial por sua relevância em fundamentar a alocação eficiente de recursos governamentais, e mesmo recursos privados, além da identificação de regiões que atuam como propagadoras, possibilitando estender incentivos setoriais por interdependência.

No contexto do mercado da cana-de-açúcar, especificamente, estudos empíricos foram realizados a fim de identificar essa integração. Tomasetto, Margarido e Shikida (2013), por exemplo, analisou a transmissão espacial de preços entre os mercados paranaense e paulista, para o período entre janeiro de 1995 e fevereiro de 2009 por meio do método de Box-Jenkins para modelos Autorregressivos de Médias Móveis (ARIMA). Os principais resultados encontrados indicaram que há relação de longo prazo entre os dois estados, e que choques no preço da cana-de-açúcar em São Paulo são transmitidos para os preços do produto no Paraná na magnitude de 41,19%, no curto prazo, e de 99,84%, no longo prazo.

Alves e Lima (2015) estudaram a transmissão de preços para açúcar e etanol nas regiões de Alagoas, Pernambuco, Araçatuba (SP), Ribeirão Preto (SP), Paulínia (SP), Triângulo Mineiro (MG) e Maringá (PR), entre maio de 2003 e dezembro de 2008, com o modelo autorregressivo *threshold* (TAR). Demonstraram que há custos de transação para análise em pares de todas as regiões, ou seja, a Lei de Preço Único não se aplica totalmente.

Ademais, notou-se que mercados mais próximos espacialmente apresentaram maior grau de integração para açúcar, etanol hidratado e etanol anidro, enquanto mercados mais distantes houve menor integração.

Margarido, Shikida e Calvo (2018) determinaram a elasticidade de transmissão de preços entre o valor internacional do açúcar e o valor médio recebido pelo produtor brasileiro, entre janeiro de 2004 e novembro de 2015, por meio do Modelo Estrutural. Observou-se que há uma relação inelástica na qual 1% de variação no preço internacional é transmitida na magnitude de 0,3% para o preço do açúcar exportado brasileiro. Desse modo, compreende-se que mecanismos de mercado, como proteções comerciais e outras interferências, impedem o funcionamento total do processo de arbitragem de preços.

Com objetivo de estimar a elasticidade e a transmissão de preços no mercado de açúcar de Goiás em relação aos preços internacionais da Bolsa de Nova York, Borges (2020) utilizou os testes de raiz unitária, causalidade de Granger, cointegração de Johansen e o teste de exogeneidade para o período entre 2008 e 2020. Os resultados apontaram que os preços do açúcar no mercado da Bolsa de Nova York influenciam os preços no mercado de Goiás, mas essa transmissão ocorre no longo prazo.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Modelo de Vetores Autorregressivos**

Para analisar como o mercado sucroalcooleiro pernambucano responde a choques externos, utilizar-se-á a metodologia de Vetores Autorregressivos (VAR). Segundo Gujarati (2006), pode-se dizer que esse método é semelhante aos modelos de equações simultâneas, no sentido que as variáveis endógenas devem ser consideradas em conjunto. Porém, cada uma das variáveis endógenas deve ser explicada por seus valores defasados ou passados e pelos valores defasados ou passados de todas as outras variáveis que pertencem ao modelo (STOCK; WATSON, 2004).

O método dos mínimos quadrados ordinários é aplicado a cada uma das equações separadamente e, as previsões obtidas pelos modelos de Autorregressão Vetorial são, em muitos casos, até melhores do que os resultados obtidos por modelos mais complexos, como os de Equações Simultâneas (GUJARATI, 2006). Os modelos de Vetores Autorregressivos (VAR), além de serem multivariados, possuem ferramentas e funções estatísticas avançadas e, concomitantemente, fáceis de serem utilizadas e interpretadas. O VAR é um modelo econométrico robusto, consistente e de alta credibilidade para descrever dados, realizar previsões ex-post e ex-ante, realizar inferências e fazer análises de políticas econômicas (STOCK; WATSON, 2004).

Uma característica interessante do modelo econométrico VAR é que normalmente ele utiliza somente variáveis endógenas (GUJARATI, 2006; SOUZA; ANNEGUES; MAIA, 2015). Desse modo, não é necessário fazer uma distinção das variáveis dependentes e explicativas, podendo com isso estabelecer um número maior de relações e análises entre todas as variáveis. Assim, a análise do método VAR é feita de modo independente do direcionamento tendencioso do pesquisador, permitindo uma análise dos dados obtidos com uma menor possibilidade de ocorrência de viés (VALENÇA *et al.*, 2015).

Segundo Maia (2001), o modelo de Vetores Autorregressivos (VAR) pode ser representado num formato matricial, denominado VAR estrutural:

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Ou ainda:

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 x_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Em que:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix}; \quad x_t = \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix}; \quad \Gamma_0 = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix}; \quad \Gamma_1 = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix};$$

$$x_{t-1} = \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix}; \quad \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

Multiplicando todo o sistema pela matriz inversa de B, tem-se:

$$B^{-1} = \begin{vmatrix} \frac{1}{1-b_{12}b_{21}} & -\frac{b_{12}}{1-b_{12}b_{21}} \\ -\frac{b_{21}}{1-b_{12}b_{21}} & \frac{1}{1-b_{12}b_{21}} \end{vmatrix} \quad (3)$$

$$B^{-1}Bx_t = B^{-1}\Gamma_0 + B^{-1}\Gamma_1 x_{t-1} + B^{-1}\varepsilon_t$$

Assim, considerando uma autorregressão de um período, tem-se:

$$x_t = v + A_1 x_{t-1} + e_t \quad (4)$$

Em que,

$$v = B^{-1}\Gamma_0 \quad A_1 = B^{-1}\Gamma_1 \quad e_t = B^{-1}\varepsilon_t$$

Sendo  $x_t$  um vetor ( $nx1$ ) contendo  $n$  variáveis endógenas incluídas no VAR (podendo ser representadas pelas variáveis do modelo desse trabalho: preços do açúcar e do etanol hidratado de São Paulo e os preços do açúcar e do etanol hidratado de Pernambuco),  $v$  vetor ( $nx1$ ) de interceptos,  $A_1$  se refere à matriz ( $nxn$ ) de coeficientes dos valores defasados das variáveis endógenas mencionadas,  $x_{t-1}$  é exatamente o vetor das variáveis endógenas defasadas, e  $e_t$  é o vetor ( $nx1$ ) dos termos de erros estocásticos do modelo.

### 3.2 Base de Dados e Variáveis do Modelo

A base de dados utilizada na estimação do modelo econométrico corresponde a série temporal do preço do etanol hidratado e do açúcar do mercado de São Paulo e preços do etanol hidratado e do açúcar do mercado de Pernambuco. Sua periodicidade é mensal e foram obtidas do Centro de Estudos Avançados de Economia Aplicada (CEPEA, 2022) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), para maio de 2003 até dezembro de 2021, perfazendo um total de 224 observações. As séries

pertinentes às quatro variáveis do modelo foram dessazonalizadas, com o intuito de tornar a estimação do modelo mais consistente.

É interessante destacar que, antes de qualquer análise econométrica com dados de séries temporais, é necessário verificar se as séries analisadas são estacionárias. Uma série é estacionária se suas características como média e variância não variam ao longo do tempo (GUJARATI, 2006). Então, para a verificação da estacionariedade das séries referentes às variáveis, foi realizado o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Os resultados do teste mostraram que as quatro séries (variáveis) usadas no modelo (preços do açúcar (PA\_SP) e do etanol hidratado (PET\_SP) de São Paulo, e preços do açúcar (PA\_PE) e do etanol hidratado (PET\_PE) de Pernambuco), inicialmente não se mostraram estacionárias, sendo necessário realizar uma diferenciação em cada série para retirar a raiz unitária, tornando-as integradas de ordem um (1).

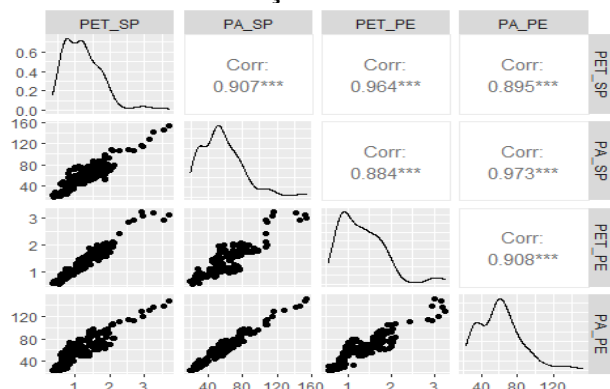
Ademais, visto que o método utilizado foi o modelo de Vetores Autorregressivos, faz-se necessário estabelecer o número de defasagens para realizar as estimações. Com isso, utilizaram-se os testes ou critérios de informação de Akaike (AIC), Hannann e Quinn (HC), Schwartz (SC) e Final Predictor Error (FPE). Através desses testes, observou-se que a defasagem ótima é de 4 a 5 meses, enquanto a defasagem máxima para as estimações é de 12 meses, preservando os graus de liberdade do modelo.

Diante do exposto, esta pesquisa se propõe a examinar os impactos, bem como as implicações econômicas que os preços do setor sucroalcooleiro de São Paulo exercem sobre os preços do mercado sucroalcooleiro do Estado de Pernambuco. Dessa forma, os testes que expressam a relação de causalidade de Granger, a Decomposição de Variância e a Função de Impulso-Resposta serão examinados apenas no sentido unidirecional do mercado canavieiro de São Paulo para o mercado canavieiro de Pernambuco.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Gráfico 1 apresenta uma matriz de gráficos, o qual evidencia que as variáveis do modelo: Preço do etanol e do açúcar de Pernambuco (PET\_PE; PA\_PE) e preço do etanol e do açúcar de São Paulo (PET\_SP, PA\_SP) possuem uma forte correlação linear, além de distribuições semelhantes, especialmente no que se refere às variáveis de preços entre as mesmas mercadorias. A estimação desse conjunto de gráficos é importante, pois demonstra um ótimo indício da existência de relações de causalidade entre essas variáveis. Dessa forma, com o intuito de aprofundar e detalhar melhor a correlação entre essas variáveis, apresentam-se os resultados do teste de causalidade de Granger e, posteriormente, as análises da decomposição de variância e da Função de Impulso-Resposta por meio da estimação do método econométrico VAR.

**Gráfico 1 – Correlação entre as variáveis do modelo**



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos.

#### 4.1 Teste de Causalidade de Granger

O teste de causalidade de Granger é um teste F que avalia a existência de relação de causalidade entre as variáveis testadas, ou seja, se valores defasados da variável  $X$  influenciam o comportamento da variável  $Y$ . A hipótese nula é de que não existem relações de causalidade entre as variáveis. Se a hipótese nula for rejeitada aos níveis de significância aceitáveis, tem-se uma relação de causalidade entre as variáveis, destarte pode-se dizer que a variável  $X$  causa no sentido de Granger a variável  $Y$  (MELO; MOTA; LIMA, 2008). A partir das Tabelas 1 e 2 é possível observar o resultado para o teste de causalidade de Granger das variáveis preço do etanol hidratado e do açúcar de São Paulo.

**Tabela 1 – Teste de causalidade de Granger da variável Preço do Etanol Hidratado de São Paulo (PET\_SP)**

Hipótese Nula	Os preços do etanol do mercado de São Paulo não têm relação de causalidade de Granger com os preços do etanol e do açúcar de Pernambuco
F-Test = 5.9821	p-valor < 0,01
Resultado	Rejeita-se a hipótese nula

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos.

**Tabela 2 – Teste de causalidade de Granger da variável Preço do Açúcar de São Paulo (PA\_SP)**

Hipótese Nula	Os preços do açúcar do mercado de São Paulo não têm relação de causalidade de Granger com os preços do etanol e do açúcar de Pernambuco
F-Test = 3.748	p-valor < 0,01
Resultado	Rejeita-se a hipótese nula

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos.

Observa-se que a hipótese nula foi rejeitada nos dois casos a um nível de significância de 1% ( $p$ -valor < 0,01), sugerindo que os preços do mercado sucroalcooleiro do Estado de São Paulo têm uma relação de causalidade de Granger com os preços do mercado sucroalcooleiro de Pernambuco. Desse modo, conclui-se que choques nos preços dos mercados de açúcar e de etanol hidratado de São Paulo provocam variações nos preços dos mercados de açúcar e de etanol hidratado de Pernambuco.

Este resultado é explicado pela literatura, ao mostrar que os mercados de açúcar e etanol das regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste (como os estados de São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco e Alagoas) fazem parte do mesmo mercado econômico, ou seja, ambas as regiões estão integradas (embora não seja uma integração perfeita). Com isso, existe uma relação de causalidade de Granger no sentido da região Centro-Sul para o Norte-Nordeste e, por conseguinte, entre os mercados de açúcar e etanol dos estados de São Paulo e Pernambuco (ALVES; LIMA, 2015; FAGNANI JUNIOR; BACCHI, 2010).

Além disso, diversas pesquisas, como: Alves e Lima (2015); Fagnani Junior e Bacchi (2010); Moraes (2014); Moraes e Bacchi (2015) e Amaral e Alves (2013), ratificam que os preços dos mercados de açúcar e de etanol de São Paulo têm uma relação de causalidade de Granger e, portanto, de transmissão de preços em relação aos preços dos mercados de açúcar e de etanol de Pernambuco. Corroborando o fato de que o Estado de São Paulo, por ser o maior

produtor do mercado sucroalcooleiro nacional, constitui-se como o mercado central do País na produção de açúcar e etanol, influenciando de forma significativa importantes mercados sucroalcooleiros de outros estados, inclusive os mercados de Alagoas e Pernambuco, que são os principais produtores da Região Nordeste (TOMASETTO; MARGARIDO; SHIKIDA, 2013; GARCIA *et al.*, 2021).

#### 4.2 Decomposição de Variância

A análise da Decomposição de Variância explica de forma mais detalhada o quanto uma variável afeta a outra. Pode-se dizer também que o resultado explica minuciosamente e, em termos percentuais, a participação de cada variável na explicação das outras variáveis do modelo econométrico (VALENÇA *et al.*, 2015).

**Tabela 3 – Decomposição de Variância da variável preço do açúcar de Pernambuco**

Meses	PET_PE	PET_SP	PA_SP	PA_PE
1	0.001	0.024	0.158	0.817
2	0.020	0.040	0.197	0.742
3	0.021	0.042	0.197	0.741
4	0.026	0.046	0.195	0.732
5	0.028	0.183	0.172	0.617
6	0.035	0.182	0.171	0.612
7	0.037	0.187	0.170	0.606
8	0.037	0.188	0.170	0.605
9	0.037	0.188	0.171	0.604
10	0.040	0.187	0.172	0.601

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos.

Observa-se na Tabela 3, analisando-se o período de 10 defasagens (meses), que a variável preço do açúcar de Pernambuco é mais influenciada pelo próprio mercado (66,8%). Porém, os preços do mercado sucroalcooleiro de São Paulo também demonstraram exercer uma forte influência nos preços do mercado de açúcar pernambucano, com destaque para os preços do açúcar de São Paulo que explicam, em média, 17,73% a variável preço do açúcar de Pernambuco. Enquanto os preços do etanol hidratado de São Paulo explicam, em média, 12,67% o preço do açúcar pernambucano. Essa extensão de poder de mercado apresentada por São Paulo sobre Pernambuco é examinada também por Goodwin (2006), no qual a integração entre os mercados revela o poder paulista sobre os preços dos produtos de outro estado.



**Tabela 4 – Decomposição de Variância da variável preço do etanol hidratado de Pernambuco**

Meses	PET_PE	PET_SP	PA_SP	PA_PE
1	0.897	0.085	0.008	0.009
2	0.905	0.081	0.006	0.008
3	0.892	0.084	0.016	0.008
4	0.855	0.084	0.052	0.009
5	0.844	0.092	0.054	0.009
6	0.840	0.092	0.060	0.009
7	0.838	0.092	0.059	0.011
8	0.833	0.092	0.064	0.011
9	0.832	0.092	0.064	0.012
10	0.834	0.093	0.064	0.012

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos.

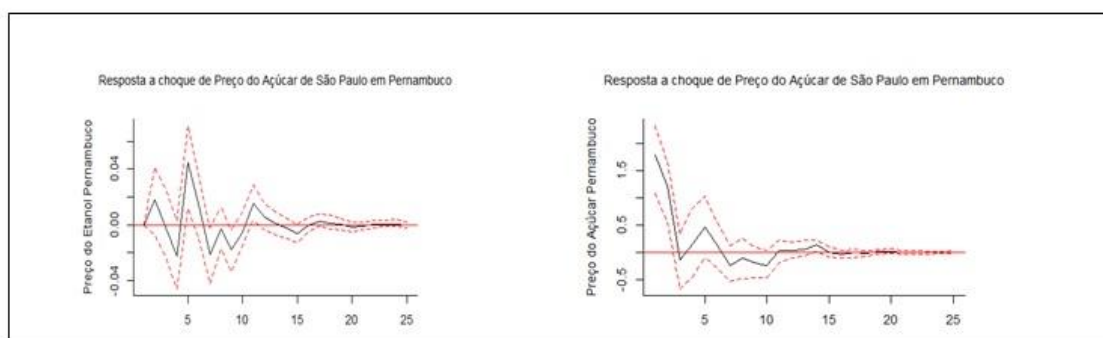
A Tabela 4 apresenta os resultados da Decomposição de Variância em relação ao preço do etanol hidratado de Pernambuco. Nota-se que o preço do etanol do mercado pernambucano é mais explicado por ele mesmo (85,7%), entretanto, os preços do mercado de São Paulo também mostraram uma influência expressiva nas variações ocorridas nos preços do etanol do mercado pernambucano. O preço do etanol de São Paulo é responsável por influenciar em 8,87%, e o preço do açúcar do mercado paulista em 4,47%, as variações ocorridas nos preços do etanol hidratado de Pernambuco.

Os resultados da análise da Decomposição de Variância corroboram o teste de causalidade de Granger, os quais mostraram que o preço do etanol hidratado e do açúcar do mercado de São Paulo possui uma relação de causalidade e, por conseguinte, de transmissão de preços com o mercado sucroalcooleiro de Pernambuco. A análise da Decomposição de Variância, conforme já explicado, tem como característica apresentar um resultado mais detalhado ou minucioso do que o teste de causalidade de Granger, evidenciando que os preços do mercado sucroalcooleiro de Pernambuco sofrem uma influência significativa dos preços do álcool combustível hidratado de São Paulo. Todavia, vale ressaltar que essa influência só não foi mais forte, porque, conforme explana a literatura, apesar de existir uma relação de causalidade dos mercados sucroalcooleiros no sentido São Paulo para Pernambuco, e de ambos os mercados serem economicamente integrados, esse processo de integração não é perfeito, visto que os períodos de safra e entressafra de cana-de-açúcar nas regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul acontecem em períodos diferentes. Além do mais, embora exista a destinação de produtos da região Centro-Sul à região Norte-Nordeste utilizando-se operações de cabotagem, bem como o modal rodoviário, esses modais ainda não são tão expressivos. Isto porque a distância entre as duas regiões, os custos logísticos e de desenvolvimento entre as duas regiões ainda são díspares, configurando-se como fatores que têm impossibilitado uma integração perfeita e, conseqüentemente, um processo de transmissão de preços mais forte entre ambas as regiões e, por conseguinte, entre os mercados de açúcar e etanol de São Paulo e Pernambuco (FAGNANI JUNIOR; BACCHI, 2010; MORAES, 2014; MORAES; BACCHI 2015; ALVES; LIMA, 2010; FERNANDES; SHIKIDA; CUNHA, 2013; ALVES; LIMA, 2015).

### 4.3 Função de Impulso-Resposta

A Função de Impulso-Resposta é uma ferramenta que analisa as respostas ou alterações das variáveis de um modelo, a partir de choques ocorridos em uma determinada variável. No Gráfico 2 têm-se as respostas de um choque nos preços do açúcar de São Paulo em relação aos preços do etanol hidratado e do açúcar do mercado de Pernambuco, considerando um intervalo de confiança de 95%. Pode-se notar que, um choque nos preços do açúcar de São Paulo provoca uma grande alteração (logo nos primeiros meses) nos preços do etanol hidratado de Pernambuco. Esta variação ocorre até o décimo segundo mês, seguido de uma estabilização nos preços do etanol pernambucano. Quanto aos preços do açúcar de Pernambuco, um choque nos preços do açúcar de São Paulo, também provoca no curto prazo uma grande elevação nos preços do açúcar pernambucano. Em seguida, ocorre uma redução acompanhada de outro aumento no quinto mês, sendo que os preços do açúcar pernambucano permanecem sofrendo variações até o décimo segundo mês, quando os preços se estabilizam.

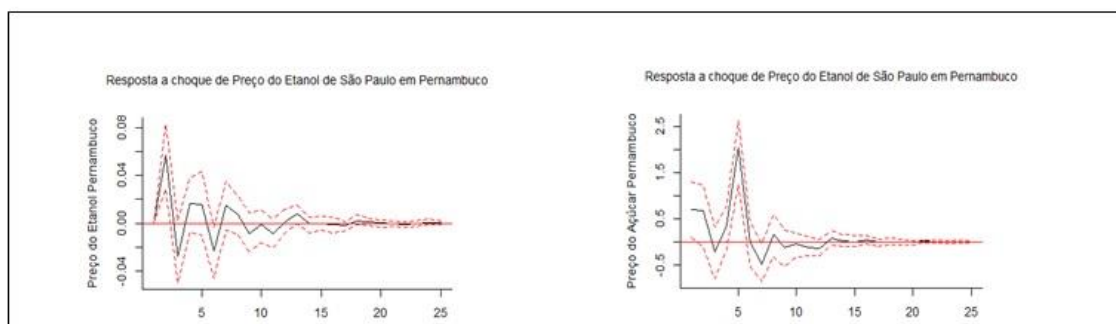
**Gráfico 2 – Resposta de um choque nos preços do açúcar de São Paulo**



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos.

O Gráfico 3 apresenta as respostas de um choque nos preços do etanol hidratado de São Paulo em relação aos preços do etanol hidratado e do açúcar do mercado de Pernambuco. Percebe-se que, um choque nos preços do mercado de etanol paulista, produz instantaneamente no curto prazo, uma grande variação nos preços do etanol hidratado do mercado pernambucano. Sendo que as variações nos preços etanol de Pernambuco persistem até o décimo segundo mês, aproximadamente. Para os preços do açúcar de Pernambuco essa variável também apresentou uma grande variação no curto prazo decorrente de choques nos preços do etanol hidratado paulista. Porém, pode-se notar que depois dessa variação, houve uma redução nos preços e, por volta do quinto mês, ocorre um grande aumento nos preços do açúcar de Pernambuco, em seguida, os preços passam a oscilar até o décimo segundo mês.

**Gráfico 3 – Resposta de um choque nos preços do etanol hidratado de São Paulo**



Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos.

Os resultados da Função de Impulso-Resposta estão de acordo com o teste de causalidade de Granger e com a análise da Decomposição de Variância, mostrando que os preços do mercado sucroalcooleiro de São Paulo apresentam de fato uma relação de causalidade de Granger e, portanto, de transmissão de preços com os preços do mercado sucroalcooleiro de Pernambuco. Pode-se concluir que choques ou variações nos preços do açúcar e do etanol hidratado do mercado paulista, influenciam instantaneamente no curto prazo (dentro de uma defasagem de no máximo 12 meses) os preços do açúcar e do etanol hidratado do mercado pernambucano.

Os resultados encontrados na pesquisa de Tomasetto, Margarido e Shikida (2013) para Paraná e São Paulo indicaram que a transmissão ocorreu em menor proporção no curto prazo e maior no longo prazo. Isso se deve ao fato preconizado por Fackler e Goodwin (2000) no qual os altos custos de transação e informações assimétricas tendem a aumentar o tempo para padronização dos preços, especialmente de mercados mais distantes, como é o caso entre Pernambuco e São Paulo, e assim como definido por Alves e Lima (2015).

De posse dessas informações acerca dos dois mercados, é possível compreender a extensão do poder de mercado de São Paulo, bem como sua influência sobre o mercado pernambucano. Esses resultados possibilitam embasar ações efetivas para o setor sucroalcooleiro brasileiro.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta pesquisa teve como principal objetivo analisar a transmissão dos preços do mercado sucroalcooleiro de São Paulo em relação aos preços do mercado sucroalcooleiro de Pernambuco, no período que abrange maio 2003 a dezembro de 2021. Para isso, utilizou-se a metodologia de Vetores Autorregressivos, no qual foram realizadas as estimações dos testes de causalidade de Granger, da análise de Decomposição de Variância e da Função Impulso-Resposta, com o intuito de mensurar esse processo de transmissão.

Os resultados do teste de causalidade de Granger constataram que os preços dos mercados do açúcar e do etanol paulista apresentam, de fato, uma relação de causalidade com os preços dos mercados de açúcar e do etanol pernambucano. Com relação à Decomposição de Variância da variável preço do açúcar de Pernambuco, os preços do mercado sucroalcooleiro de São Paulo demonstraram exercer uma forte influência nos preços do mercado de açúcar pernambucano, com destaque para os preços do açúcar de São Paulo que explicam, em média, 17,73% das variações ocorridas nos preços do açúcar de Pernambuco. Enquanto os preços do etanol hidratado de São Paulo explicam em 12,67% o preço do açúcar pernambucano. No que se refere à Decomposição de Variância da variável preço do etanol hidratado de Pernambuco, os preços do mercado de São Paulo também evidenciaram uma influência significativa nas variações dos preços do etanol do mercado pernambucano, com destaque para o preço do etanol de São Paulo, o qual demonstrou ser responsável por influenciar em 8,87%, e o preço do açúcar do mercado paulista em 4,47%, as variações nos preços do etanol de Pernambuco.

A Função de Impulso-Resposta deixou ainda mais explícito que choques, tanto nos preços do açúcar como nos preços do etanol hidratado dos mercados de São Paulo, produzem imediatamente no curto prazo, uma grande alteração nos preços do açúcar e do etanol hidratado dos mercados de Pernambuco. Essa alteração ocorre com mais intensidade nos primeiros cinco meses, depois disso ocorrem algumas oscilações de aumento e redução até o décimo segundo mês.

Assim, os resultados da Função de Impulso-Resposta estão de acordo com o teste de causalidade de Granger e com a análise de Decomposição de Variância, mostrando que os

preços do mercado sucroalcooleiro de São Paulo apresentam uma relação de causalidade de Granger e, portanto, de transmissão de preços com o mercado sucroalcooleiro de Pernambuco. Pode-se concluir que, apesar de ambos os mercados não possuírem uma integração perfeita, choques ou variações nos preços do açúcar e do etanol hidratado do mercado paulista, influenciam fortemente no curto prazo (dentro de uma defasagem de no máximo 12 meses), os preços do açúcar e do etanol hidratado do mercado pernambucano.

Vale ressaltar ainda, que esse estudo é de grande relevância por se tratar de uma pesquisa inédita e atualizada, contribuindo para o desenvolvimento da literatura acerca dessa temática. Além disso, através dos resultados obtidos, é possível realizar uma projeção ex-ante e ex-post para qualquer período, ou seja, choques nos preços do mercado sucroalcooleiro de São Paulo têm uma transmissão e um impacto considerável instantaneamente no curto prazo em relação aos preços do mercado sucroalcooleiro pernambucano. Essa transmissão ocorre com maior intensidade nos primeiros 4 a 5 meses, sendo que depois desse período tal variação ainda permanece, porém em menor intensidade até o décimo segundo mês. Assim, o conhecimento das relações de transmissão de preços entre mercados é de grande valia, porque contribui para reduzir os riscos relacionados à volatilidade dos preços, além de facilitar a realização de previsões de cenários e de ajustamento de preços, fornecendo informações relevantes para a formulação de melhores estratégias de mercado, bem como de políticas públicas setoriais.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, J. da S.; LIMA, R. C. Transmissão de preços nos mercados de açúcar e etanol localizados no Centro-Sul e Nordeste do Brasil: uma análise através do modelo autorregressivo threshold (TAR). **Revista de Economia do Nordeste**, v. 46, n. 4, p. 27-43, out./dez., 2015.
- ALVES, J. S.; LIMA, R. C. Transmissão de preços entre mercados de açúcar espacialmente separados no Brasil: uma análise de co-integração. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 48, 2010, Campo Grande-MS. **Anais**, 2010.
- AMARAL, F. J. G.; ALVES, J. S. Transmissão espacial de preços do álcool dos estados de Alagoas e São Paulo: Uma análise para os anos de 2002 a 2011. In: Congresso de Economia, Sociologia, Ambiente e Desenvolvimento Rural, 07, 2013, Évora. **Anais**, 2013.
- BARROS, G. S. A. C. Transmissão de preços pela central de abastecimento de São Paulo Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 44, n. 1, p. 5-20, jan./mar. 1990.
- BLOCK, A.; CORONEL, D. A.; VELOSO, G. O. Análise da transmissão de preços no setor sucroalcooleiro brasileiro. **Revista Estratégia e Negócios**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 120-137, mai./ago. 2012.
- BORGES, I. B. de A. **Análise da causalidade entre preços do açúcar no mercado de Goiás e da Bolsa de Valores de Nova York, no período de 2008 a 2020**. 39 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.
- CEPEA/USP. CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Consulta ao Banco de Dados**. Jan. 2022. Disponível

em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/consultas-ao-banco-de-dados-do-site.aspx>>. Acesso em: 20 Jan. 2022.

CLEIN, C. **Motivos e consequências da falência de agroindústrias canavieiras no estado do Paraná**. 111 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2021.

COSTA, F. W. I.; TAVARES, A. A transmissão de preços na cadeia de etanol hidratado no Estado de São Paulo. In: Encontro Latino-americano de Economia da Energia, 5, 2015, Medellín. **Anais**, 2015.

FACKLER, P. L.; GOODWIN, B. K. **Spatial price analysis: a methodological review**. North Carolina: Department of Agricultural and Resource Economics, North Carolina State University, 2000.

FAGNANI JUNIOR, V.; BACCHI, M. R. P. **Transmissão de preços no mercado de açúcar e álcool entre as regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste**. 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/609.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

FAMINON, M. D.; BENSON, B. L. Spatial market integration. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 72, n. 1, p. 49-62, 1990.

FERNANDES, C. B. S.; SHIKIDA, P. F. A.; CUNHA, M. S. O Mercado de Trabalho Formal no Setor Sucroalcooleiro no Brasil. **Revista Desigualdade Regional**, Santa Cruz do Sul, v. 18, n. 2, p. 177-192, maio. /ago. 2013.

FISCHER, T. R.; KLEIN, C. F.; KLIEMANN, D. C.; SHIKIDA, P. F. A. Uma análise da concentração na agroindústria canavieira em Minas Gerais (safra 2002/2003 a 2014/2015). **Economia-Ensaio**, Uberlândia, v. 32, ed. 1, p. 11-28, 2017.

FRASCAROLI, B. F.; CARVALHO, P. S. de A. Transmissão de preços no mercado de bioetanol entre Alagoas e Pernambuco: Uma Análise De Cointegração. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 14, ed. 1, p. 106-138, 2016.

GARCIA, U. S.; RIBEIRO, L. A.; SILVA, J. S. da; SHIKIDA, P. F. A. Dinâmica socioeconômica e tecnológica municipal da produção canavieira na região do Matopiba (Brasil). **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras (MG), v. 23, e1781, p. 1-16, 2021.

GARDNER, B. L. The farm-retail price spread in a competitive food industry. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 57, n. 3, p. 399-409, 1975.

GOODWIN, B. K. **Spatial and vertical price transmission in meat markets**. Paper prepared for workshop on market integration and vertical and spatial price transmission in agricultural markets, University of Kentucky, Apr. 2006.

GOODWIN, B. K.; SCHROEDER, T. C. Cointegration tests and special price linkages in regional cattle markets. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 73, n. 2, p. 452-464, may, 1991.

GUJARATI, D. **Econometria Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HEIEN, D. M. Markup pricing in a dynamic model of food industry. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 62, n. 1, p. 10-18, 1980.

LIBERA, A. A. D.; WAQUIL, P. D. Transmissão de preços entre mercados de soja. **Revista de Política Agrícola**, v. 18, n. 3, jul./ago./set. 2009.

MAIA, S. F. **Modelos de vetores autorregressivos: uma nota introdutória**. Texto para Discussão 60. Curso de Mestrado em Economia da Universidade Estadual de Maringá (PR), jan. 2001.

MARGARIDO, M. A.; SHIKIDA, P. F. A.; CALVO, J. C. A. Análise da elasticidade da transmissão dos preços internacionais do açúcar para os preços no Brasil: uma aplicação do Modelo Estrutural. **Redes**, Santa Cruz do Sul, v. 23, ed. 1, p. 321-340, 2018.

MELO, A. D. S.; MOTA, D. G.; LIMA, R. C. Uma análise da relação entre os preços dos biocombustíveis e das culturas alimentares no Brasil: o caso do setor sucroalcooleiro. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 46, 2008, Rio Branco. **Anais**, 2008.

MORAES, M. L. **Integração espacial no mercado brasileiro de etanol**. 2014. 131 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2014.

MORAES, M. L.; BACCHI, M. R. P. Integração Entre os Estados Brasileiros Produtores de Etanol. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 53, n. 04, p. 607-626, out./dez. 2015.

RAPSOMANIKIS, G.; HALLAM, D.; CONFORTI, P. Market integration and price transmission in selected food and cash crop markets of developing countries: review and applications. **Commodity Market Review**, 2003. Disponível em: <https://www.fao.org/3/y5117e/y5117e06.htm> Acesso em: 15 jun. 2022.

RAVALLION, M. Testing marketing integration. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 68, n. 1, p. 102-109, 1986.

RISSARDI JÚNIOR, D. J. **Três ensaios sobre a agroindústria canavieira no Brasil**. 116 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2015.

SANTOS, S. B. dos. **Razões e consequências da falência de agroindústrias canavieiras em Minas Gerais**. 98 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2021.

SHIKIDA, P. F. A. A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995. 1997. 191 f. Tese (Doutorado). ESALQ/USP, Piracicaba, 1997.

SHIKIDA, P. F. A. Evolução e fases da agroindústria canavieira no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 4, p. 43-57, out./nov./dez. 2014.

SHIKIDA, P. F. A. Uma análise da concentração na agroindústria canavieira em Minas Gerais (safras 2002/2003 a 2014/2015). **Economia-Ensaio**, Uberlândia, v. 32, ed. 1, p. 11-28, 2017.

SOUZA, W. P. S. F.; ANNEGUES, A. C.; MAIA, S. F. Preços de alimentos e dinâmica inflacionária no Brasil: uma aplicação do modelo de vetores autoregressivos (VAR). **Revista Economia e Desenvolvimento**, v. 14, n. 1, p. 111-125, 2015.

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. **Econometric**. São Paulo: Addison Wesley, 2004.

TOMASETTO, M. Z. C.; MARGARIDO, M. A.; SHIKIDA, P. F. A. Transmissão de preços no mercado de cana-de-açúcar entre os estados de São Paulo e Paraná. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (RBERU)**, [s. l.], v. 07, ed. 1, p. 19-37, 2013.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Balanco de atividades 2012/2013 a 2018/2019. 2019**. Disponível em: <Relatorio-Atividades-201213-a-201819.pdf (unica.com.br)>. Acesso em: 08 de fevereiro.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Base de dados (UNICADATA). 2021**. Disponível em: <<https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/acucar/>>. Acesso em: 02 de fevereiro.

UNICA. União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Histórico de produção e moagem. 2022**. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2> Acesso em: 16 jun. 2022.

VALENÇA, M. N.; MELO, A. S.; SOBRAL, M. F. F.; XAVIER, M. G. P. Relação entre a taxa de câmbio e o setor de turismo: análise por vetores autorregressivos. **Revista Turismo – Visão e Ação**, São Paulo, v. 17, n. 3, set./dez. 2015.