

O EFEITO DA TAXA DE CÂMBIO NO PREÇO DOMÉSTICO DO AÇÚCAR E DO ETANOL NO BRASIL NO PERÍODO DE 2010 A 2022

*The effect of the exchange rate on the domestic price of sugar
and ethanol in Brazil in the period from 2010 to 2022*

*El efecto del tipo de cambio sobre el precio interno del azúcar y
del etanol en Brasil de 2010 a 2022*

DOI: 10.48075/igepec .29i1.34187

Leandro de Sousa Floriano
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

André de Souza Melo
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

O EFEITO DA TAXA DE CÂMBIO NO PREÇO DOMÉSTICO DO AÇÚCAR E DO ETANOL NO BRASIL NO PERÍODO DE 2010 A 2022

The effect of the exchange rate on the domestic price of sugar and ethanol in Brazil in the period from 2010 to 2022

El efecto del tipo de cambio sobre el precio interno del azúcar y del etanol en Brasil de 2010 a 2022

Leandro de Sousa Floriano¹

André de Souza Melo²

Resumo: O propósito deste artigo é analisar a relevância do câmbio no setor sucroalcooleiro brasileiro, dada a importância econômica das commodities etanol e açúcar. Estes produtos têm um papel de destaque no mercado nacional e posicionam o Brasil como um dos maiores exportadores globais dessas commodities, o que torna essencial um estudo aprofundado sobre as influências cambiais nesse setor estratégico. O trabalho teve como objetivo principal analisar o efeito do choque da taxa de câmbio no preço doméstico do açúcar e do etanol entre o período de 2010 a 2022. A metodologia utilizada foi realizada através do modelo de Vetores Autorregressivos (VAR). Foi possível evidenciar que o etanol foi a variável mais impactada frente às oscilações cambiais e o açúcar, mesmo com algumas oscilações, se manteve resiliente tanto no mercado doméstico, quanto no mercado internacional. Mesmo diante dos impactos mundiais, como a COVID-19 que teve início em 2020, o açúcar não foi impactado fortemente no mercado doméstico, diferentemente do etanol.

Palavras-chave: Taxa de câmbio; Preço do açúcar; Preço do etanol.

Abstract: The purpose of this article is to analyze the relevance of exchange rates in the Brazilian sugar and ethanol sector, given the economic importance of the commodities ethanol and sugar. These products play a prominent role in the national market and position Brazil as one of the largest global exporters of these commodities, which makes an in-depth study of exchange rate influences in this strategic sector essential. The main objective of this study was to analyze the effect of the exchange rate shock on the domestic price of sugar and ethanol between 2010 and 2022. The methodology used was carried out using the Vector Autoregressive (VAR) model. It was possible to show that ethanol was the variable most impacted by exchange rate fluctuations and sugar, despite some fluctuations, remained resilient both in the domestic and international markets. Even in the face of global impacts, such as COVID-19 that began in 2020, sugar was not strongly impacted in the domestic market, unlike ethanol.

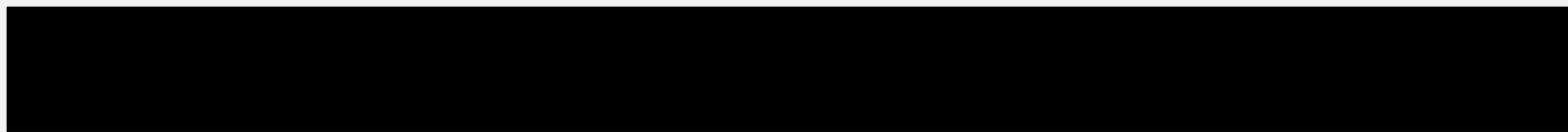
Keywords: Exchange rate; Sugar Price; Ethanol Price.

Resumen El objetivo de este artículo es analizar la relevancia de los tipos de cambio en el sector azucarero y alcohólico brasileño, dada la importancia económica del etanol y los commodities azucareros. Estos productos desempeñan un papel destacado en el mercado nacional y posicionan a Brasil como uno de los mayores exportadores mundiales de estos commodities, lo que hace esencial un estudio en profundidad de las influencias del tipo de cambio en este sector estratégico. El principal objetivo del trabajo fue analizar el efecto del shock cambiario sobre el precio interno del azúcar y el etanol entre el período 2010 y 2022. La metodología utilizada se realizó mediante el modelo Vector Autoregresivo (VAR). Se pudo demostrar que el etanol fue la variable más impactada por las fluctuaciones del tipo de cambio y el azúcar, a pesar de algunas fluctuaciones, se mantuvo resistente tanto en el mercado interno como en el internacional. Incluso ante impactos globales, como el COVID-19 que comenzó en 2020, el azúcar no se vio fuertemente afectado en el mercado interno, a diferencia del etanol.

Palabras clave: Tipo de cambio; Precio del Azúcar; Precio del etanol.

¹ Mestre em Administração e Desenvolvimento - UFRPE. E-mail: leandroflosf@gmail.com

² Professor Associado do Departamento de Economia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. E-mail: andresouzam@gmail.com



INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas agrícolas na economia. A produção teve origem no período colonial, sendo o Brasil o maior exportador mundial, principalmente de açúcar. O açúcar e o álcool são produtos indispensáveis para a economia global: o primeiro é essencial para o consumo humano, e o segundo é utilizado como fonte alternativa de combustível fóssil e na fabricação de bebidas alcoólicas (Rocha; Pandolfi, 2019).

Durante o período de investimentos e incentivos públicos voltados à diversificação agrícola e econômica no Brasil, o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) foi criado como parte das iniciativas de intervenção governamental no setor da cana-de-açúcar. O Instituto foi estabelecido a pedido dos usineiros, principalmente do Nordeste, em resposta a uma crise de superprodução. Como medida imediata de incentivo, o governo de Getúlio Vargas promulgou o Decreto n.º 19.717, em 1931, determinando a mistura obrigatória de 5% de álcool à gasolina importada, além de exigir que os veículos de órgãos públicos utilizassem combustível com pelo menos 10% de álcool. Adicionalmente, foram concedidas isenções de impostos e taxas de importação para materiais necessários ao desenvolvimento tecnológico das destilarias existentes (CPDOC/FGV, 2021).

No entanto, a porcentagem de álcool misturado à gasolina variou ao longo do tempo devido a mudanças nas diretrizes energéticas do país e às flutuações dos preços no mercado externo. Essa mistura era implementada pelo governo apenas quando os preços do açúcar no mercado externo, bem como os do melaço e da aguardente no mercado interno, estavam abaixo das expectativas dos produtores (Baccarin, 2011; Santos, Valle, Giannini, 2000).

No início da década de 1970, o mercado de açúcar manteve-se estável, mas, logo depois, houve um aumento nos preços devido ao aquecimento do setor. Entretanto, com a entrada de novos competidores no mercado de commodities, os preços do açúcar, que haviam mais do que dobrado até 1974, voltaram a cair em 1978 (Campos, 2010; Baccarin, 2011). Além disso, o primeiro choque do petróleo impulsionou a criação do Programa Nacional do Alcool (Proálcool), resultando na participação de novos órgãos nas decisões setoriais.

Inicialmente, foi instituída a Comissão Nacional do Alcool e, em 1979, suas funções foram divididas entre o Conselho Nacional do Alcool (CNAL), responsável por formular políticas e estabelecer diretrizes, e a Comissão Executiva Nacional do Alcool (CENAL), encarregada da execução da política alcooleira. Os incentivos do programa foram agrupados em três categorias: (i) financiamento para investimentos agrícolas e industriais, bem como para custeio, com taxas de juros negativas ou subsidiadas; (ii) fixação do preço do etanol acima de seu custo de produção; (iii) aumento gradual do percentual de etanol anidro misturado à gasolina, que chegou a 22% em 1985 (Baccarin, 2011).

De acordo com Da Costa (2014), os choques nos preços das commodities podem influenciar a taxa de inflação doméstica de duas maneiras distintas. A primeira delas ocorre por meio dos efeitos de primeira ordem, nos quais as oscilações nos preços internacionais das commodities são diretamente repassadas para os preços locais. Como as commodities são produtos homogêneos e transacionados internacionalmente, é esperado que seus preços sigam localmente as cotações internacionais. Assim, parte dessas oscilações externas nos preços pode se refletir na taxa de inflação local, especialmente considerando que as commodities compõem uma parte significativa da cesta de consumo dos indivíduos.

Por outro lado, existem os efeitos de segunda ordem, que ocorrem de forma indireta. Nesse caso, os preços dos bens que utilizam as commodities como insumo tendem a aumentar, refletindo indiretamente os choques nos preços dessas commodities. Esse impacto secundário pode ser avaliado por meio do núcleo da inflação, que geralmente exclui produtos, serviços e bens com comportamento volátil, como os preços das commodities (Da Costa, 2014).

Em uma economia aberta, a taxa de câmbio desempenha um papel crucial, influenciando não apenas as exportações, mas também os saldos comerciais, a inflação e os preços relativos. Essa variável impacta diretamente a alocação de recursos na economia, especialmente no setor sucroalcooleiro (Fernandez, 2020).

A economia brasileira, altamente inserida no mercado internacional de produtos agrícolas, está exposta às flutuações dos preços externos e da taxa de câmbio. Como resultado, os preços domésticos são significativamente impactados por mudanças nos preços globais (Santos et al., 2007).

No contexto do setor sucroalcooleiro, a alta na taxa de câmbio torna o mercado internacional de açúcar mais atraente. Isso leva as usinas a aumentarem sua produção de açúcar voltada para exportação, reduzindo a oferta de etanol no mercado interno. Consequentemente, a menor produção de etanol eleva o preço desse combustível, evidenciando o impacto indireto do câmbio sobre o preço do etanol (Mathias, 2018).

Neste sentido, a relação entre a taxa de câmbio e os preços domésticos do açúcar e do etanol no Brasil tem sido objeto de interesse significativo entre economistas, pesquisadores e formuladores de políticas. Com a economia brasileira cada vez mais integrada aos mercados internacionais, as flutuações na taxa de câmbio podem ter efeitos significativos sobre a competitividade dos produtores, a inflação interna e o bem-estar dos consumidores.

Nesse contexto, Burnquist, Silveira e Rodrigues (2004) destacam que o elevado volume de exportações açucareiras do Brasil contribui para manter o comércio internacional competitivo, mesmo quando os preços internos são mais altos. Assim, o impacto da taxa de câmbio sobre os preços domésticos torna-se um fator crucial para a análise econômica do setor. Este artigo propõe examinar mais profundamente como as flutuações na taxa de câmbio podem influenciar os preços domésticos do açúcar e do etanol no Brasil. Ao entender melhor essas dinâmicas, pode-se identificar desafios e oportunidades para o setor sucroalcooleiro e para a economia brasileira, contribuindo assim para o desenvolvimento de políticas mais eficazes e estratégias de gestão mais robustas.

2 – REVISÃO DA LITERATURA

O período denominado Pró-etanol teve início com a desregulamentação do setor sucroalcooleiro, marcada pela liberalização dos preços dos produtos da cana-de-açúcar e pela entrada de investimentos externos, resultantes da abertura comercial. Essas mudanças, juntamente com transformações institucionais, fortaleceram as organizações do setor, que passaram a atuar com mais transparência e a adotar diretrizes estratégicas para buscar melhores alternativas de desenvolvimento. Dessa forma, as cadeias produtivas, que antes desempenhavam um papel secundário, passaram a ser protagonistas nas decisões em benefício do setor (Tonin; Tonin, 2014).

Nesse cenário, o processo de internacionalização do setor sucroalcooleiro foi impulsionado pela motivação das empresas multinacionais em diversificar seus investimentos, explorando as vantagens comparativas e competitivas da produção de

etanol em novas fronteiras e na formação de mercados consumidores. No entanto, após o contrachoque do petróleo, a intervenção do governo não conseguiu sustentar o mercado previamente criado, e a produção de etanol passou a ser influenciada pelas decisões estatais. Além disso, a crise econômica da década de 1980, marcada pelo endividamento externo, aumento da inflação, elevação dos preços do açúcar e redução do preço do petróleo, colocou em dúvida a sustentabilidade do Pró-álcool, contribuindo para um reposicionamento governamental no setor, processo conhecido como desregulamentação, iniciado com a extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) em 1990.

Defante, Vilpoux e Sauer (2018) afirmam que a escassez de açúcar no mercado internacional em 2016 e no início de 2017 favoreceu a produção de açúcar em detrimento do etanol, impactando negativamente as empresas que transformam menos de 25% de sua matéria-prima em açúcar. Além disso, a queda nos preços da energia elétrica no mercado à vista reduziu o interesse pela comercialização de energia fora dos contratos, prática comum nas usinas, o que pode agravar ainda mais a situação das empresas do setor.

Diante da redução dos preços internacionais do açúcar e da crise econômica global subsequente, o Estado percebeu a necessidade de considerar uma mudança na matriz energética nacional, visando substituir gradativamente a gasolina pelo álcool. Para promover essa transição e reduzir a dependência de combustíveis importados, o governo intensificou suas políticas energéticas, incentivando ainda mais o uso do álcool como combustível (Carrijo, 2008).

A compreensão das relações complexas entre commodities, flutuações cambiais e políticas governamentais é essencial para entender os desafios e oportunidades enfrentados pelo setor sucroalcooleiro brasileiro. Souza e Mattos (2021) destacam como os choques de preços das commodities podem afetar diretamente a economia nacional, especialmente quando combinados com mudanças na taxa de câmbio real. Esses fatores têm implicações significativas no mercado interno, como apontado por Florêncio e Melo (2022), segundo os quais, em um mercado de concorrência perfeita, quando a demanda é maior do que a oferta, a expectativa é que haja elevação dos preços.

O estudo de Barros (2022) revela uma interação significativa entre os preços internacionais de commodities, a taxa de câmbio doméstica e os preços agrícolas. Em vista disso, observou-se que a elevação de 10%, por exemplo, nos preços internacionais das commodities provoca uma valorização cambial de aproximadamente 6,4% desse aumento, de maneira que o preço agrícola subiria a diferença entre esses dois valores (3,6%) e o preço do comprador aumentaria, resultando em uma inflação de cerca de 2%. Sendo assim, as flutuações no preço internacional das commodities não afetam diretamente a inflação doméstica, mas causam mudanças importantes, levando a ajustes significativos na produção econômica.

Além dos fatores externos, aspectos internos, como logística e competitividade, desempenham um papel fundamental na determinação da posição do Brasil no mercado global de commodities, como discutido por Monte (2015). Nakatani (2018) argumenta que choques negativos nos preços das commodities podem desencadear crises no balanço de pagamentos, destacando a importância das políticas cambiais na gestão dessas crises.

Babcock, Agroicone e Peng (2013) apontam que a produção de etanol no Brasil tem enfrentado estagnação devido à falta de investimentos em novas e existentes plantações de cana-de-açúcar, além dos altos preços do açúcar no mercado internacional, que tornam sua produção mais lucrativa do que a de etanol. Neto (2021)

destaca que, se não fossem os mandatos de mistura, a produção de açúcar pelas empresas brasileiras seria significativamente maior, visto que as decisões de produção de etanol estão subordinadas às de açúcar. Nessa perspectiva, a tomada de decisão para produzir etanol está sujeita às condições do mercado do açúcar. Vale frisar que a quantidade ofertada de um produto é influenciada por diversas variáveis, tais como os níveis de preços no mercado interno e externo, o custo dos insumos, a tecnologia empregada, bem como a relação entre os preços do álcool e do açúcar, considerando que as indústrias podem escolher entre produzir um ou outro conforme a expectativa de retorno (Dias; Alves; Shikida, 2009).

Balcombe e Rapsomanikis (2008) afirmam que a cana-de-açúcar será direcionada para a produção de etanol quando o custo de produção do etanol for menor que o preço da gasolina e o valor marginal da cana no mercado de biocombustíveis superar o do mercado de açúcar, o que, por sua vez, eleva o custo marginal do açúcar. No entanto, essa situação dificilmente ocorre de forma espontânea, razão pela qual os governos buscam incentivar a produção de etanol. Apesar de a diversificação de produtos proporcionar vantagens ao cultivo da cana-de-açúcar, o setor ainda enfrenta desafios. As usinas precisam lidar com dilemas relacionados à maximização de receitas, pois é necessário definir um modelo de negócios focado apenas na produção de açúcar ou etanol, o que pode facilitar a gestão devido à menor complexidade envolvida (Cunha; Pasqualetto, 2022).

Dihel (2012) aponta que, após a liberalização da produção de etanol no final da década de 1990, o Brasil apoiou o setor com medidas como tributação reduzida em relação à gasolina e o mandato de maior taxa de mistura de etanol do mundo. No entanto, a política governamental de controle dos preços da gasolina para combater a inflação desencorajou investimentos em novas usinas de etanol, já que preços mais baixos da gasolina reduziram a atratividade do etanol para os consumidores. Em 2011, os preços do etanol estavam 23,7% abaixo do previsto.

Por exemplo, políticas específicas para o mercado do etanol têm impacto direto na dinâmica de preços do açúcar e do etanol, influenciando a competitividade do setor sucroalcooleiro brasileiro (Rezende, 2015; Vidal, 2021). Nesse contexto, medidas adaptativas se tornam essenciais para promover o desenvolvimento econômico sustentável. A compreensão dessas interconexões entre política governamental, mercado de commodities e flutuações cambiais é importante para garantir a estabilidade econômica e ambiental do país. Entender essa relação de maneira mais aprofundada é essencial para o desenvolvimento de políticas adaptativas que possam melhorar tanto a saúde econômica quanto a sustentabilidade ambiental do país, conforme argumentado por Lima (2019).

A pesquisa realizada por Palazzi (2022) destaca a influência dos preços do petróleo sobre os preços do etanol, enquanto Mathias (2018) ressalta a relação direta entre o preço do etanol e a taxa de câmbio. Esses fatores são fundamentais para entender como as decisões de produção e exportação são moldadas por fatores econômicos e políticos. Quando se trata do açúcar, Mathias (2018) mostra em seu estudo que, como uma commodity, o açúcar possui um preço uniforme no mercado internacional, sendo influenciado pela demanda global e tornando-se altamente dependente da taxa de câmbio.

3 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia aplicada no estudo baseou-se no modelo econométrico de Vetores Autorregressivos (VAR), com o objetivo de identificar o comportamento do preço do açúcar e do etanol quando ocorre um choque na taxa de câmbio. Com isso, foram aplicados dados observacionais mensais, no período de janeiro de 2010 a agosto de 2022. O modelo VAR é um sistema no qual todas as variáveis são endógenas, relacionando-se entre si e com as variáveis defasadas. Por meio do VAR, busca-se também apresentar os resultados de testes de causalidade de Granger, função impulso-resposta e decomposição da variância do erro de previsão (Stock; Watson, 2001).

Segundo Alves (2002), a vantagem do VAR consiste no reduzido grau de limitações teóricas sobre sua estrutura. As exigências estabelecidas são: I) definição das variáveis que interagem dentro do sistema; e II) determinação da quantidade de defasagens necessárias para captação da dinâmica de interação entre as variáveis do modelo.

O modelo é amplamente utilizado para verificar como as variáveis endógenas respondem a choques. Dentre os autores que trabalham com o modelo VAR para as commodities brasileiras, destaca-se o trabalho de Margarido, Turolla e Bueno (2014) que analisou a transmissão de preços no mercado internacional do petróleo e da soja de 1980 a 2010. Também ganha destaque o trabalho de Margarido, Shikida e Calvo (2018), que analisa o efeito de mudanças nos preços internacionais de açúcar sobre o preço recebido pelos exportadores brasileiros. Stockl, Moreira e Giuberti (2017) também utilizaram o Vetores Autorregressivos para estudar o impacto de choques de commodities sobre a dinâmica inflacionária do Brasil de 2005 a 2013.

Para a utilização do VAR, é necessário identificar se as variáveis utilizadas são estacionárias, o que é feito por meio do teste de raiz unitária de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), que verifica se a série temporal e as associações subjacentes são estáveis. Uma vez identificada a ordem de integração das variáveis, torna-se possível mostrar as relações cointegradas, sobretudo as relações de curto e de longo prazo entre elas. Também foi realizado o teste Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS), que busca verificar a estacionariedade em séries temporais observáveis, testando uma tendência determinística contra uma raiz unitária alternativa. O KPSS é um teste alternativo ao ADF, sendo definido pelo procedimento de um teste de não estacionariedade contra a hipótese nula de estacionariedade. Conforme Greene (2008), as variáveis do teste ADF são modeladas como uma função linear com base em defasagens anteriores delas mesmas e de outras variáveis estabelecidas.

Visando a definição da ordem de defasagem, o estudo seguiu a seguinte ordem de entrada das variáveis: primeiro a taxa de câmbio, logo em seguida o preço do açúcar e, por fim, o preço do etanol. No que tange aos critérios, foram utilizados os seguintes indicadores: AIC (Critério de Informação de Akaike), BIC (Critério de Informação de Schwarz) e HQ (Critério de Informação de Hannan-Quinn). A ordem de defasagem foi definida com base em uma convergência entre os resultados dos critérios adotados.

Ademais, a utilização do VAR possibilita analisar a resposta das variáveis do modelo ao impulso de uma variável. Esse procedimento busca analisar o mecanismo de choques aleatórios, definido como função de impulso-resposta. Essa função descreve a resposta dos valores atuais e futuros de todas as variáveis, frente a um aumento de uma unidade no valor atual de um dos erros do VAR, mostrando se esse erro retorna a zero em períodos subsequentes e como se comportam todos os outros erros (Stock; Watson, 2021).

Outra análise realizada diz respeito à decomposição da variância, que é uma maneira de descrever quanto do resultado (em porcentagem) da variância do erro de previsão é decorrente de cada variável endógena ao longo do horizonte de previsão (Bueno; Inhasz, 2008). Em outras palavras, de acordo com Vartanian (2010), trata-se da identificação da responsabilidade de cada variável na explicação da variância de todas as variáveis do sistema diante de um choque, classificando a relevância relativa das variáveis na definição de si mesmas e das outras variáveis.

Com a decomposição da variância dos erros de previsão, torna-se possível examinar o impacto da taxa de câmbio nas variações nos preços do açúcar e do etanol. Portanto, o resultado do modelo mostra qual variável é mais afetada pelo câmbio, tanto no curto prazo quanto no longo prazo.

Dessa forma, em caso de choque cambial positivo, causado por uma crise internacional ou uma política monetária brasileira mais expansionista, pode-se mensurar o efeito do aumento nos preços domésticos do açúcar e do etanol.

$$Y_{\tau} + \sum_{j=1}^{\rho} \beta_j Y_{\tau-j} + \sum_{j=1}^{\rho} \delta_j Z_{\tau-j} + \epsilon_{\tau}$$

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

$$\begin{matrix} \text{Câmbio} & 1 & 0 & 0 & \text{Câmbio}_{t\text{choque}} \\ \text{Açúcar} & = & \alpha_{21} & 1 & 0 & \text{Açúcar}_{\tau\text{choque}} \\ \text{Etanol} & & \alpha_{31} & \alpha_{32} & 1 & \text{Etanol}_{\tau\text{choque}} \end{matrix}$$

A matriz acima mostra que a taxa de câmbio, preço do açúcar e do etanol são funções dos choques exógenos de cada variável. Para a equação abaixo é possível observar o modelo VAR, definido como um processo autorregressivo de ordem p. Onde o VAR (p) visa mostrar a endogeneidade das variáveis

$$Y_{\tau} = A_1 Y_{\tau-1} + \dots + A_p Y_{\tau-p} + cD_{\tau} + u_{\tau}$$

Diante da equação acima define-se que A_1 é uma matriz ($K \times K$) de coeficientes das variáveis que explicam o $i = 1, \dots, p$ defasagens; D_{τ} é um vetor ($M \times 1$) de variáveis que envolve constante, tendência e variáveis *dummies*. O c representa a matriz ($K \times M$) de coeficientes dos repressores e u_{τ} é visto como um vetor ($K \times 1$) de resíduos de ruído branco com covariância $E(u_{\tau} u_{\tau}^t) = \Sigma_u$.

FONTE DE DADOS E VARIÁVEIS UTILIZADAS

Os dados relacionados aos preços mensais do açúcar e do etanol foram extraídos do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea, 2022). Os valores foram considerados com base no estado de São Paulo, visto que é a região onde a produção sucroalcooleira tem maior representatividade.

Além disso, a taxa de câmbio utilizada foi a taxa efetiva real (R\$) específica dos biocombustíveis por dólar americano (US\$), coletada por meio da base de dados da plataforma do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea, 2022), que utiliza informações do Banco Central do Brasil. Os dados foram coletados mensalmente, com início em janeiro de 2010 e término em agosto de 2022.

O quadro 2 abaixo mostra as variáveis utilizadas no modelo, que incluem a taxa de câmbio (R\$/US\$), o preço do açúcar (R\$/kg) e o preço do etanol hidratado (R\$/l). Não foi considerado o etanol anidro, pois seu comportamento é semelhante ao do etanol hidratado. Além disso, o quadro apresenta as siglas utilizadas no software e a periodicidade dos dados. Esta pesquisa considerou o período de janeiro de 2010 a julho de 2022.

Quadro 2 - variáveis e siglas estimadas no modelo

Variável	Unidades	Siglas	Periodicidade	Fonte
Preço do Açúcar	(R\$/kg)	I_ACUCAR	Mensal	CEPEA (2022)
Preço de Etanol	(R\$/l)	I_ETANOL	Mensal	CEPEA (2022)
Taxa de câmbio	R\$/US\$	I_CAMBIO	Mensal	Ipeadata/Bacen (2022)

Fonte: Elaboração própria (2023)

As séries também apresentam sazonalidade e, no modelo, todas as análises econométricas foram realizadas com as séries expressas em logaritmos naturais. Por essa razão, o "L" contido nas siglas corresponde ao logaritmo.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção descreve os resultados da presente pesquisa, o que envolve a estimação do modelo autorregressivo VAR. O conteúdo está dividido em quatro etapas, a primeira com a apresentação das variáveis e a realização do teste de raiz unitária. Em seguida, apresenta-se a relação entre Preço do Açúcar, Preço do Etanol e Taxa de Câmbio, após isso, mostra-se a identificação do modelo VAR e os resultados do impulso-resposta. Por fim, apresenta-se os achados da decomposição da variância (DV).

Teste de estacionariedade das séries

Quando se realiza a análise por meio das séries temporais, o primeiro passo é verificar se as variáveis são ou não estacionárias. Caso as variáveis não sejam estacionárias em nível, utiliza-se a primeira diferença das séries. Após a realização do teste com a variável diferenciada, caso ela se torne estacionária, considera-se a série integrada de primeira ordem.

Neste estudo, dois testes foram utilizados para identificar melhor as variáveis estacionárias. O primeiro foi o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), cuja hipótese nula é a presença de raiz unitária. O segundo foi o KPSS, considerado um teste alternativo ao ADF, que, em contrapartida, tem como hipótese nula a estacionariedade.

A Tabela 1 mostra os resultados do teste de raiz unitária, que indicam que apenas a série do preço do etanol não se mostrou estacionária.

Tabela 1 - Resultados dos testes de Raiz Unitária

Variável	Teste ADF	Lags	Teste KPSS	Resultado
Preço do Açúcar	-3,35*	11	0,351***	Estacionária
Preço do Etanol	-2,59	2	0,24***	Raiz Unitária
Taxa de Câmbio	-1,21	2	0,15	Estacionária

Nota: *significância de 10%, **significância de 5%, ***significância de 1%. Preço do açúcar e do etanol com constante, tendência e dummy sazonal. Câmbio com constante e dummy sazonal. Variáveis estão em logaritmo.

A Tabela 1 indica que as variáveis Taxa de Câmbio e Preço do Açúcar foram consideradas estacionárias. Observa-se uma divergência entre o resultado dos testes ADF e KPSS e, dessa forma, considerou-se que as séries são estacionárias. Em contrapartida, houve uma convergência para o preço do etanol, em que os dois testes indicam a presença de raiz unitária na variável em questão.

Identificação do modelo VAR Função impulso-resposta

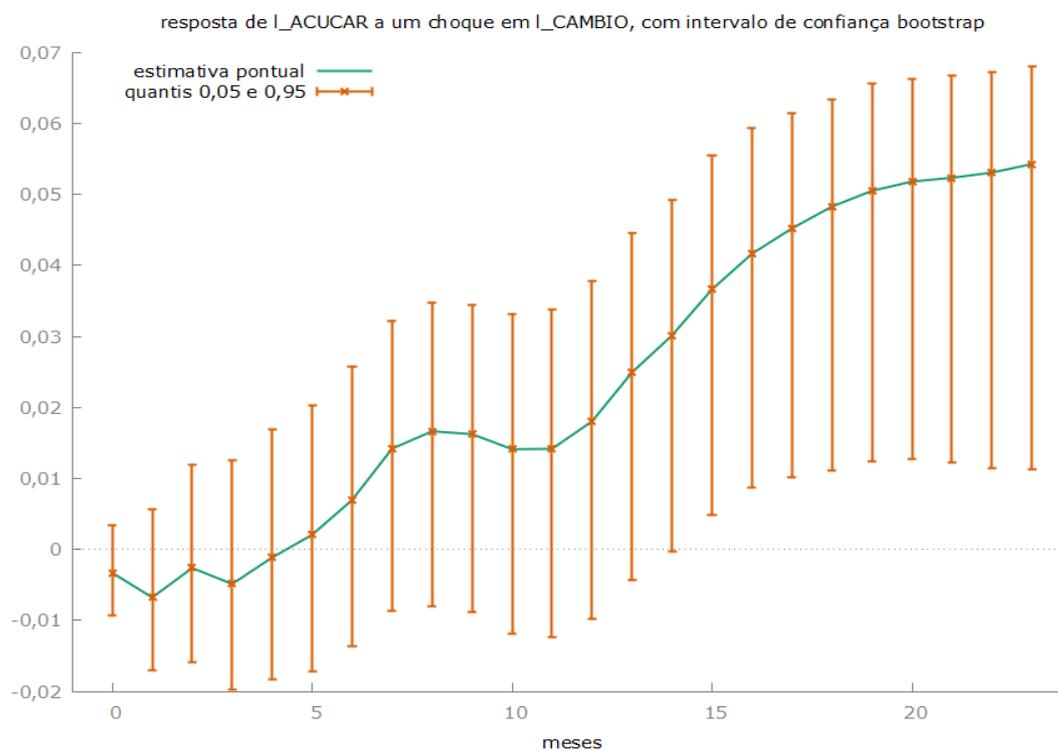
Com o objetivo de definir o número de defasagens do modelo VAR, foram realizados os testes de Akaike (AIC) e Hannan-Quinn (HQ), que indicaram três defasagens, enquanto o critério BIC indicou apenas uma defasagem. No entanto, diante dos resultados de AIC e HQ, preferiu-se utilizar três defasagens.

Após a identificação do modelo, foram analisadas as funções impulso-resposta. É importante ressaltar que, a princípio, foi necessário descrever o ordenamento das variáveis para que, assim, fosse estimada a função impulso-resposta. Isso ocorre porque o VAR é considerado sensível à ordem de entrada das variáveis. Ademais, a definição da ordem de entrada das variáveis no modelo VAR também é essencial para analisar a decomposição da variância.

Este estudo utilizou o ordenamento a partir da decomposição de Cholesky, na qual Stock e Watson (2004) mostram que a primeira variável, considerada mais exógena, afeta todas as outras variáveis e não é impactada por nenhuma delas, enquanto a última variável é afetada pelas outras duas. Por isso, foi utilizado o seguinte ordenamento: primeiro a taxa de câmbio, em seguida o preço doméstico do açúcar e, por fim, o preço doméstico do etanol. Foi testada uma nova sequência de ordenamento, mas não houve alteração significativa nos resultados do modelo.

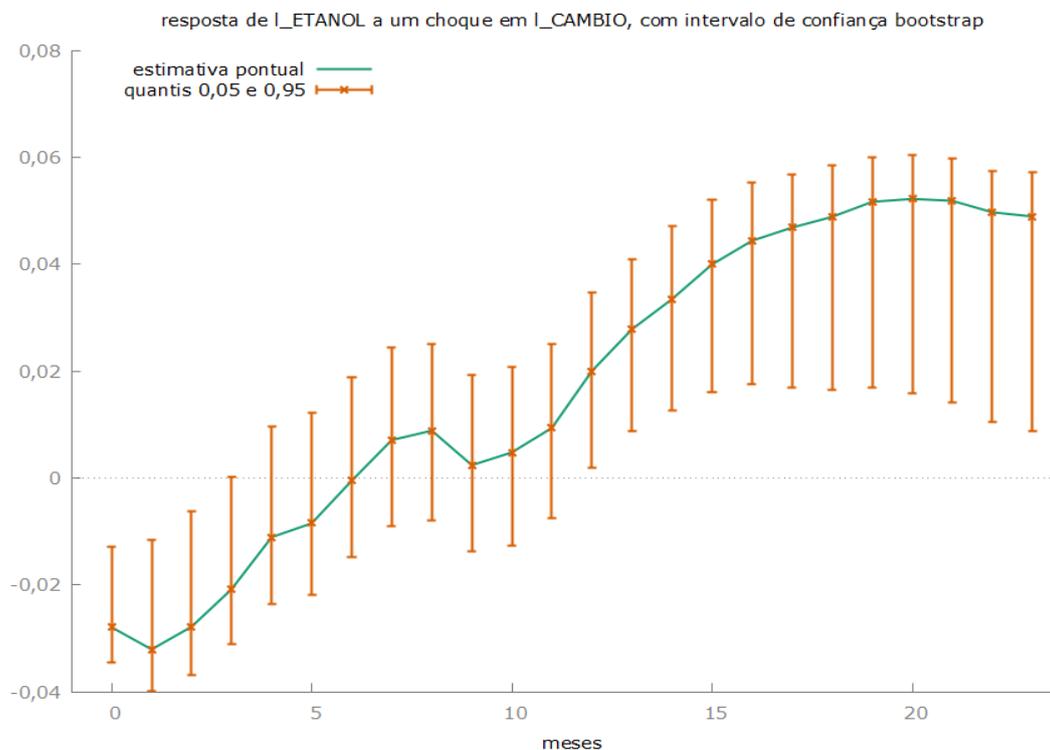
Considerando o ordenamento das variáveis, as Figuras 2 e 3 apresentam a função impulso-resposta para os preços do açúcar e do etanol, quando ocorre um choque na taxa de câmbio. Vale ressaltar que a análise, realizada a partir da função impulso-resposta, tem o objetivo de verificar o efeito dos choques em uma determinada variável.

Figura 2 - Análise do impulso resposta: Açúcar x Câmbio



Fonte: Elaboração própria (2023).

Figura 3 - Análise do impulso resposta: Etanol x Câmbio



Fonte: Elaboração própria (2023).

A função de resposta ao impulso do presente modelo mostra, nos gráficos acima, as respostas das variáveis preço doméstico do açúcar e preço do etanol hidratado, considerando um choque da variável câmbio sobre o preço dessas duas commodities.

Analisando, primeiramente, a relação entre açúcar e câmbio, é possível notar que um choque na taxa de câmbio provoca uma variação no curto prazo. A partir do período 5, a variável começou a se mostrar positiva diante de um choque no câmbio. A partir desse momento, a tendência se mostrou crescente no longo prazo. A desvalorização do real e a valorização do câmbio nos primeiros anos foram decorrentes, principalmente, da crise financeira dos países europeus, da queda dos preços das commodities e dos recorrentes desequilíbrios fiscais no Brasil. Outro fator relevante foi o cenário político instável, que gerou incertezas e aumentou a demanda pela moeda externa. Portanto, esse resultado indica que um choque positivo no câmbio leva ao aumento do preço doméstico do açúcar no longo prazo, estimulando a produção brasileira voltada à exportação dessa commodity. Esse movimento reduz a oferta doméstica e eleva o preço interno. A projeção mostra uma tendência persistente de alta no preço ao longo do tempo.

Por sua vez, ao analisar a relação entre o etanol e um choque no câmbio, observa-se uma trajetória semelhante no gráfico. No entanto, os valores diferem quando comparados ao preço do açúcar, sugerindo diferenças na magnitude da variação no curto prazo. Assim como no caso do açúcar, o preço do etanol também apresenta elevação após o período 5. Esse efeito ocorre devido ao aumento das exportações do setor sucroalcooleiro, especialmente de açúcar, o que reduz a oferta doméstica de biocombustível e eleva seu preço. É válido frisar que o Brasil tem apresentado avanços, ainda que de forma modesta, no comércio internacional de produtos do agronegócio, refletidos no aumento de sua participação no mercado global, que passou de 5,08% na média do triênio 2007-2009 para 5,46% no período de 2017-2019 (Christ, 2022). Além disso, Vidal (2021), aponta que o faturamento das exportações brasileiras de açúcar em 2020 foi quase 70% superior ao de 2019, mantendo-se em crescimento em 2021. Além disso, a comercialização externa do açúcar continuou gerando mais lucro em comparação com a venda no mercado interno (Cepea, 2023).

Percebe-se que a taxa de câmbio é uma das principais variáveis analisadas na macroeconomia, desempenhando um papel estratégico no crescimento econômico de um país (Bresser, 2008). O mesmo autor sugere que uma taxa de câmbio relativamente depreciada pode impulsionar as exportações e criar novas oportunidades de investimento lucrativo. Esse cenário é observado em países que se desenvolveram rapidamente e conseguiram recuperar seus atrasos, mantendo uma taxa de câmbio competitiva, como foi o caso do Japão e de diversos países asiáticos, além de economias emergentes como China e Índia. No que tange ao setor sucroalcooleiro brasileiro, segundo Copetti, Coronel e Sousa (2020), a flutuação da taxa cambial afeta parcialmente o preço de exportação do açúcar VHP. Isso significa que um aumento de 1% na taxa de câmbio resulta em um acréscimo de 0,14% no valor de exportação do açúcar VHP. Da mesma forma, um acréscimo de 1% na taxa de câmbio gera um aumento de 0,12% no valor de exportação do açúcar branco.

Os resultados da função impulso-resposta indicam que tanto o preço doméstico do açúcar quanto o do etanol são impactados positivamente pela taxa de câmbio. O preço internacional do açúcar, em particular, é um fator determinante para a definição do preço doméstico, conforme observado por Campos, Barros e Bacchi (2011). Esses

autores demonstram que um aumento inesperado de 1% no preço internacional do açúcar leva a um aumento de 0,5% no preço doméstico no primeiro mês e de 1% no segundo mês, evidenciando que o preço externo influencia diretamente a formação do preço interno.

Decomposição histórica da variância

A decomposição da variância tem como objetivo identificar, dentro do modelo econométrico, quais fatores provocaram erros de previsão no período amostral, assim como ela se decompõe dentro da estimativa. Com isso, permite-se verificar o que foi relevante para o comportamento visto em cada variável do estudo.

Tabela 2 - Decomposição Histórica da Variância do erro de previsão do Açúcar

	período	erro padrão	I_CAMBIO	I_ACUCAR	I_ETANOL
	1	0,0392717	0,6984	99,3016	0,0000
	6	0,134383	0,5117	92,5159	6,9724
	12	0,176892	4,1065	86,1107	9,7829
	18	0,216475	17,6385	70,1597	12,2018
	24	0,255217	37,3797	51,0705	11,5498

Fonte: Elaboração própria (2023).

No período 1, ao ocorrer um choque no erro de previsão do preço do açúcar, 99,3% do impacto está associado a choques do próprio açúcar, enquanto 0,69% decorre do câmbio e o etanol não exerce influência inicial (0%).

Após 12 períodos, a participação do açúcar no erro de previsão reduziu para 86,11%, enquanto o impacto do etanol cresceu para 9,78%. Já no 24º período, observa-se uma queda significativa na participação do açúcar (51,07%), ao passo que o câmbio assume maior relevância, atingindo 37,38%. O impacto do etanol manteve-se relativamente estável, aumentando apenas dois pontos percentuais em relação ao período 12.

Esses resultados reforçam a influência da taxa de câmbio no longo prazo sobre o preço doméstico do açúcar. Como evidenciado na Tabela 2, a participação do câmbio no erro de previsão cresce de forma expressiva ao longo do tempo, indicando que uma desvalorização cambial pode impactar significativamente o preço do açúcar no mercado interno.

Além disso, percebe-se uma interação relevante entre os preços do açúcar e do etanol. Nesse sentido, Campos (2010) demonstra que, embora ambas as commodities sejam derivadas da mesma matéria-prima (cana-de-açúcar), um aumento no preço do açúcar leva à priorização de sua produção, reduzindo a oferta de etanol e, conseqüentemente, elevando seu preço no mercado doméstico. Assim, há a necessidade de mecanismos que reduzam a volatilidade do preço do etanol, permitindo maior previsibilidade e mitigação de riscos para o setor sucroalcooleiro.

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020), nas safras de 2018/2019 e 2019/2020, o produtor priorizou a destinação da cana para a produção de etanol, com apenas 35% da safra sendo convertida em açúcar. Esse comportamento reflete a forte influência das variações nos preços internacionais sobre o mix de produção, dado o papel expressivo do Brasil no mercado global de exportação de açúcar.

Tabela 3 - Decomposição Histórica da Variância do erro de previsão do Etanol

período	erro padrão	I_CAMBIO	I_ACUCAR	I_ETANOL
1	0,0658597	17,9891	3,7047	78,3062
6	0,126208	20,1398	27,1614	52,6988
12	0,13489	18,9891	30,9794	50,0316
18	0,174156	38,0112	25,1210	36,8677
24	0,218286	56,4381	16,1990	27,3629

Fonte: Elaboração própria (2023).

A decomposição do erro de previsão do etanol apresenta características distintas quando comparada ao açúcar. No primeiro momento, o etanol representou 78,30% do erro de previsão, com 17,98% atribuídos ao câmbio e 3,70% ao açúcar. Já no 12^o período, a participação do etanol diminuiu para 50,03%, enquanto o açúcar teve uma participação de 30,97% e o câmbio ficou com 18,98%. No 24^o período, o câmbio passou a dominar o erro de previsão, com 56,43% de participação, o etanol reduziu para 27,36% e o açúcar caiu para 16,19%. Com isso, sugere que, ao longo do tempo, o impacto do câmbio sobre o preço do etanol se intensifica, refletindo uma maior sensibilidade do etanol às flutuações cambiais. Ao final do período analisado, 56,43% da variação do preço do etanol pode ser atribuída à taxa de câmbio, o que reforça a ideia de que o preço do etanol é, de maneira significativa, influenciado pela desvalorização da moeda. Nesse cenário, o açúcar tem maior relevância no médio prazo, enquanto o etanol responde mais rapidamente aos choques cambiais.

Ao comparar as duas variáveis, percebe-se que, quando há um choque no câmbio frente ao preço do açúcar e etanol, a variável mais impactada é o preço do etanol. Sendo assim, esse cenário corrobora com a literatura, quando retrata a preferência do açúcar no setor. Viegas (2011) aponta que a crise internacional, o aumento do preço do açúcar no mercado externo, com o aumento do preço das terras e, sobretudo, com a falta de investidores visando ampliar a quantidade de usinas no setor, resultam em uma maior priorização da produção de açúcar em detrimento ao etanol.

De acordo com Costa, Burnquist e Guilhoto (2017), o mercado de etanol, embora dependente das oscilações do preço do açúcar, sofre um impacto menos intenso. A crescente importância do açúcar no mercado externo, junto ao efeito das variações dos preços internacionais sobre a oferta e demanda globais, também afeta os preços domésticos do etanol, embora de forma mais atenuada. Em especial, o preço interno do açúcar, determinado pela multiplicação do preço internacional e da taxa de câmbio, reflete os ajustes no mercado doméstico e impacta diretamente o preço do etanol, principalmente devido ao aumento das exportações de açúcar.

Com o aumento das exportações de açúcar, o mercado interno de etanol experimentou uma retração na demanda, culminando em uma queda acentuada no setor em 2021 (Vidal, 2021). Em resposta a essa desaceleração, espera-se que o setor busque novos estímulos para a produção de etanol, visando a recuperação da produção e equilíbrio entre as commodities. Um dos principais estímulos para o aumento da produção de etanol vem da mistura do etanol com a gasolina, o que contribui para maior estabilidade na produção tanto de açúcar quanto de etanol (Boff, 2011; Viegas, 2011).

Outro fator importante para o mercado do etanol foi o surgimento do RenovaBio, política voltada aos biocombustíveis que visa promover eficiência energética, minimizando as emissões de gases do efeito estufa, além de comercializar

e utilizar os biocombustíveis sob a Avaliação do Ciclo de Vida – ACV, promovendo a expansão da produção desse produto no setor (Brasil, 2017).

Embora as flutuações no preço internacional do açúcar não impactem diretamente a inflação doméstica, elas geram mudanças significativas nas variáveis internas, como o preço do etanol. O setor sucroalcooleiro, ao ajustar a produção conforme as flutuações nos preços globais, destaca a importância da interdependência entre as commodities, afetando tanto a produção quanto a demanda no mercado interno. Esse cenário exige políticas públicas e estratégias setoriais que busquem estabilizar a produção e garantir a competitividade das commodities brasileiras no mercado internacional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo deste estudo foi analisar a relação entre o preço doméstico do açúcar e do etanol frente a choques na taxa de câmbio. Considerando que a formação do preço do etanol está diretamente associada à relevância do açúcar no mercado internacional, bem como às variações cambiais, os resultados indicam que não apenas o etanol, mas também o açúcar é impactado pelas oscilações cambiais. Esse efeito torna-se mais evidente quando há uma valorização do real, o que reduz a competitividade das exportações brasileiras e impacta o setor sucroalcooleiro.

A análise revelou que um choque no preço do açúcar exerce um impacto significativo sobre a dinâmica de produção do setor sucroalcooleiro, refletindo a forte representatividade do Brasil no mercado externo. Além disso, o estoque desempenha um papel fundamental na variação da oferta do setor, sendo um fator determinante para a produção de açúcar (Pelegri, 2019).

Dado que o Brasil é o maior exportador mundial de açúcar, os choques cambiais impactam diretamente o mercado doméstico, sobretudo no preço do etanol hidratado. Nesse contexto, políticas governamentais e programas específicos voltados ao setor desempenharam um papel essencial na estruturação e estabilidade do mercado de etanol, buscando mitigar os impactos da volatilidade cambial e da preferência histórica pela produção de açúcar.

Os resultados também demonstram que, mesmo com o impacto da pandemia da COVID-19 em 2020, o setor de açúcar manteve um desempenho favorável, registrando um volume de comercialização superior ao de 2019, período anterior à pandemia. Isso reforça o caráter altamente resiliente e globalizado do setor sucroalcooleiro, que, apesar das crises, mantém sua capacidade produtiva e exportadora. Em contrapartida, o mercado de etanol foi diretamente impactado pelas restrições da pandemia, sobretudo pela redução na mobilidade urbana, que afetou o consumo de combustíveis.

Diante desse cenário, recomenda-se novos estudos sobre os impactos da COVID-19, comparando o Brasil com outras potências mundiais. Além de aprofundar a análise das variáveis discutidas neste estudo, pesquisas futuras poderiam incluir outros fatores relevantes, como PIB, renda mundial, índices de produção em países exportadores e preços internacionais do açúcar, com o objetivo de compreender

melhor as forças que influenciam as oscilações nos preços do açúcar e do etanol em resposta às variações da taxa de câmbio.

REFERÊNCIAS

ALVES, Lucilio Rogerio Aparecido. Transmissão de preços entre produtos do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo. **Master's thesis, Universidade de São Paulo-Escola Superior de Agricultura" Luiz de Queiroz**, 2002.

BABCOCK, Bruce A.; AGROICONE, Marcelo; PENG, Yixing. Biofuel Taxes, Subsidies, and Mandates: Impacts on US and Brazilian Markets Recommended Citation. **Center for Agricultural and Rural Development http://lib.dr.iastate.edu/card_staffreports/4**, 2013.

BACCARIN, José Giacomo. Sistema de produção agropecuário brasileiro: características e evolução recente. **São Paulo. Cultura Acadêmica Editora. Unesp. Pró-reitoria de Graduação/Unesp. 254p**, 2011.

BALCOMBE, Kelvin; RAPSOMANIKIS, George. 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**, v. 90, n. 3, p. 658-668, 2008.

BOFF, Hugo Pedro. Modeling the Brazilian ethanol market: How flex-fuel vehicles are shaping the long run equilibrium. **China-USA Business Review**, v. 10, n. 4, p. 245-264, 2011.

BRASIL. Decreto nº 9.308, de 15 de março de 2018. Dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. **Diário Oficial da União, Brasília, DF**, 16 mar. 2018.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. The Dutch disease and its neutralization: a Ricardian approach. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 28, p. 47-71, 2008.

BURNQUIST, Heloísa Lee; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. Análise de barreiras protecionistas no mercado de açúcar. **Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**, 2002.

CAMPOS, Silvia Kanadani. **Fundamentos econômicos da formação do preço internacional de açúcar e dos preços domésticos de açúcar e etanol**. 2010.

CARRIJO, Ed Licys de Oliveira. A expansão da fronteira agrícola no Estado de Goiás: setor sucroalcooleiro. **Monografia Mestrado, UFG**, 2008.

CAMPOS, Silvia Kanadani; BARROS, Geraldo Santana de Camargo; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. **Fundamentos econômicos da formação do preço**

internacional de açúcar e dos preços domésticos de açúcar e etanol. Belo Horizonte, MG: Sober, 2011.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Indicador do açúcar cristal branco CEPEA/ESALQ - São Paulo.** 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/acucar.aspx>. Acesso em: 20 set. 2024.

CEPEA. **Indicador mensal do etanol hidratado combustível CEPEA/ESALQ** – São Paulo. 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/etanol-mensal-sp.aspx>. Acesso em: 20 set. 2024.

CPDOC/FGV. Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA). **Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil (CPDOC)/Fundação Getúlio Vargas.** 2021. Disponível em: <http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/instituto-doacucar-e-do-alcool-iaa>. Acesso em: 15 ago. 2024.

CUNHA, Gabriela Nobre; PASQUALETTO, Antonio. ANÁLISE DA EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM GOIÁS/ANALYSIS OF SUGARCANE EXPANSION IN GOIÁS. **Informe Gepec.** v. 26, n. 3, p. 120-143, 2022.

DA COSTA, Cinthia Cabral; BURNQUIST, Heloisa Lee; GUILHOTO, Joaquim José Martins. The Impact of Changes in Fuel Policies on the Brazilian Economy. **Economia Aplicada**, v. 21, n. 4, p. 635-657, 2017.

DA COSTA, Joao Paulo Madureira Horta. **Mecanismos de transmissão da inflação de commodities não energéticas para o IPCA e seu núcleo.** 2014.

DAIANA CHRIST, Gabriela et al. O agronegócio brasileiro no comércio internacional: vulnerabilidade, retrocesso, oportunidade perdida ou situação ótima? Uma análise dos triênios (2007-2009 e 2017-2019). **Informe Gepec**, v. 26, n. 2, 2022.

DA SILVEIRA BUENO, Rodrigo De Losso. **Econometria de séries temporais.** Cengage Learning, 2008.

DE ARRUDA FERNANDEZ, Andréa Ferraz. **Impactos da taxa de câmbio, preços das commodities e renda mundial sobre as exportações do agronegócio brasileiro entre 1997 e 2018.** 2020.

DE CAMARGO BARROS, Geraldo Sant'Ana et al. Agriculture and inflation: Expected and unexpected shocks. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 83, p. 178-188, 2022.

DEFANTE, Lilliane Renata; VILPOUX, Olivier; SAUER, Leandro. Evolução da produção de cana-de-açúcar no estado de mato grosso do sul. **Informe Gepec**, Toledo, v. 22, n. 1, p. 150-169, 2018.

DE FATIMA VIDAL, Maria. Produção e mercado de etanol no nordeste brasileiro: v. 6 n. 211 (2021). **Caderno Setorial ETENE**, v. 6, 2021.

DIAS, Luiz Carlos; ALVES, Lucílio Rogério Aparecido; SHIKIDA, Pery Francisco Assis. Determinantes das ofertas de açúcar e de álcool paranaenses (1981-2006): uma análise de co-integração. **Informe Gepec**, v. 13, n. 2, p. 20-36, 2009.

DIEHL, Daiane. **Formação do preço de etanol hidratado no Estado de São Paulo e sua relação com os mercados de açúcar e de gasolina**. 2012.

FURLONG, Fred et al. Commodity prices and inflation. **Economic Review-Federal Reserve Bank of San Francisco**, p. 27-47, 1996.

FURTUNATO DE LIMA FLORÊNCIO, Maria Cecília; DE SOUZA MELO, André. Exportações de milho do Brasil: o papel da taxa de câmbio. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, 2022.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. 6. ed. New Jersey: Pearson Education, 2008.

LIMA, Cristiane Rocha Albuquerque et al. Cross-correlations between Brazilian biofuel and food market: Ethanol versus sugar. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 513, p. 687-693, 2019.

MARGARIDO, Mario Antônio; SHIKIDA, Pery Francisco Assis; CALVO, Juan Carlos Ayala. 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, n. 1, p. 321-340, jan./abr. 2018. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/8686>. Acesso em: 5 fev. 2025.

MARGARIDO, Mario Antônio; TUROLLA, Frederico Araujo; BUENO, Carlos Roberto Ferreira. Análise da volatilidade e transmissão de preços entre os mercados internacionais de petróleo e soja. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 123-138, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/878/87831144010.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2025.

MATHIAS, Lucca Pizzo. **Análise das variáveis econômicas impactantes na exportação brasileira de açúcar entre 1997 e 2015**. 2018. 101 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã, 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Exportações brasileiras de açúcar** – Comércio Exterior Brasileiro 2020. Brasília: MAPA, 2023. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/acucar-comercio-exterior-brasileiro>. Acesso em: 10 set. 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Exportações brasileiras de etanol** – Comércio Exterior Brasileiro 2019. Brasília: MAPA, 2023.

Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/etanol-comercio-exterior-brasileiro>. Acesso em: 10 set. 2023.

MONTE, Edson Zambon. Influência da taxa de câmbio e da renda mundial nas exportações do estado do Espírito Santo. **Análise Econômica**, v. 33, n. 63, 2015.

NAKATANI, Ryota. Adjustment to negative price shocks by a commodity exporting economy: Does exchange rate flexibility resolve a balance of payments crisis?. **Journal of asian economics**, v. 57, p. 13-35, 2018.

NETO, Pedro Augusto Machado. Why Brazil imports so much corn-based ethanol: The role of Brazilian and American ethanol blending mandates. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 152, p. 111706, 2021.

PALAZZI, Rafael Baptista; MEIRA, Erick; KLOTZLE, Marcelo Cabus. The sugar-ethanol-oil nexus in Brazil: Exploring the pass-through of international commodity prices to national fuel prices. **Journal of Commodity Markets**, v. 28, p. 100257, 2022.

PELEGRINI, Julio Cesar Couto. **O Efeito da variação do preço do açúcar para a indústria de insumos para bebidas de base guaraná e de cola**. 2019.

REZENDE, Marcelo L.; RICHARDSON, James W. Economic feasibility of sugar and ethanol production in Brazil under alternative future prices outlook. **Agricultural Systems**, v. 138, p. 77-87, 2015.

ROCHA, Renata Lemos; PANDOLFI, Marcos Alberto Claudio. Geração de resíduos no setor sucroalcooleiro. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 384-392, 2019.

SANGOI COPETTI, Leonardo; ARRUDA CORONEL, Daniel; PINHEIRO SOUSA, Eliane. Transmissão da variação da taxa de câmbio para os preços de exportação brasileiros do açúcar vhp, branco e cristal. **Revista de Administração da UNIMEP**, v. 18, n. 2, 2020.

SANTOS, VF dos; PEREIRA, M. W. G.; VIEIRA, W. da C. Transmissão de preços do milho entre os mercados externos e internos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**. 2007.

SOUZA, Rodrigo da Silva; DE MATTOS, Leonardo B.; DE LIMA, João E. Commodity prices and the Brazilian real exchange rate. **International Journal of Finance & Economics**, v. 26, n. 2, p. 3152-3172, 2021.

STOCK, James H.; WATSON, Mark W. Vector autoregressions. **Journal of Economic perspectives**, v. 15, n. 4, p. 101-115, 2001.

STOCKL, Marcos; MOREIRA, Ricardo Ramallete; GIUBERTI, Ana Carolina. O impacto das commodities sobre a dinâmica da inflação no Brasil e o papel amortecedor do câmbio: evidências para o CRB Índice e Índice de Commodities Brasil. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 27, n. 1, p. 173-207, jan./abr. 2017. Disponível

em:

<https://www.scielo.br/j/neco/a/3z4xdfHhjmp7QKxbDngyMFP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 fev. 2025.

TONIN, João Ricardo; TONIN, Julyerme Matheus. Do Proálcool ao “Próetanol”: novos desafios na produção do etanol brasileiro. **Informe Gepec**, v. 18, n. 1, p. 61-76, 2014.

VARTANIAN, Pedro Raffy. Choques monetários e cambiais sob regimes de câmbio flutuante nos países membros do Mercosul: há indícios de convergência macroeconômica?. **Revista Economia**, v. 11, n. 2, p. 435-464, 2010.

VIEGAS, Thales. A solução para a crise do etanol: incentivos, subsídios, regulação ou defesa da concorrência? **Blog Infopetro**, 20 jun. 2011. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2011/06/20/a-solucao-para-a-crise-do-etanol-incentivos-subsidios-regulacao-ou-defesa-da-concorrenca/>. Acesso em: 02 Jan. 2025

Recebido em 23/09/2024.

Aceito em 30/04/2025.