

Competitividade das exportações brasileiras de etanol após o ciclo da expansão canavieira

Competitiveness of the Brazilian ethanol exports after the sugarcane expansion cycle

Ricardo de Queiroz Machado¹, Daniel Henrique Dario Capitani²

RESUMO: O setor sucroenergético brasileiro tem apresentado profundas mudanças em sua dinâmica e estrutura nas últimas duas décadas, modificando suas relações produtivas, a composição dos grupos produtores e a posição relativa do etanol no mercado interno e externo. Embora o biocombustível apresente historicamente uma posição de destaque, poucos estudos buscaram compreender o grau de inserção do produto brasileiro no mercado externo. Neste sentido, este estudo tem como objetivo avaliar o grau de competitividade do Brasil no mercado internacional de etanol ao longo das décadas de 2010 e 2020. Para isso, diferentes métricas foram consideradas, visando mensurar as vantagens comparativas entre os principais players nesse mercado. Em geral, nota-se que o Brasil apresenta uma competitividade consolidada internacionalmente. Porém, os indicadores de competitividade de outros países exportadores de etanol têm se aproximado do brasileiro, incluindo os EUA, seu principal concorrente, que inverteu sua relação de baixa competitividade no início da década de 2000. Entende-se que tal fenômeno seja reflexo da forte expansão e consolidação do mercado de etanol nos EUA, em detrimento a uma década de crises internas que afetaram o etanol brasileiro, levando a uma queda nas exportações brasileiras perante o comércio global. Ademais, observa-se um ganho de participação no comércio de países produtores do bloco europeu, sinalizando o potencial deste mercado. Neste sentido, é necessário acompanhar se a retomada do setor e os recentes avanços nas legislações de países desenvolvidos para o uso de biocombustíveis podem guiar o Brasil a um grau de competitividade superior aos demais países em âmbito global.

Palavras-chave: Biocombustíveis; Brasil; Comércio; Indicadores de competitividade; Mercado externo.

ABSTRACT: Structural and dynamic changes have occurred in the Brazilian sugarcane market over the past two decades. Consequently, the sector's productive arrangements changed, affecting the share of Brazilian ethanol in the domestic and global markets. Despite its market importance, few studies have assessed the competitiveness of Brazilian ethanol production worldwide. Therefore, this study evaluated the competitiveness of Brazilian ethanol production. For this purpose, we adopted different frameworks to analyze international trade competitiveness in the ethanol market, considering the period 2010–2020. Overall, Brazil is competitive globally. However, this position is no longer distant from the USA, which is the largest producer of ethanol in the world. A possible reason is the strong increase in USA production since 2010 and the local crisis in the Brazilian ethanol sector during this period, leading to a decline in the country's ethanol exports. The results also show an increase in European ethanol producers in global ethanol trade. Thus, the behavior of Brazilian production in the forthcoming period, concomitantly with the new legislation for biofuels in developed countries, may guide Brazilian competitiveness to the previous pattern, where the country was the major player in the global market.

Keywords: Biofuels; Brazil; Competitiveness Indexes; International market; Trade.

Autor correspondente: Daniel Henrique Dario Capitani
E-mail: daniel.capitani@fca.unicamp.br

Recebido em: 2024-07-05
Aceito em: 2025-11-05

¹ Doutor em Administração pela Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Professor do Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP), São Paulo (SP), Brasil.

² Doutor em Economia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). Professor Associado da Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas (FCA/UNICAMP) e Permanente do Programa de Pós-Graduação em Administração da UNICAMP, Limeira (SP), Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Posterior ao forte ciclo expansivo da produção canavieira brasileira, advindo do estabelecimento do Programa Nacional do Álcool – Proálcool, que em 1975 estabelece as primeiras diretrizes com incentivos à substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, com aprimoramentos em sua base no período 1979/81, observa-se na década de 1990 uma retração na demanda por etanol hidratado, levando a uma inércia nos investimentos (Stolf; Oliveira, 2020; Piacente; Silva; De Armas, 2022). No entanto, a partir do início da década de 2000, mudanças voltam a ser observadas no setor sucroenergético brasileiro, especialmente com a adoção dos motores flexíveis na frota de automóveis nacionais em 2003, expandindo a produção e área cultivada, além do crescimento da capacidade de processamento do etanol, com a implantação de novas usinas focadas na produção de etanol, bem como na readequação de usinas tradicionais (Nyko *et al.*, 2013; Stolf; Oliveira, 2020).

Com essa conjuntura, houve incremento dos investimentos ao setor até a deflagração da crise econômica internacional entre 2008/09, que resultou em uma rápida elevação na taxa de juros doméstica, além de uma forte queda nos preços do petróleo, reduzindo a margem das usinas. Posteriormente, entre 2011 e 2016, passa a vigorar uma intervenção governamental sobre os preços de gasolina e energia elétrica, mantendo-os em patamares inferiores ao preço de livre mercado. Isso corroborou para uma forte queda nas margens de comercialização de etanol e energia elétrica, o que levou ao crescimento do endividamento de muitos grupos produtores e à redução dos investimentos (Nyko *et al.*, 2013; Silva; Marques, 2017; Lorizola; Capitani, 2018; Rodrigues; Rodrigues, 2022).

Com base nesses acontecimentos, a expansão canavieira se estabilizou na década de 2010, com o consumo doméstico do etanol hidratado dependente dos efeitos sazonais da produção, bem como da paridade com o preço da gasolina, que passou a oscilar mais próxima à lógica de livre mercado a partir de 2016. No que tange à comercialização do excedente de produção, ressalta-se que a esperada abertura comercial para o setor não se expandiu na mesma proporção da produção, sendo dependente do balanço de oferta e demanda dos EUA, principal produtor e consumidor global de etanol (Devlies, 2017; Comtrade, 2022).

De um lado, a produção de etanol do Brasil expandiu de 16,8 bilhões de litros na safra 2005/06 para 35,7 bilhões de litros na safra 2019/2020, consolidando a tendência de alta neste período, ainda que com sazonalidade entre as safras (Conab, 2023). Por outro lado, as exportações saltaram de patamares pouco expressivos no início da década de 2000, para picos entre 2006 e 2008, e 2011 e 2013, atingindo 3,1 bilhões de litros em 2012. A partir de 2014, apresenta uma trajetória estável e abaixo do patamar anteriormente atingido (Unica, 2023).

Neste sentido, os graduais incrementos da exportação do produto nacional, aliado ao desenvolvimento de novas tecnologias na produção, bem como ao menor custo de produção do etanol de cana-de-açúcar em relação ao etanol de milho americano, mantiveram a posição do Brasil como um potencial ofertante em larga escala no comércio global e que atenda às diferentes demandas de países compromissados com metas de descarbonização (Crago *et al.*, 2010; Pereira; De Paula, 2018; Vaccaro *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2022).

No entanto, as recentes mudanças no cenário produtor, bem como as distintas regulamentações nos mercados produtores e consumidores de etanol, afetaram a competitividade do setor, apontando a necessidade de revisar suas estratégias políticas (Santos; Garcia; Shikida, 2015; Jonker *et al.*, 2015; Danelon; Spolador; Bergtold, 2023). Nota-se, portanto, que a problemática da competitividade tem se tornado alvo crescente de investigação para setor sucroenergético. Tais estudos apontam a relação da vantagem dos custos da produção brasileira, a integração entre o governo e agentes do próprio setor, assim como a integração da cadeia produtiva (Crago *et al.*, 2010; Escobar *et al.*, 2011; Bansal *et al.*, 2013; Pereira; De Paula, 2018; Carpio; Souza, 2019; Mosquera *et al.*, 2024).

Desta forma, tendo em vista a crescente demanda por etanol em escala global e o papel do Brasil no mercado internacional, este estudo se propõe a avaliar a competitividade externa do etanol brasileiro. Em suma, busca-se compreender quais os efeitos do atual cenário de produção e comercialização do etanol em âmbito internacional, visando identificar se, a despeito de seu papel como grande produtor, o Brasil tem conseguido se consolidar e incrementar suas vantagens competitivas nesse setor no mercado global.

Para isso, são avaliadas e calculadas diferentes métricas para análise da competitividade externa após o período de expansão canavieira, especificamente entre 2010 e 2021. Tais medidas são amparadas nas teorias de comércio internacional, propondo-se à análise do modelo de *Constant Market Share* (CMS), tendo em vista a mensuração do efeito competitividade, e o índice de Vantagem Comparativa Revelada (RCA), que, para Souza *et al.* (2012) e Rodrigues e Marta-Costa (2021), tem sido largamente utilizado para verificar a vantagem comparativa ao longo dos anos. Ainda, como forma de complementar a análise, se propõe a utilização do Índice de Posição Relativa de Mercado (POS) e da Taxa de Cobertura (TC).

Espera-se, como primeira hipótese do estudo, que os padrões de competitividade externa se apresentem favoráveis ao Brasil na maior parte dos indicadores calculados, ou seja, que demonstre que o etanol brasileiro é competitivo em escala global. Espera-se, também, como segunda hipótese, que a despeito da competitividade observada, o Brasil teve uma perda relativa nas principais métricas calculadas ao longo da década de 2010.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 CONJUNTURA EXTERNA PARA O ETANOL BRASILEIRO

A cana-de-açúcar é a terceira lavoura mais cultivadas no país, após a soja e o milho. De acordo com a Conab (2023), após um período de expansão da área total colhida de cana-de-açúcar no Brasil, em especial entre 2005 e 2016, observou-se um processo de estabilização, com discreta retração na área colhida em algumas regiões, ligeiramente acima de 9 milhões de hectares. Com relação à produção, o Brasil produziu 610 milhões de toneladas em 2022 (Conab, 2023). Nota-se um ciclo ascendente da expansão a partir de 2003, e estabilização a partir de 2013/14, com a produção colhida flutuando próxima de 650 milhões de toneladas por safra a partir de então, em detrimento às aproximadas 400

milhões de toneladas produzidas em 2005. Este crescimento se deu especialmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, com 262% e 43% de crescimento entre 2005 e 2020, respectivamente (Conab, 2023).

Nesse período, a produção total de etanol no Brasil saltou de 16,8 bilhões de litros em 2005, para 27,3 bilhões de litros em 2022, tendo atingido o maior patamar no ano de 2020, com oferta acima de 34 bilhões de litros. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2021), projeta-se uma produção de 47 bilhões de litros de etanol anuais no Brasil em 2031, com forte aumento na oferta do etanol hidratado, que representaria mais de 72% do volume total do biocombustível doméstico. Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa, 2021), o fluxo de transação com o mercado externo apresentou uma tendência de crescimento até 2008, com novo ciclo de alta entre o período de 2010 a 2012, oscilações entre 2013 e 2017, e um crescimento mais sustentado a partir de então (Figura 1).

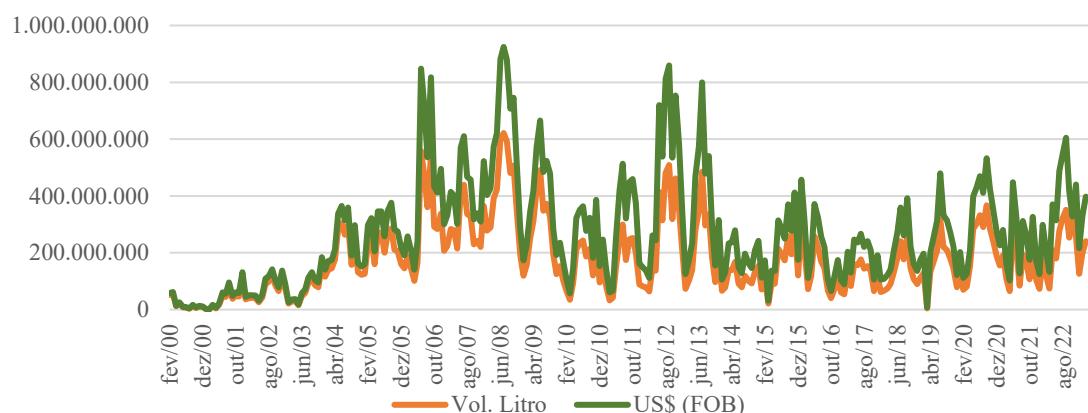


Figura 1. Exportações brasileiras mensais de etanol jan/2000 a mar/2023

Fonte: Adaptado de Unica (2023).

De acordo com Santos (2023), tal movimentação se deu pelo crescimento do consumo doméstico, que manteve taxas anuais crescentes entre 2000 e 2019. A despeito desse movimento, o saldo líquido das exportações é positivo, sendo os EUA o principal mercado consumidor do Brasil (62,8% do volume em 2019), seguido pela Coréia do Sul (26,3%), Holanda (3,5%) e Japão (2,9%).

No contexto internacional, por sua vez, os EUA são o maior produtor, consumidor e exportador mundial, consolidando esta posição a partir de 2010, quando deixaram de ser um importador líquido de etanol, atingindo os picos de exportação no ano de 2018 (EPE, 2021; Debnath; Whistance, 2022). Segundo a *Renewable Fuels Association – RFA* (2021), Canadá, Brasil e Índia são os maiores importadores do etanol americano.

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

Pereira e De Paula (2018) e Piacente, Silva e De Armas (2022) discutem as bases de uma nova configuração para o setor sucroenergético no Brasil e destacam significativas mudanças para seu modelo produtivo, apontando que, diferentemente do passado, o setor atualmente se baseia no uso intensivo das áreas de plantio (muitas arrendadas pelas

usinas) e de novas tecnologias, destacando-se a biotecnologia e agroquímica de caráter renovável.

Ademais, outro fator de competitividade se dá no potencial da produção do etanol lignocelulósico a partir dos resíduos de origem vegetal, como o bagaço e da palha da cana-de-açúcar, gerados após a moagem e colheita mecanizada, respectivamente. No início da década de 2000, havia expectativas de saltos de produtividade na ordem de 40-50% com o incremento do etanol de segunda geração, também chamado de etanol lignocelulósico (E2G) (Mat Aron *et al.*, 2020; Garcia *et al.*, 2021). Tais expectativas foram alvo de investimento de instituições de fomento, como do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES e da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP (Pereira; De Paula, 2018). A despeito das novas tecnologias, a viabilidade da produção do E2G ainda é limitada nos aspectos técnicos e econômicos, com altos custos industriais e necessidade de aportes de investimento, bem como nos desafios tecnológicos, como para disponibilidade de enzimas usadas para quebra da celulose, lignina e da hemicelulose (Mat Aron *et al.*, 2020; Aui *et al.*, 2021; Garcia *et al.*, 2021).

Assim, apesar dos ganhos em produtividade, novas demandas surgiam ao se avaliar a busca pela nova geração do combustível, com necessidade de novas tecnologias e de inovação para o setor (Nyko *et al.*, 2013; Mat Aron *et al.*, 2020). Se o Brasil já fora considerado protagonista na produção e em tecnologias relacionadas ao etanol, a corrida por novos processos produtivos e por inovação, principalmente nos EUA e na UE, acabava por deixar o país fora da fronteira tecnológica, em especial quando se referia à busca por tecnologias e processos para a viabilização da produção do E2G (Jonker *et al.*, 2015). Nesse sentido, Jonker *et al.* (2015) e Aui *et al.* (2021) chamam a atenção para a necessidade de políticas governamentais, como incentivos financeiros, programas assistenciais à indústria e mandatos para a inclusão de E2G na oferta de biocombustíveis, visando criar um ambiente favorável à sua produção em larga escala.

Em detrimento à produção do E2G, quando se refere à produção de etanol de primeira geração, o produto brasileiro apresenta vantagens competitivas em relação aos EUA (maior produtor) e mesmo frente a outros países, sendo mais produtivo e eficiente (Mat Aron *et al.*, 2020). A produtividade é um elemento que comprova esta vantagem, com a cana-de-açúcar no Brasil resultando em mais produção de etanol por área plantada do que o etanol de milho nos EUA (Mat Aron *et al.*, 2020; Newes *et al.*, 2022).

Ademais, destaca-se a classificação do etanol de cana-de-açúcar como combustível avançado³ em detrimento a outros biocombustíveis, como o etanol de milho, trigo, beterraba ou o biodiesel de diversas matérias-primas (EPA, 2021). Ainda, diferentes estudos aplicando o método de análise de ciclo de vida (LCA) têm apontado para o fato que o etanol de cana-de-açúcar apresenta maior potencial de mitigação de emissões de gases de efeito estufa, sobretudo se comparado ao etanol derivado das demais matérias-primas (Carvalho *et al.*, 2021; Moreira; Goldemberg, 2023; Petrielli *et al.*, 2023).

Devlies (2017), no entanto, constata que a política de subsídios ao etanol americano tem tirado a competitividade do etanol brasileiro, impedindo que esse seja usado em maior quantidade naquele país, podendo afetar as metas de redução de emissão

³ O termo “avançado” refere-se ao fato de ser um biocombustível de baixo carbono, capaz de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 50% comparado com a gasolina (EPA, 2021). Outros biocombustíveis, cuja redução seja inferior a 50%, como o etanol de milho, por exemplo, não são classificados como avançados.

de gases poluentes. Desta forma verifica-se que as mudanças na produção e comercialização do etanol têm sido caracterizadas por aumento das vantagens na produção americana, como apontam Newes *et al.* (2023), e pelo aumento dos desafios na produção nacional, amenizada por fatores exógenos, como benefícios fiscais, através de isenções tributárias, investimentos, além de questões conjunturais, como a volatilidade cambial, que em momentos de valorização desestimulam as exportações e, em momentos de desvalorização, acabam acarretando em uma migração para a produção açucareira, decorrente do expressivo mercado externo brasileiro desta *commodity*. Neste sentido, especialmente em períodos de crises para o setor, maior atenção deve ser dada às políticas de regulação dos combustíveis, assim como na forma de tributação (Santos; Garcia; Shikida, 2015; Rodrigues; Rodrigues, 2022).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a análise da competitividade da competitividade no mercado externo são aplicados o modelo de *Constant Market Share* (CMS) e o índice de Vantagem Comparativa Revelada (RCA). Como forma de complementar a análise da competitividade, aplicou-se também o Índice de Posição Relativa de Mercado (POS) e a Taxa de Cobertura (TC).

De acordo com Bittencourt, Fontes e Campos (2012) e Lautenschlager (2022), o modelo de CMS é frequentemente aplicado em estudos sobre o desempenho das exportações e os determinantes deste desempenho. O modelo foi originalmente abordado por Leamer e Stern (1976) e considera a homogeneidade do produto no mercado de análise. Assim, considerando a participação do país no comércio internacional como constante ao longo do tempo, as eventuais variações nessa participação serão explicadas pela competitividade em associação com mudanças nos preços relativos. Isto permite a decomposição da variação do crescimento das exportações (Equação 1) em três componentes e a avaliação da contribuição de cada um na explicação do crescimento das exportações (Equação 2):

$$(\sum_j(V'_j - V_j)) \quad (1)$$

$$(\sum_j(V'_j - V_j)) = \sum rV_j + \sum_j(r_j - r)V_j + \sum_j(V'_j - V_j - r_jV_j) \quad (2)$$

Em que V_j é o valor das exportações de etanol do país em foco para o mercado j , no período 1; V'_j é o valor das exportações de etanol do país em foco para o mercado j , no período 2; r é a porcentagem de crescimento do valor das exportações mundiais de etanol entre os períodos 1 e 2; r_j é a porcentagem de crescimento do valor das exportações mundiais de etanol para o mercado j , entre os períodos 1 e 2.

De acordo com a identidade (2), pode-se expressar três efeitos de maneira desagregada, sendo (i) o efeito do crescimento do comércio mundial, que concebe a proporção do crescimento que seria observado pelo país alvo caso se mantivesse constante sua participação no comércio mundial, sendo, desta forma, um fator exógeno; (ii) o efeito destino das exportações, que concebe os ganhos ou perdas de crescimento (em

termos percentuais), sendo um fator externo à nação/mercado; e (iii) o efeito competitividade, que indica a variação dos ganhos/perdas de mercado em razão da competitividade, seja em função de preços e custos, ou em virtude de melhorias observadas.

Kamal, Khan e Gohar (2021) e Lautenschlager (2022) argumentam que este modelo tem sido amplamente utilizado para a análise das exportações, ainda que tenham ocorrido modificações e aprimoramentos ao longo do tempo. A consideração de ambos os estudos é que esta abordagem metodológica permite explicar diferenças encontradas entre o crescimento real das exportações e a taxa de variação das exportações como resposta a um aumento na demanda por importações.

Bagaria e Ismail (2020) avançaram na utilização do método proposto por Robert Baldwin, ao desagregarem o efeito total das exportações em cada mercado específico, bem como fazendo a distinção entre o produto em análise e sua estrutura geográfica e de mercado. Para isso, realizam um processo em duas etapas, iniciando a comparação entre o crescimento das exportações de um país e o crescimento das exportações mundiais. Assim, o efeito total (*Total Effect* – TE) é dado pela diferença entre esses dois componentes (Equação 3):

$$TE = g - g^* = \sum_i \sum_j \theta_{ij} g_{ij} - \sum_i \sum_j \theta_{ij} * g_{ij} * \quad (3)$$

Em que g_{ij} é o percentual de mudança nas exportações de um país do produto i para o país j no período t , e θ_{ij} é a parcela do produto i para o destino j , do total das exportações do país no período $t - 1$.

Desta forma, o TE pode ser desagregado em efeito *Market Share* (MSE) e efeito de Estrutura Combinada (CSE), sendo que o MSE avalia as mudanças efetivas em mercados individuais, indicando assim sua competitividade; e o CSE pode ser separado em Efeito Estrutura do Produto (PSE), Efeito Estrutura Geográfica (GSE) e um termo residual (efeito misto, MIX)⁴, conforme apresentado na Equação 4:

$$TE = MSE + CSE = MSE + PSE + GSE + MIX \quad (4)$$

Caso o efeito total seja positivo para um dado país, isso representa que o crescimento de suas exportações é maior que o crescimento das exportações mundiais. Buturac, Lovrinčević e Mikulić (2018) ainda esclarecem que o efeito total visa mensurar as mudanças ocorridas no setor em questão, dentro do escopo do comércio internacional. Assim, caso o indicador resulte em valores positivos, haverá a indicação de que o aumento da indústria analisada apresenta um crescimento maior do que o observado para o resto do mundo. Da mesma forma, valores negativos evidenciariam que o crescimento da indústria em questão apresenta resultados inferiores aos demais setores.

O estudo também calcula a Vantagem Comparativa Revelada para mensuração da competitividade no comércio internacional. Esta métrica é amplamente utilizada,

⁴ Diferente do trabalho de Bagaria e Ismail (2020), que apresenta os valores como obtidos através das métricas, outros trabalhos ainda se propõem a apresentar os resultados na forma de proporções ou de índices contínuos de modo a visualizar a sua evolução.

conforme apontam Laursen (2015), Souza *et al.* (2012) e Rodrigues e Marta-Costa (2021), sendo uma comparação entre as exportações de um determinado segmento do mercado em relação às exportações totais de um país, permitindo, então, que se identifique se um país apresenta força relativa nesta mercadoria avaliada, além de permitir o exame das tradicionais noções de vantagens comparativas com os fluxos de comércio efetivamente observados (French, 2017).

Kamal, Khan e Gohar (2021) também fazem uso de uso da Vantagem Comparativa Revelada, embora tenham avançado para o índice de vantagem comparativa revelada (*Revealed Comparative Advantage Index* – RCAI ou VCR), com o propósito de identificar vantagens competitivas ao longo do tempo e modificando a Vantagem Competitiva Revelada. Essa técnica alternativa pode ser calculada conforme apresentado na Equação 5:

$$RCAI_{ij} = VCR_{ij} = \frac{X_{ij}/X_i}{X_{wj}/X_w} \quad (5)$$

Em que X_{ij} é a exportação do produto j ; X_i é a exportação total do país; X_{wj} é a exportação mundial do produto j ; e X_w são as exportações mundiais.

Desta forma, se o índice atinge valores maiores que 1, sugerem que o país i em questão apresenta uma proporção de exportações maiores do que se deveria esperar para um país de sua dimensão, mostrando, portanto, que apresenta vantagem competitiva no comércio do produto.

Como forma de complementar a abordagem da competitividade e analisar a posição competitiva brasileira no mercado internacional de etanol, também são aplicados os cálculos do Índice de Posição Relativa de Mercado (POS) e da Taxa de Cobertura (TC). Ferreira e Capitani (2017) e Silva *et al.* (2018) apresentam o Índice de Posição Relativa de Mercado (POS) como um indicador do posicionamento de um produto oriundo de um determinado país ou região em relação ao mercado internacional. Esta relação leva em consideração o saldo comercial do produto em análise em relação ao total comercializado do produto. Para essa finalidade, o Índice de Posição Relativa de Mercado (POS) pode ser mensurado pela Equação 6:

$$POS_{ij} = 100 \times \frac{(X_{ij} - M_{ij})}{(X_{iw} - M_{iw})} \quad (6)$$

Em que a posição da região/país j no mercado mundial do produto i é POS_{ij} ; X_{ij} são as exportações do produto i pelo país j ; M_i é a importação do país do produto i pelo país j ; X_{iw} representam as exportações do bem i agregados mundialmente w ; e M_{iw} são as importações mundiais do bem i .

Ainda na abordagem de Ferreira e Capitani (2017) e Silva *et al.* (2018), são adequados os modelos de Taxa de Cobertura (TC), os quais são mensurados como (Equação 7):

$$TC_{ij} = \frac{X_{ij}}{M_{ij}} \quad (7)$$

Nota-se que resultados maiores que 1 representam vantagens comparativas ao se relacionar com as importações deste mesmo bem. Têm-se que X_{ij} representam as exportações do produto i do país j e M_{ij} as importações do produto i pelo país j . Logo, se o numerador for maior que o denominador, o país apresenta um saldo positivo na balança comercial e o índice é superior a 1. Silva *et al.* (2018) complementam que a taxa de cobertura permite identificar os setores mais competitivos ao apresentar a vantagem comparativa na produção, revelando a relação entre o volume das exportações de um produto em comparação as suas importações.

3.1 DADOS DA PESQUISA

Com relação aos dados utilizados nesta pesquisa, destaca-se que foram coletados nas bases do Comtrade (2022) e Trademap (2022), considerando como nomenclatura comum o código HS 220710, ou seja, “álcool etílico não desnaturalado, com um teor alcoólico, em volume, igual ou superior a 80% vol.”. Foram considerados volumes e valores exportados de etanol de cada país, assim como a relação comercial de cada um, considerando os respectivos fluxos de entrada e saída do produto em questão, bem como os fluxos gerais transacionados, de forma a se adequar às diferentes métricas especificadas. O período considerado na amostra se deu entre os anos de 2010 e 2021, ciclo de consolidação da expansão da produção canavieira no Brasil.

A amostra dos países se deu a partir da relevância no comércio internacional de etanol, sendo, portanto, considerados os dez maiores exportadores do biocombustível ao longo do período amostrado. Embora Brasil e EUA sejam os grandes *players* desse mercado, alguns dos países do bloco europeu, conjuntamente, representam uma fatia com certa relevância. O outro país da amostra é o Paquistão, que, diferente da vizinha Índia, possui excedentes para a produção e exportação do biocombustível. Nesse sentido, os países que constituem a amostra são: Brasil (BRA), EUA, Holanda (HOL), França (FRA), Bélgica (BEL), Hungria (HUN), Paquistão (PAQ), Alemanha (ALE), Suécia (SUE) e Áustria (AUT).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da competitividade externa se inicia a partir da comparação entre o Brasil e os países com maior participação no comércio de etanol, utilizando as métricas explicitadas da Vantagem Comparativa Revelada Simétrica (VCR_{ij}), Índice de Posição Relativa de Mercado (POS) e Taxa de Cobertura (TC), além do modelo de *Constant Market Share* (CMS).

Primeiramente, tendo em vista que a VCR_{ij} busca apontar as eficiências no comércio internacional de determinado produto, comparando-se os dados de exportações e o mercado internacional do produto e corrigindo eventuais distorções apontadas para o índice de vantagem comparativa tradicionais, os valores podem apresentar variações entre -1 e 1.

Considerando-se o período entre 2010 e 2021, e comparando os países como maior participação no mercado internacional de etanol (Tabela 1), tal como apresentado na seção anterior, é possível verificar que a maior parte dos países considerados para análise⁵ apresentam vantagem comparativa simétrica para o etanol, exceção feita à Suécia nos anos de 2011 e 2014, Espanha em 2016, EUA em 2010, e Alemanha em todo o período. Verifica-se, ainda, que até o ano de 2012 o Brasil apresentava a maior vantagem comparativa, sendo então superado pelo Paquistão. Nastari (2019), no entanto, destaca o papel dos subsídios como fator de estímulo à produção no Paquistão. Destaca-se, também, o crescimento da competitividade apresentada pela Hungria, embora seus volumes de exportação sejam muito inferiores a Brasil e EUA.

Observa-se, ainda, uma diminuição da vantagem comparativa revelada simétrica dos EUA a partir de 2018, embora o país tenha aumentado esse índice após 2012 e 2013, convergindo com as observações de Devlies (2017). Nos primeiros anos da série, inclusive, os EUA apresentam menores índices, em razão de serem os anos que antecedem a plena implementação do mandato de etanol no país. A baixa VCR_{ij} se deu, portanto, pela baixa exportação decorrente da formação interna de estoques, complementadas por importações.

Tabela 1. Vantagem comparativa revelada (VCR_{ij}) para países selecionados, 2010 a 2021

Ano	HOL	EUA	BRA	FRA	BEL	HUN	PAQ	ALE	ESP	SUE	AUT
2010	0,54	-0,14	0,88	0,63	0,30	0,43	0,85	-0,26	0,45	0,04	0,18
2011	0,57	0,25	0,88	0,61	0,33	0,37	0,89	-0,45	0,29	-0,48	0,29
2012	0,45	-0,01	0,92	0,58	0,35	0,66	0,79	-0,58	0,18	-0,06	0,24
2013	0,46	0,01	0,91	0,52	0,36	0,76	0,94	-0,50	0,30	0,20	0,25
2014	0,55	0,30	0,86	0,58	0,38	0,72	0,94	-0,48	0,23	-0,10	0,28
2015	0,59	0,25	0,86	0,57	0,43	0,75	0,94	-0,40	0,17	0,41	0,33
2016	0,57	0,34	0,86	0,46	0,39	0,78	0,94	-0,39	-0,22	0,40	0,37
2017	0,61	0,42	0,81	0,41	0,29	0,76	0,95	-0,35	-0,01	0,43	0,25
2018	0,59	0,43	0,82	0,46	0,33	0,78	0,96	-0,34	0,15	0,39	0,17
2019	0,64	0,36	0,84	0,46	0,40	0,80	0,94	-0,31	0,31	0,47	0,23
2020	0,66	0,28	0,85	0,46	0,43	0,76	0,93	-0,28	0,27	0,45	0,18
2021	0,70	0,26	0,81	0,47	0,48	0,81	0,94	-0,26	0,21	0,44	0,29

Em suma, pode-se considerar que os resultados para a VCR_{ij} indicam convergência tanto para a primeira hipótese de pesquisa, de que o Brasil mantém uma posição competitiva de destaque no âmbito do comércio internacional de etanol, quanto para a segunda hipótese do estudo, de que, a despeito desta liderança competitiva, há uma queda gradual e convergência ao grau competitivo de outros países exportadores. Tais evidências também são corroboradas adiante, pelos cálculos dos demais indicadores e do modelo de *Constant Market Share*.

Na sequência, a Tabela 2 apresenta a evolução do índice de posição relativa de mercado para os países selecionados. Como essa métrica avalia a posição relativa do saldo comercial de um determinado país em relação ao total comercializado globalmente, países

⁵ Ressalta-se que pela restrição no comércio internacional de etanol, poucos são os países com volumes significativos. Ainda, as diferenças nos volumes entre esses próprios países podem ser bastante discrepantes, como quando comparados com EUA e Brasil. Outra ressalva é que não se pretendeu avaliar os países europeus como um bloco, de forma a se captar as movimentações de comércio deles para com os demais.

com maior fluxo de exportação de etanol tendem a apresentar maior vantagem que os demais. Observa-se que o Brasil apresentou uma posição de destaque até o ano de 2013, com o índice duas vezes superior ao da França, segundo país do ranking. Porém, a partir de 2014, nota-se a perda da relevância do comércio brasileiro ao longo do período analisado, com o país saindo da primeira posição entre 2016 e 2019, tendo, inclusive, assumido um índice negativo no ano de 2017.

Tabela 2. Índice de Posição Relativa (POS) para os países selecionados, 2010 a 2021

Ano	HOL	EUA	BRA	FRA	BEL	HUN	PAQ	ALE	ESP	SUE	AUT
2010	13,4	-7,8	166,3	96,8	15,7	12,0	14,3	-109,2	17,9	-13,7	6,0
2011	-136,3	-32,6	939,8	467,7	118,6	54,9	107,5	-617,9	61,9	-114,3	38,7
2012	-17,6	-267,6	435,7	137,0	44,7	39,5	16,5	-117,8	14,0	-13,0	12,7
2013	-28,8	-159,7	314,4	87,9	41,6	50,3	47,5	-110,6	15,6	-12,6	12,6
2014	6,8	35,5	89,0	68,2	30,1	27,4	34,1	-60,8	8,6	-26,7	7,8
2015	15,8	40,0	105,3	81,5	45,0	39,7	40,4	-56,0	10,6	-21,5	12,3
2016	-19,5	78,9	75,4	53,4	34,2	43,7	32,6	-48,3	-0,7	-10,7	10,5
2017	20,4	109,4	-12,7	42,2	28,2	44,2	49,6	-56,1	6,0	-5,4	10,4
2018	21,2	126,6	23,1	55,9	32,1	54,5	66,9	-69,5	9,3	-12,1	8,4
2019	39,3	156,8	115,9	76,1	80,9	122,2	89,4	-163,1	43,7	-36,4	22,3
2020	40,7	55,5	83,7	23,9	38,0	44,3	33,1	-52,6	15,3	-9,0	6,2
2021	30,7	102,0	110,1	9,7	55,9	67,0	49,6	-64,3	17,4	-23,2	11,5

Uma possível explicação para o Brasil ter queda nesse índice se dá pela redução na produtividade da cana-de-açúcar nesse período (Silva; Marques, 2017; Pecege, 2021). Outra explicação é a redução proporcional do fluxo de exportações brasileiras no período, após a maior inserção dos EUA no comércio internacional (Newes *et al.*, 2022), que é explicado pelo aumento do índice para esse país, que inverte sua posição negativa no início da amostra, para o maior índice entre 2016 e 2019. Apesar dessa reversão e da menor magnitude do índice brasileiro, deve-se destacar que até o final da década de 2010 o país representava uma expressiva fatia do comércio internacional, porém, com indicadores mais próximos dos EUA.

Além disso, Schuenemann e Delzeit (2022) apontam o efeito das mudanças na legislação europeia para seu mercado de etanol. Se até 2008 o Brasil era seu principal parceiro comercial do produto, chegando a representar até 76% do volume transacionado no bloco, a partir das Diretivas das Energias Renováveis da União Europeia, em 2009, perde participação. Isso se deu pelo estímulo que os países do bloco europeu passaram a oferecer à produção local, com benefícios tarifários e a imposição de barreiras tarifárias e não tarifárias aos produtos importados (Schuenemann; Delzeit, 2022). Porém, quando há um destaque pontual, como para a França entre 2011-2012, é necessário abstrair quanto dessa exportação se deu intrabloco.

A Tabela 3 apresenta os resultados calculados da Taxa de Cobertura (TC), que busca comparar as exportações e importações de um produto por um determinado país. Uma vez que esse indicador aponte valores superiores a 1, considera-se que as exportações do produto são maiores que a sua importação, indicando, assim, que o país tem vantagem comparativa em termos de cobertura das importações, ou seja, o produto em questão apresenta ganhos comerciais para o país, afetando positivamente sua balança comercial. Excluindo-se a melhor taxa de cobertura, pertencente ao Paquistão, verifica-se o

crescimento da relevância da Hungria nesta comparação, bem como a perda de relevância do indicador para o caso brasileiro, em grande medida ocasionado pelo aumento da importação do produto pelo país. No entanto, para a Hungria, deve-se considerar as questões do comércio intrabloco europeu, bem como o fato de o volume ser pequeno, ainda que a TC seja elevada.

Para o caso do Brasil, o aumento das importações no período decorreu de uma série de fatores, como quebras de safra e quedas na produtividade, havendo a necessidade de complemento da oferta interna com volume importado para suprir a demanda por etanol anidro, sobretudo no período de entressafra (Souza *et al.*, 2023). Para o caso norte-americano, apesar do aumento das exportações do país, a taxa de cobertura permaneceu baixa, uma vez que o país, assim como o Brasil, constantemente precisa de aportes de suprimento interno, possuindo um significativo fluxo de importações.

Tabela 3. Taxa de Cobertura (TC) para países selecionados

Ano	HOL	EUA	BRA	FRA	BEL	HUN	PAQ	ALE	ESP	SUE	AUS
2010	1,18	0,87	69,25	5,69	1,66	24,06	2.263,34	0,27	2,06	0,40	2,23
2011	0,79	0,95	18,33	5,10	2,11	23,75	5.566,52	0,18	1,92	0,12	2,12
2012	0,86	0,31	85,22	6,22	2,65	191,33	1.708,25	0,20	1,76	0,48	2,75
2013	0,77	0,39	34,57	4,31	2,94	207,82	274.068,00	0,22	1,76	0,56	3,50
2014	1,09	1,39	3,52	4,11	3,17	19,12	n/d	0,27	1,67	0,17	2,58
2015	1,18	1,37	3,47	4,65	4,48	65,39	46.299,60	0,37	1,90	0,47	3,84
2016	0,82	2,02	2,38	4,18	3,53	51,28	12.323,17	0,39	0,93	0,62	2,73
2017	1,21	2,15	0,90	2,69	3,03	59,78	8.831,49	0,40	1,57	0,79	3,58
2018	1,20	2,20	1,20	2,84	2,62	116,28	6.390,43	0,38	1,56	0,63	2,57
2019	1,16	1,67	1,65	1,85	3,35	128,74	2.695,30	0,35	2,62	0,58	3,63
2020	1,43	1,76	2,84	1,60	3,47	93,67	485,96	0,43	2,29	0,69	2,17
2021	1,18	3,05	4,67	1,14	3,35	468,59	115,48	0,43	2,32	0,52	2,57

Nota: Os dados para o Paquistão são influenciados pela pequena ou inexistente importação

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do Trademap (2022).

A decomposição das variações no fluxo de comércio pode ser ilustrada pelo modelo de CMS (Tabela 4).

Tabela 4. Constant Market Share para o Brasil (2010 e 2021), valores absolutos (US\$) e taxas de variação

Exportações de etanol em 2010	USD 1.288.852.240,00
Exportações de etanol em 2021	USD 1.056.450.000,00
Crescimento efetivo	-USD 232.402.240,00
Efeito comércio mundial	USD 1.001.159.490,00
Efeito destino das exportações	-USD 93.184.520,00
Efeito Competitividade	USD 1.921.187.970,00
Taxa de Variação Anual (média)	2,04%
Taxa de Variação das Exportações do País (totais)	-18,03%
Taxa de Variação das Exportações mundiais (totais)	38,92%

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do Trademap (2022).

Pode-se observar que a diminuição das exportações brasileiras de etanol é explicada pela variação nos destinos das exportações, e principalmente pela redução no efeito competitividade, de tal maneira que as exportações em termos reais diminuíram 18% no período, ainda que as exportações mundiais tenham apresentado crescimento de 38,9%.

Incluindo-se a análise proposta por Bagaria e Ismail (2020), para a análise da performance exportadora, e suas contribuições para o modelo de CMS ainda é possível analisar o Efeito *Market Share* (MSE), que aponta para a competitividade do produto, o Efeito Estrutura do Produto (PSE) e o Efeito Residual (MIX), como apresentados na Figura 2.

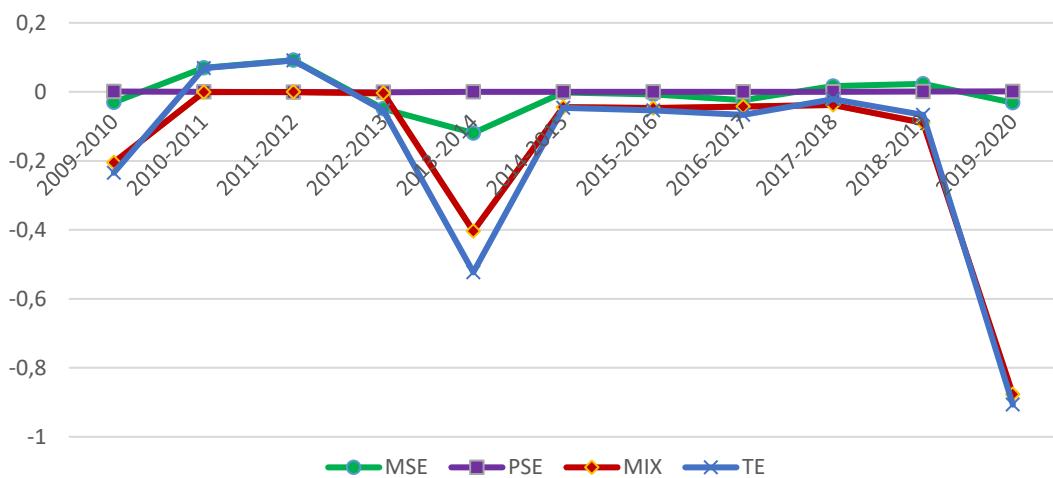


Figura 2. Efeito Total (TE), Efeitos *Market Share* (MSE), Estrutura do Produto (PSE) e Efeito Residual (MIX), Brasil, safras 2009/10 a 2019/20

Considerando que o MSE aponta para a capacidade de um país aumentar sua participação no mercado internacional exclusivamente a partir da competitividade, verifica-se que para o Brasil, após uma queda no período inicial da análise (até 2014), o MSE apresenta uma melhora na competitividade do produto, em específico para os anos de 2017-2018 e 2018-2019. Ressalta-se que esses dados complementam parcialmente as interpretações realizadas a partir das demais métricas apresentadas, ou seja, que o etanol brasileiro perdeu sua competitividade externa, concomitante à crise setorial entre o final da década de 2000 e meados de 2015, potencializada, sobretudo, pela intervenção governamental nos mercados energéticos. Adiciona-se a isso a mudança relativa de preços e custos produtivos (Pecege, 2021), o que acaba por explicitar o efeito MIX como sendo o responsável pelo decréscimo no efeito total.

Por fim, ao se considerar o efeito estrutura do produto (PSE), observa-se que para a maior parte do período, houve uma contribuição positiva da estrutura para o ganho de mercado do produto, ainda que os efeitos tenham sido discretos. Já o efeito Estrutura Geográfica (GSE) não se mostrou relevante, uma vez que se considerou apenas as relações do Brasil com o resto do mundo, e não os efeitos a um mercado específico, indicando não haver efeitos da estrutura local afetando esta relação.

5 CONCLUSÃO

Este estudo buscou compreender os parâmetros da competitividade externa do etanol brasileiro, mensurando-se diferentes abordagens metodológicas para avaliação do comércio internacional. A análise focou nos principais *players* exportadores internacionais, considerando o Brasil, EUA, alguns países do bloco europeu e o Paquistão.

Em geral, os resultados indicam que o Brasil apresenta alto grau de competitividade em comparação ao resto do mundo, corroborando com a primeira hipótese deste estudo. No entanto, a competitividade brasileira tem mostrado declínio ao longo do período analisado, confirmando, também, a segunda hipótese considerada nesta pesquisa. A perda de competitividade brasileira se deu especialmente no período entre 2011-2015, em que houve forte intervenção do governo federal no mercado energético. Tais constatações estão em consonância com apontamentos prévios sobre a potencialidade de perda de competitividade no setor. A diferença se reduziu, sobretudo, em relação aos EUA, que assumiram o posto de maior produtor mundial a partir do final da década de 2000 e melhoraram seus indicadores de comércio.

Ademais, outros pequenos países exportadores do biocombustível também têm apresentado melhora nos indicadores. Embora se constate que o Brasil ainda possua uma ampla vantagem sobre os demais, nota-se decréscimo em suas vantagens comparativas. Assim, maior atenção deve ser dada às políticas públicas ao setor que visem estimular ganhos de competitividade na produção e comercialização do etanol, bem como melhores direcionamentos aos acordos comerciais que envolvam exportação de biocombustíveis. Também, à medida que outros países ainda incipientes no comércio internacional melhoraram seus indicadores, há oportunidades para direcionamentos de novos acordos comerciais para a comercialização de biocombustíveis.

Neste sentido, o estudo contribui com a discussão sobre os limiares da competitividade de um mercado com forte potencial de geração de divisas no longo prazo. Tal discussão pode ser útil para subsidiar análises futuras que busquem avaliar a questão comercial do setor sucroenergético brasileiro, especialmente o etanol.

Desta maneira, estudos futuros podem tratar do potencial competitivo à medida que novos acordos de comércio sejam estabelecidos, bem como ao longo do processo de alteração nas políticas energéticas de países desenvolvidos, como, por exemplo, na adoção de novos mandatos para os biocombustíveis. Desta forma, atenção especial deve ser dada às novas movimentações no mercado europeu, às diretrizes em andamento na China, e à própria evolução desse setor nos EUA.

Da mesma forma, deve-se acompanhar o efeito que a expansão da produção do E2G pode causar na competitividade das usinas brasileiras, bem como sua interface com o poder público, no que se refere às políticas de incentivo à produção local e em acordos de comércio internacional. Ademais, estudos futuros podem avaliar como novas tecnologias à produção do E2G podem contribuir para a competitividade externa do país. Por fim, outros estudos podem incluir na análise os potenciais reflexos da recente expansão da produção brasileira de etanol de milho, bem como os comovimentos da produção de etanol e de açúcar no país.

REFERÊNCIAS

- AUI, A.; WANG, Y.; MBA-WRIGHT. Evaluating the economic feasibility of cellulosic ethanol: a meta-analysis of techno-economic analysis studies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 145, 111098, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111098>.
- BAGARIA, N.; ISMAIL, S. Export performance of China: A constant market share analysis. **Frontiers of Economics in China**, v. 14, n. 1, p. 110–130, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1177/139156140200300203>.
- BANSAL, A.; ILLUKPITIYA, P.; SINGH, S. P.; TEGEGNE, F. Economic competitiveness of ethanol production from cellulosic feedstock in tennessee. **Renewable Energy**, v. 59, p. 53–57, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.03.017>.
- BITTENCOURT, G. M.; FONTES, R. M. O.; CAMPOS, A. C. Determinantes das exportações brasileiras de etanol. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, p. 4–19, 2012.
- BUTARAC, G.; LOVRINCEVIC, Z.; MIKULIC, D. Export competitiveness of the Croatian food industry. **Argumenta Oeconomica**, v. 41, n. 2, p. 135-155, 2018.
- CARPIO, L. G. T.; SOUZA, F. S. DE. Competition between Second-Generation Ethanol and Bioelectricity using the Residual Biomass of Sugarcane: Effects of Uncertainty on the Production Mix. **Molecules**, v. 24, n. 2, 2019. DOI: 10.3390/molecules24020369.
- COMTRADE. **UN Comtrade database**. New York, 2023. Disponível em: <https://comtradeplus.un.org/>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira, Cana-de-açúcar - Safra 2022/23 - 4º Levantamento. **Observatório Agrícola**, Brasília: Conab, v. 10, n. 4, p. 1–50, 2023.
- CRAGO, C. L.; KHANNA, M.; BARTON, J.; GIULIANI, E.; AMARAL, W.. Competitiveness of Brazilian sugarcane ethanol compared to US corn ethanol. **Energy Policy**, v. 38, n. 11, p. 7404–7415, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.016>.
- DANELON, A. F.; SPOLADOR, H. F. S.; BERGTOLD, J. S. The role of productivity and efficiency gains in the sugar-ethanol industry to reduce land expansion for sugarcane fields in Brazil. **Energy Policy**, v. 172, 113327, 2023. DOI: 10.1016/j.enpol.2022.113327.
- DEBNATH, D.; WHISTANCE, J. The biofuel industry and global trade exus. In: BANDH, S. A.; MALLA, F. A. **Biofuels in Circular Economy**. Springer, 2022, p. 303-319.

DEVLIES, B. Ethanol as mitigation measure in the transport sector: countervailing perverse effects of uncoordinated biofuel standards in the U.S. and Brazil. **Energy Law Journal**, v. 38, n. 1, p. 213–231, 2017.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Renewable Fuel Annual Standards**. Renewable Fuel Standard Program. Washington: EPA, 2021. Disponível em: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/renewable-fuel-annual-standards>. Acesso em: 01 jul. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2031. **Caderno de Estudos de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Brasília: EPE, 2021.

ESCOBAR, J. C.; LORA, E. S.; VENTURINI, O. J; SANTOS, V. A.; RENÓ, M. L. Cogeneration options for improving the competitiveness of a cane-based ethanol plant in Brazil. **International Sugar Journal**, v. 113, n. 1351, p. 509–515, 2011.

FERREIRA, B.; CAPITANI, D. H. D. Competitividade do milho brasileiro no mercado internacional. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 86–99, 2017.

FRENCH, S. Revealed comparative advantage: What is it good for? **Journal of International Economics**, v. 106, p. 83–103, 2017. DOI: 10.1016/j.inteco.2017.02.002.

GARCIA, T. C.; DURAND-MORAT, A.; YANG, W.; POPP, M.; SCHRECKHISE, W. Consumers' willingness to pay for second-generation ethanol in Brazil. **Energy Policy**, v. 161, 112729, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112729>.

JONKER, J. G. G.; VAN DER HILST, F.; JUNGINGER, H. M.; CAVALETT, O.; CHAGAS, M. F.; FAAIJ, A. P. C. Outlook for ethanol production costs in Brazil up to 2030, for different biomass crops and industrial technologies. **Applied Energy**, v. 147, p. 593–610, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.090>.

JOPPERT, C. L.; SANTOS, M. M.; COSTA, H. K. M.; SANTOS, E. M.; MOREIRA, J. R. S. Energetic shift of sugarcane bagasse using biogas produced from sugarcane vinasse in Brazilian ethanol plants. **Biomass and Bioenergy**, v. 107, p. 63–73, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.09.011>.

KAMAL, M. A.; KHAN, S.; GOHAR, N. Pakistan's export performance and trade potential in central Asian region: Analysis based on constant market share (CMS) and stochastic frontier gravity model. **Journal of Public Affairs**, v. 21, 2021. DOI: 10.1002/pa.2254.

LAURSEN, K. Revealed comparative advantage and the alternatives as measures of international specialization. **Eurasian Business Review**, v. 5, n. 1, p. 99–115, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1007/s40821-015-0017-1>.

LAUTENSCHLAGER, A. K. O desempenho exportador de países selecionados entre 1995 e 2019: uma análise com a metodologia Constant Market Share (CMS). **Revista do BNDES**, v. 29, n. 58, p. 587-610, dez. 2022.

LEAMER, E. E.; STERN, R. M. **Quantitative international economics**. Chicago, Illinois: Aldine Publishing Company, 1976.

LORIZOLA, G. M.; CAPITANI, D. H. D. Análise do modelo estrutura-conduta desempenho do setor sucroenergético brasileiro. **Nucleus**, v. 15, n. 2, p. 383–399, 2018. DOI: <http://doi.org/10.3738/1982.2278.2920>.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Exportações Brasileiras Anuais de Etanol**. Brasília: MAPA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: 23 jun. 2023.

MAT ARON, N. S. M.; KHOO, K. S.; CHEW, K. W.; SHOW, P. L.; CHEN, W. H.; NGUYEN, T. H. P. Sustainability of the four generations of biofuels: a review. **International Journal of Energy Research**, v. 44, p. 9266-9282, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/er.5557>.

MOSQUÉRA, L. R.; OLIVEIRA, M.N.; MARTINS, P. H. D. S.; BISPO, G. D.; BORGES, R.V.; SERRANO, A. L. M.; POMPERMAYER, F. M.; NEUMANN, C.; GONÇALVES, V. P.; BORK, C. A. S. Biofuel Dynamics in Brazil: Ethanol–Gasoline Price Threshold Analysis for Consumer Preference. **Energies**, v. 17, n. 21, P. 5265, 2024. DOI: 10.3390/en17215265.

NASTARI, P. M. Safra é encerrada com produção recorde de etanol. **Agroanalysis**, v. Jun 2019, p. 16–17, 2019.

NEWES, E.; CLARK, C. M.; VIMMERSTEDT, L.; PETERSON, S.; BURKHOLDER, D.; KOROTNEY, D.; INMAN, D. Ethanol production in the United States: The roles of policy, price, and demand. **Energy Policy**, v. 161, 112713, 2022. DOI: 10.1016/j.enpol.2021.112713.

NYKO, D.; VALENTE, M. S.; MILANEZ, A. Y.; TANAKA, A. K. R.; RODRIGUES, A. V. P. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? **BNDES Setorial**, n. 37, p. 399–442, 2013.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeletricidade no Brasil: fechamento da safra 2020/2021**. Piracicaba: PECEGE, Departamento de Economia, Administração e Sociologia, ESALQ/USP, 2021.

PEREIRA, W.; DE PAULA, N. Lack of commitment of Brazilian federal institutions to ethanol competitiveness. **International Journal of Innovation and Sustainable Development**, v. 12, n. 1–2, p. 201–219, 2018. DOI: 10.1504/IJISD.2018.089266.

PIACENTE, F. J.; SILVA, V. C.; DE ARMAS, O. F. Evolução da produção agrícola canavieira na região noroeste do estado de São Paulo: fases de expansão e crise no setor e seus impactos no uso da terra entre 2000 e 2013. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. 1, e228194, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.2281941>.

RODRIGUES, L. M. S.; MARTA-COSTA, A. A. Competitividade das exportações de carne bovina do Brasil: uma análise das vantagens comparativas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 1, e238883, 2021. DOI: 10.1590/1806-9479.2021.238883.

RODRIGUES, L; RODRIGUES, L. Performance financeira do setor sucroenergético brasileiro de 2001 a 2019. **Revista de Política Agrícola**, Ano XXXI, n. 2, p. 117-1331, 2022.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. **2020 U.S. Ethanol:** Exporte & Imports Statistical Summary. RFA, 2021.

SANTOS, G. R.; GARCIA, E. A.; SHIKIDA, P. F. A. A crise na produção do etanol e as interfaces com as políticas públicas. **Radar**, v. 39, p. 27-38, 2015.

SCHUENEMANN, F.; DELZEIT, R. Potentials, subsidies and tradeoffs of cellulosic ethanol in the European Union. **Ecological Economics**, v. 195, 107384, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107384>.

SILVA, H. J. T.; MARQUES, P. V. Evolution of Production Costs in Brazilian Sugar-Energy Sector. **China-USA Business Review**, v. 16, n. 3, p. 93–107, 2017.

SILVA, M. L.; FRANCK, A. G. S.; SILVA, R. A.; CORONEL, D. A. Padrão De Especialização Do Comércio Internacional Agrícola Brasileiro: Uma Análise Por Meio De Indicadores de Competitividade. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 385–409, 2018. DOI: <http://doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n2p385-408>.

SOUZA, D. T.; ROCHA, J. D.; OSHIRO, O. T.; MINGOTI, R. Perspectivas das exportações de etanol no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Ano XXXII, n. 1, p. 76-89, 2023.

SOUZA, R., WANDER, A. E.; CUNHA, C. A.; MEDEIROS, J. A. V. Competitividade dos principais produtos agropecuários do Brasil: vantagem comparativa revelada normalizada. **Revista de Política Agrícola**, p. 64–71, 2012.

STOLF, R; OLIVEIRA, A. P. R. The success of the Brazilian Alcohol Program (Proálcool) – a decade-by-decade brief history of ethanol in Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 2, p. 243-248, 2020.

TRADE MAP. **Trade statistics for international business development**. Zurique: Trade Map, 2023. Disponível em: www.trademap.org. Acesso em: 18 nov. 2023.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR E BIOENERGIA. **Histórico de exportação mensal de etanol pelo brasil.** São Paulo: UNICA, 2021. Disponível em: <https://unicadata.com.br/>. Acesso em: 04 out. 2023.

VACCARO, G. L. R.; LONGHI, A.; MOUTINHO, M. H. C.; ESCAVARDA, A.; LOPES, C. M.; REIS, A. N.; NUNES F.; AZEVEDO, D. Interrelationship among actors in ethanol production chain as a competitive and sustainable factor: The case of associative production and family-farming in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 196, p. 1239–1255, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.036>.