

Investigação da interferência nos preços de etanol hidratado entre os elos da cadeia de comercialização do produto

Investigation of interference in hydrated ethanol prices between links in the product's marketing chain

Mariana Gabriela Pantoja

Universidade Federal de São Carlos. Araras, SP, Brasil

Marta Cristina Marjotta-Maistro

Universidade Federal de São Carlos. Araras, SP, Brasil

Gilberto Rodrigues Liska

Universidade Federal de São Carlos. Araras, SP, Brasil

GT01. Mercados agrícolas e comércio exterior

Resumo: O maior crescimento do setor teve destaque a partir da década de 1990 com o aumento da produção de um de seus subprodutos, o etanol hidratado, principalmente no Estado de São Paulo, maior produtor nacional. Ademais, o produto se tornou uma alternativa renovável aos combustíveis fósseis atendendo a demanda do mercado interno (por meio de uma cadeia de comercialização: produtor, distribuidora e consumidor final/ postos revendedores de combustíveis). O presente artigo teve como objetivo analisar a relação entre os preços praticados nos diferentes elos que compõem a cadeia de comercialização do etanol hidratado no Estado de São Paulo, entre o período de 2003 e 2022, com foco em investigar se existe interferência na formação destes preços. A metodologia contou com as estimativas de modelos SARIMA e ARIMAX com função de transferência, sendo as principais fontes de dados, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), Agência Nacional de Petróleo, Combustíveis e Gás Natural (ANP) e Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Os principais resultados indicaram que os preços apresentam elevada persistência, com memória de até dois meses, e que o repasse dos custos do produtor para a distribuidora ocorre de forma rápida e intensa, concentrando-se principalmente nos dois primeiros períodos após o choque. Além disso, o efeito total superior a 100% sugere que, além de transmitirem integralmente os custos, as distribuidoras ampliam os preços finais, o que indica manutenção ou expansão de margens de comercialização. Portanto, este fenômeno reforça a hipótese de rigidez de preços e de existência de poder de mercado na etapa de distribuição. Tais evidências possuem implicações diretas para o controle da inflação, uma vez que choques de custos tendem a ser transmitidos de maneira quase integral e ampliada ao consumidor final, reduzindo a eficácia de medidas de curto prazo, como subsídios e reduções tributárias.

Palavras-chave: Função de transferência, Etanol hidratado, Estado de São Paulo, comercialização

Abstract: The sector's strongest growth began in the 1990s with increased production of one of its by-products, hydrated ethanol, mainly in the state of São Paulo, the largest national producer. In addition, the product became a renewable alternative to fossil fuels, meeting domestic market demand (through a commercial chain: producer, distributor, and end consumer/fuel stations). The objective of this article was to analyze the relationship between the prices charged at the different links in the hydrated ethanol marketing chain in the state of São Paulo between 2003 and 2022, focusing on investigating whether there is interference in the formation of these prices. The methodology relied on SARIMA and ARIMAX model estimates with transfer function, with the main data sources being the Center for Advanced Studies in Applied Economics (CEPEA), the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP), and the National Supply Company (CONAB). The main results indicated that prices show high persistence, with a memory of up to two months, and that the transfer of costs from the producer to the distributor occurs quickly and intensely, concentrating mainly in the first two periods after the shock. Furthermore, the total effect exceeding 100% suggests that, in addition to passing on costs in full, distributors increase final prices, which indicates that marketing margins are being maintained or expanded. Therefore, this phenomenon reinforces the hypothesis of price rigidity and the existence of market power at the distribution stage. Such evidence has direct implications for inflation control, since cost shocks tend to be passed on almost entirely and amplified to the final consumer, reducing the effectiveness of short-term measures such as subsidies and tax reductions.

Keywords: Transfer function, Hydrated ethanol, State of São Paulo, Marketing

1. Introdução

Ao se analisar o cenário econômico do Brasil, torna-se perceptível a importância do setor sucroalcooleiro principalmente para o desenvolvimento da atividade econômica nacional. O aumento da utilização da cana-de-açúcar no país nas últimas duas décadas é devido à elevada produção de etanol, pelo fato de ser uma alternativa aos combustíveis fósseis, bem como para atender ao crescimento do mercado interno (EMBRAPA, 2008). De acordo com a história brasileira, o setor remonta desde a época da colonização, sendo que as maiores produções na época se encontravam na região Nordeste do país e, após a Segunda Guerra Mundial, outros locais foram sendo destaques, como o Estado de São Paulo (FELTRE; PEROSA, 2020).

De acordo com o banco de tabelas estatísticas (SIDRA) disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Estado de São Paulo, em 2021, se encontrou como o maior estado em área plantada quando comparado com os demais estados nacionais, apresentando um total de 5.473.240 de hectares de área plantada de cana-de-açúcar. Além disso, no mesmo ano, foi o que apresentou maior produção de etanol hidratado tendo um volume de 6,7 milhões de m^3 com uma porcentagem de 36,2% da produção nacional (ANP, 2022).

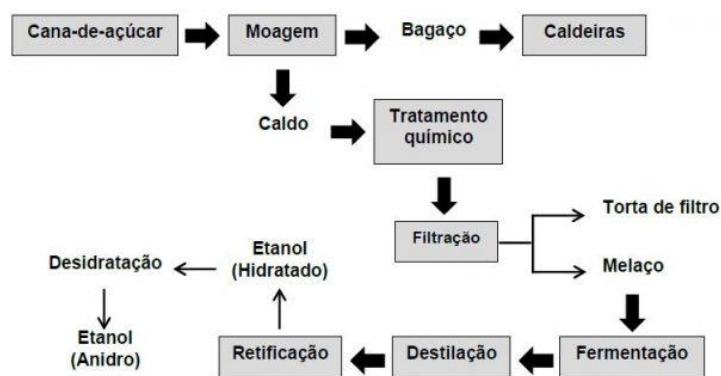
A Figura 1 ilustra a esquematização do processo de produção do etanol até o etanol hidratado, destacando as etapas fundamentais que compõem essa cadeia produtiva. Desde a moagem da cana-de-açúcar até a obtenção do etanol anidro e hidratado, demonstrando a transformação da matéria-prima em biocombustível. O processo abrange desde a extração do caldo e seu tratamento químico, passando pela fermentação, destilação e retificação, até as etapas finais de desidratação para obtenção do etanol anidro.

O presente artigo teve como objetivo analisar a relação entre os preços praticados nos diferentes elos que compõem a cadeia de comercialização do etanol hidratado no Estado de São Paulo, entre o período de 2003 e 2022, com foco em investigar se existe interferência na formação destes preços, utilizando modelos SARIMA e ARIMAX com função de transferência.

Esse recorte geográfico e de mercado foi escolhido devido à expressiva representatividade da produção paulista no contexto nacional, uma vez que o Estado se destaca como o maior produtor de etanol do Brasil, sendo referência tanto em volume quanto em eficiência produtiva. Além disso, a análise ganha relevância ao considerar a ampla utilização do etanol hidratado como alternativa energética sustentável, especialmente em veículos adaptados para o uso de

combustíveis renováveis, contribuindo para a redução de emissões de gases poluentes e fortalecendo a economia local.

Figura 1: Cadeia de produção de etanol hidratado



Fonte: FÓRUM PIR2, 2025

2. Revisão da Literatura

Compreender a importância de estudar o setor sucroalcooleiro no estado de São Paulo é crucial devido à sua representatividade e ao fato de que o Brasil é autossuficiente na produção de açúcar e álcool (COSTA, 2000). A produção de etanol no Brasil possui significativa relevância econômica, com São Paulo se destacando como o maior produtor nacional. Analisando os dados de produção de etanol entre as safras de 2010/2011 e 2023/2024, observa-se que São Paulo lidera consistentemente essa produção, superando os demais estados. Tal liderança pode ser atribuída à infraestrutura desenvolvida para o cultivo, colheita e processamento da cana-de-açúcar, à presença de usinas modernas que facilitam a produção em larga escala e à vasta extensão das áreas cultivadas (KOHLHEPP, 2010).

Os dados da UNICA Data apresentados na Quadro 1 evidenciam as oscilações recentes na produção do setor. A produção de etanol hidratado, por exemplo, caiu de 23,5 milhões de m³ na safra 2019/2020 para cerca de 15 milhões de m³ em 2022/2023, refletindo condições climáticas adversas e mudanças no consumo. No entanto, a safra 2023/2024 mostrou sinais de recuperação, alcançando 17,7 milhões de m³, acompanhada por um aumento expressivo na produção de açúcar, que atingiu 45,9 milhões de toneladas. Esses números destacam a capacidade do setor de se ajustar às demandas do mercado, reforçando sua importância estratégica na economia e na sustentabilidade energética do Brasil.

A cana-de-açúcar, principal matéria-prima para a produção de etanol, é cultivada predominantemente na Região Centro-Sul do Brasil, com o estado de São Paulo como destaque. Esse segmento, intensivo em mão de obra no plantio e colheita, tem adotado práticas agrícolas modernas que elevam a produtividade, mas também demandam maior qualificação profissional, promovendo impactos sociais e econômicos relacionados à capacitação (RODRIGUES FILHO; JULIANI, 2013).

Quadro 1: Histórico de Produção de açúcar (t) e etanol (m³) no Brasil – safras 2019/20 a 2023/2024

Safra	Açúcar	Etanol anidro	Etanol Hidratado
2019/2020	29.614.055	10.438.841	23.525.025
2020/2021	41.483.184	9.984.370	19.960.670
2021/2022	34.992.247	10.947.490	15.368.153
2022/2023	36.953.181	11.744.520	15.003.383
2023/2024	45.987.147	11.866.176	17.753.065

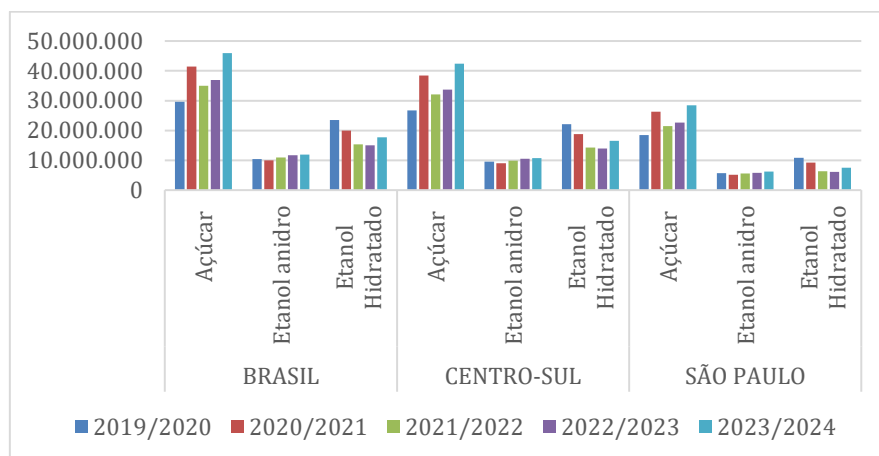
Fonte: UNICA Data, 2025

Os dados do Gráfico 1, destacam o papel estratégico de São Paulo na produção nacional. Na safra 2023/2024, o estado foi responsável por 28,5 milhões de toneladas de açúcar, cerca de 62% da produção do Centro-Sul e mais da metade do total nacional, que alcançou 45,9 milhões de toneladas. Em relação ao etanol hidratado, São Paulo produziu 7,5 milhões de m³, o que representa aproximadamente 45% da produção do Centro-Sul e 42% da produção nacional. Esses números evidenciam a relevância do estado como um dos maiores polos de produção sucroenergética do Brasil, contribuindo de forma significativa para a sustentabilidade energética e econômica do país.

No elo industrial, as usinas desempenham um papel central ao processar a cana-de-açúcar e transformá-la em etanol hidratado por meio de fermentação e destilação. Esse segmento demanda altos investimentos em infraestrutura e tecnologia, além de se destacar como um centro de inovação tecnológica no setor energético (DANTAS FILHO, 2009). As usinas também exercem um papel relevante na economia circular ao aproveitar subprodutos,

como o bagaço para a cogeração de energia elétrica e a vinhaça como fertilizante, fortalecendo a sustentabilidade e otimizando os recursos disponíveis.

Gráfico 1: Histórico de Produção de açúcar e etanol no Brasil, Centro-Sul e São Paulo - safra 2019/2020 a 2023/2024



Fonte: UNICA Data, 2025

A expansão da produção de etanol no país foi significativamente impulsionada pelo Programa Nacional do Álcool (Proálcool) e pela obrigatoriedade da mistura de etanol à gasolina, fatores que contribuíram para a consolidação do mercado interno desse biocombustível, como apontam Carvalho e Oliveira (2006). Esses elementos, somados aos avanços em pesquisas agrícolas e tecnológicas, posicionaram o Brasil como líder global na produção de açúcar e etanol, que são os principais produtos do setor sucroalcooleiro.

De acordo com Monteiro (2023), entre 2012 e 2021, a produção de etanol hidratado no Brasil foi dominada pela região Sudeste, com São Paulo se destacando como o maior produtor. Em 2020, a produção de etanol em São Paulo atingiu 14,7 milhões de metros cúbicos, representando 45% do total nacional, com a maior parte destinada ao etanol hidratado. São Paulo também é o principal produtor de cana-de-açúcar, possuindo 149 das 360 usinas autorizadas pela ANP, o que representa 45,7% da capacidade produtiva nacional. A maioria das usinas está concentrada nas regiões de São José do Rio Preto, Ribeirão Preto, Araçatuba e Bauru. Além disso, desde 2004, São Paulo é o maior consumidor de etanol hidratado, representando 50-60% do mercado interno. No contexto da comercialização, os postos de gasolina da região Sudeste, especialmente em São Paulo, são predominantes em número,

influenciando os preços finais do etanol, que variam conforme a proximidade das regiões produtoras e outros fatores como a safra de cana-de-açúcar e o preço da gasolina.

O setor sucroalcooleiro desempenha um papel estratégico no agronegócio brasileiro, contribuindo de forma expressiva para a economia, a matriz energética e a sustentabilidade ambiental. Essa cadeia produtiva envolve desde o cultivo da cana-de-açúcar até sua transformação em açúcar, etanol e subprodutos. O açúcar é obtido por meio de processos como clarificação e cristalização, enquanto o etanol resulta da fermentação do caldo da cana, sendo comercializado nas formas hidratada e anidra. Além disso, subprodutos como o bagaço são aproveitados para a cogeração de bioeletricidade, e a vinhaça, gerada na produção de etanol, é utilizada como fertilizante, reforçando práticas sustentáveis no setor (MERCANTE, 2021).

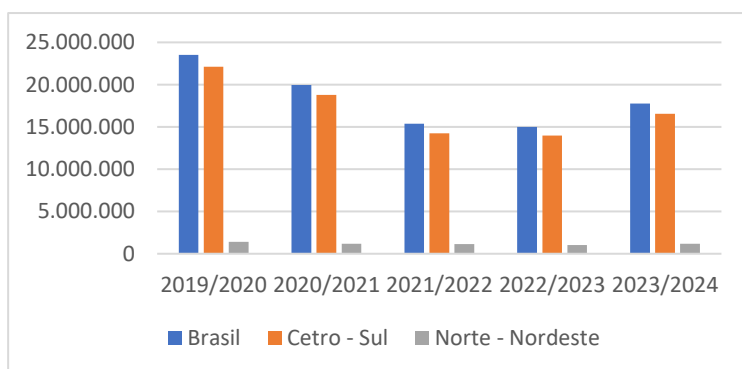
A liderança de São Paulo na produção de etanol no Brasil deve-se a uma combinação de fatores naturais, tecnológicos e econômicos. Embora Goiás e outros estados do Centro-Oeste apresentem uma produção significativa e crescente, os estados do Sul e Sudeste exibem uma produção mais modesta. A produção de etanol no Brasil variou significativamente entre as safras de 2010/2011 e 2023/2024, com quedas notáveis em várias safras e períodos de aumento, especialmente entre 2012/2013 e 2017/2018, além da última safra de 2022/2023 para 2023/2024. Vidal (2020) destaca que, na safra de 2019/2020, a produção de etanol foi concentrada principalmente nas regiões Sudeste, com destaque para São Paulo, e Centro-Oeste, com Goiás. O aumento da produção e competitividade do etanol foi impulsionado pelo fim da política de estabilidade do preço da gasolina.

No período anterior à pandemia, entre 2018 e 2019, a utilização de etanol hidratado aumentou de 13 bilhões para cerca de 20 bilhões de litros. Contudo, a demanda por etanol no Brasil caiu acentuadamente devido à redução do preço do petróleo, que, em função da competitividade com a gasolina, precisou reduzir seu preço, e à pandemia, que diminuiu a demanda por combustível. O Gráfico 2, obtido a partir de dados da UNICA DATA, evidencia a redução da produção de etanol entre os períodos de 2019/2020 e 2023/2024.

De acordo com o Gráfico 3, que apresenta a produção de etanol hidratado por estado no Brasil entre as safras de 2019/2020 e 2023/2024, São Paulo se destaca como o maior produtor nacional, mantendo volumes significativamente superior aos demais estados, que também possuem uma participação relevante na produção, embora em escala bem menor. Observa-se

um pico na safra 2019/2020, seguido por uma queda e uma leve recuperação nos anos seguintes, refletindo fatores como variações climáticas, demanda do mercado e políticas energéticas.

Gráfico 2: Produção de Etanol Hidratado no Brasil (m³): Comparação entre Regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste (2019/2020 - 2023/2024)



Fonte: UNICAdata, 2024

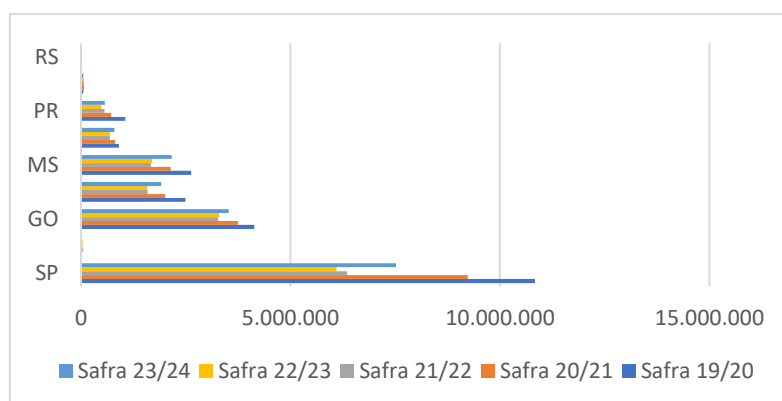
Ao analisar a evolução dos preços, nota-se uma tendência de alta a partir de 2020, chegando a atingir patamares máximos em 2022. Esse comportamento pode estar relacionado a diversos fatores, como a redução na produção de etanol durante a pandemia de COVID-19, a alta nos preços internacionais do petróleo e a maior demanda por combustíveis com a retomada econômica, com a retomada econômica, evidenciado pelo pico observado no Gráfico 4.

Conforme destaca Monteiro (2023), a produção de etanol hidratado no estado de São Paulo representou 45% do total nacional em 2020, com 149 usinas localizadas no estado e capacidade produtiva de 169,4 mil m³/dia (45,7% do total do Brasil). As principais distribuidoras, Raízen e Ipiranga, são responsáveis por quase 38% do volume total de vendas. Além disso, o estado de São Paulo concentra a maior parte dos postos de revenda de combustíveis do país, com 8.599 unidades em 2020. Essa estrutura de mercado, com a predominância de grandes players na produção, distribuição e revenda, pode influenciar a formação de preços e a dinâmica de comercialização do etanol hidratado no estado.

Dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) indicam que o estado de São Paulo lidera a produção de etanol no Brasil. Em 2020, o estado produziu 14,7 milhões de metros cúbicos de etanol, representando 45% da produção nacional. Desse total, aproximadamente dois terços correspondem ao etanol hidratado, utilizado como combustível em veículos, enquanto o restante é composto pelo etanol anidro, destinado à adição

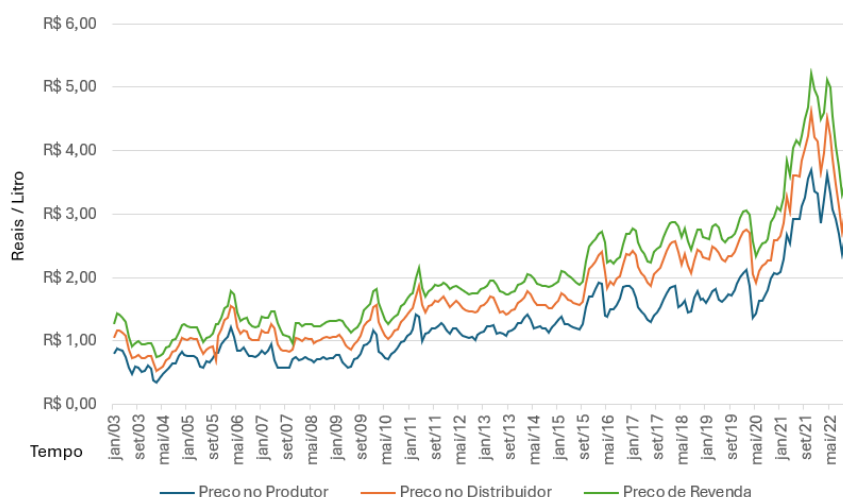
à gasolina. Além disso, o estado concentra mais da metade da área cultivada com cana-de-açúcar, principal matéria-prima do etanol, totalizando 5,5 milhões de hectares e uma produção colhida de 425,6 milhões de toneladas no mesmo período.

Gráfico 3: Produção de Etanol Hidratado (m³) por Estado no Brasil - safras 2019/2020 a 2023/2024



Fonte: UNICAdata, 2024

Gráfico 4: Evolução dos preços médios do etanol hidratado na cadeia de comercialização do Estado de São Paulo entre 2003 e 2022



Fonte: Agência Nacional de Petróleo Biocombustíveis e Gás Natural, 2024

Ainda sobre a análise dos preços de etanol, COSTA (2018) avaliou a transmissão de preços no mercado de etanol hidratado e investigou a presença de assimetrias no curto e longo prazo entre os elos da cadeia de comercialização. O estudo evidenciou uma assimetria positiva na transmissão de preços, indicando que o aumento no preço de produção é repassado mais fortemente para o consumidor final em comparação às reduções de preços.

O etanol é um dos principais produtos da indústria sucroalcooleira e possui relevância significativa nos âmbitos econômico, energético e ambiental. Como biocombustível renovável, representa uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis, promovendo a diversificação da matriz energética e reduzindo a dependência do petróleo (COSTA, 2016). No Brasil, o etanol hidratado é amplamente consumido por veículos *flex*, consolidando o país como referência mundial na produção e uso de fontes de energia renovável. Além de seu papel na matriz energética, o etanol contribui para a mitigação de impactos ambientais. Durante o ciclo produtivo da cana-de-açúcar, o processo de fotossíntese captura dióxido de carbono (CO₂), compensando parte das emissões resultantes da combustão do biocombustível. Isso reforça sua importância na transição para uma economia de baixo carbono e na redução dos efeitos das mudanças climáticas.

De acordo com o que foi possível sintetizar da literatura sobre o tema abordado neste artigo, a variação nos preços de etanol hidratado, desde o produtor até o consumidor final, tem sido impactada por diferentes fatores, dentre eles: a interferência da produção agrícola, a escolha de combustíveis pelos consumidores, a regularização política, o momento histórico e a estrutura de mercado em cada região. Sendo assim, para verificar o comportamento e a relação entre esses diferentes preços, a busca tanto na literatura quanto em relatórios de agências reguladoras e governamentais atualizadas se fez importante.

3. Metodologia

Para o presente artigo, a metodologia irá basear-se em uma busca e observação de dados secundários e pesquisas por meio de referências bibliográficas e quantitativas, por meio da interpretação de imagens, gráficos e tabelas, sendo essas fontes revistas científicas renomadas, artigos acadêmicos e sites referentes ao setor sucroalcooleiro, economia e mercado de etanol no Estado de São Paulo. Dentre as fontes de dados utilizados, pode-se citar a Agência Nacional de Petróleo, Biocombustíveis e Gás Natural (ANP); o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA); Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Os valores utilizados nos cálculos serão referentes ao período de 2003 a 2022, pensando-se no cenário anterior a pandemia e no posterior, para averiguar se afetou o mercado de combustíveis. Para a análise estatística, os valores serão deflacionados pelo IPCA.

Conforme Ferreira et al. (2020), a metodologia de Box e Jenkins com função de transferência constitui uma extensão dos modelos ARIMA, permitindo a incorporação de variáveis auxiliares para explicar o comportamento de uma variável resposta ao longo do tempo.

Nesse tipo de análise, busca-se compreender de que forma os movimentos de uma variável independente influenciam a variável dependente, sendo essa relação expressa por meio de uma função de transferência.

O procedimento inicia-se pelo cálculo da função de correlação cruzada entre as séries envolvidas, pois é a partir dela que se identifica a existência de defasagens temporais entre a variável explicativa e a variável resposta. Esse cálculo, contudo, não é realizado diretamente sobre as séries brutas. Antes disso, procede-se à etapa de pré-branqueamento, que tem a função de remover tendências e dependências estocásticas das séries, garantindo que a correlação cruzada reflita, de fato, a relação entre as variáveis e não efeitos espúrios de não estacionaridade. Uma vez obtida a função de correlação cruzada, torna-se possível identificar os parâmetros que definem a função de transferência. O primeiro deles é o parâmetro, que indica o instante inicial em que a variável explicativa começa a exercer influência sobre a variável dependente. Em seguida, determinam-se os parâmetros θ e ϕ , que representam, respectivamente, o número de defasagens adicionais consideradas no numerador e a ordem do polinômio no denominador, descrevendo assim a forma matemática da função de transferência. Essa etapa de identificação é fundamental, pois fornece a estrutura básica do modelo a ser estimado.

Com os parâmetros definidos, procede-se à estimação do modelo de função de transferência. Para isso, utiliza-se a função `Arima()` disponível no pacote `forecast` no software R. Nesse processo, a série dependente é filtrada em relação ao modelo ajustado para a variável explicativa, de forma a isolar os efeitos dessa última. Em seguida, ajusta-se o modelo completo, no qual estão incorporados tanto os componentes ARIMA quanto a função de transferência identificada, permitindo capturar a influência direta e defasada da variável auxiliar sobre a variável resposta.

A etapa final corresponde à verificação da adequação do modelo. Nela, avaliam-se os resíduos para verificar se se comportam como um ruído branco, ou seja, sem estrutura de autocorrelação. Isso é feito por meio da análise gráfica da autocorrelação dos resíduos, bem como do exame da correlação cruzada entre os resíduos e a série pré-branqueada da variável explicativa. Além dessas análises, aplica-se o teste de Ljung-Box, que tem por objetivo confirmar estatisticamente a ausência de autocorrelação significativa nos resíduos. A não rejeição da hipótese nula do teste indica que o modelo ajustado é estatisticamente consistente e pode ser considerado adequado para representar a dinâmica das séries.

Embora esse procedimento metodológico seja considerado robusto e amplamente utilizado, é importante reconhecer que sua aplicação depende de uma correta identificação dos parâmetros e de um bom processo de filtragem das séries envolvidas. Quando bem conduzido, no entanto, o modelo de função de transferência apresenta-se como uma ferramenta poderosa para o estudo de séries temporais, especialmente em contextos nos quais variáveis externas exercem papel fundamental na explicação da variável de interesse.

4. Análise de Resultados

4.1 Função de transferência entre o preço do etanol hidratado combustível pago ao produtor e preço da venda da distribuidora

A análise da função de transferência entre o preço do etanol hidratado no produtor (PP) e o preço no distribuidor (PD) evidenciou a existência de uma relação direta, intensa e relativamente rápida de transmissão de preços ao longo da cadeia produtiva. Foram estimados dois modelos de referência, sendo o Modelo 1 (ARIMAX (1,0,0)) com função de transferência (1,0) e o Modelo 3 (ARIMAX (2,0,0)) com função de transferência (1,1), os quais possibilitaram compreender a magnitude e a dinâmica temporal do repasse.

De acordo com o Quadro 3, verifica-se que, no Modelo 1, ocorreu um repasse imediato de 91% do preço do produtor para o distribuidor, acompanhado de uma persistência moderada ($\delta = 0,2508$), o que resulta em um efeito de longo prazo amplificado, atingindo 121,6%. Já o Modelo 3, que apresentou o melhor desempenho estatístico (AIC = -648,76; MAPE = 2,40%; $\sigma^2 = 0,00363$), descreve um processo mais detalhado de transmissão: no mês corrente ocorre um repasse de 86,08%, seguido por um repasse adicional de 36,10% no mês seguinte, alcançando um impacto total de 124,3% no longo prazo. Isso demonstra que, além do repasse quase imediato, há também uma memória de mercado de até dois meses, caracterizando uma resposta escalonada do distribuidor aos choques de preços no produtor. Do ponto de vista da formação de preços, os resultados revelam duas características centrais. Primeiro, a elevada magnitude do repasse evidencia que a maior parte das variações nos preços do produtor é transmitida ao consumidor final sem atrasos significativos. Segundo o fato de o impacto de longo prazo ser superior a 100% sugere que o setor de distribuição detém certo poder de mercado, permitindo não apenas repassar os custos, mas também agregar margens adicionais de comercialização. A presença de um termo constante positivo reforça essa interpretação, representando custos fixos operacionais e margens mínimas que independem das oscilações do preço no produtor.

A análise dos resultados do Modelo 3 revela uma dinâmica de preços marcada pela elevada inércia e pelo forte grau de transmissão dos custos entre os agentes da cadeia. Os coeficientes autorregressivos AR1 (0,6140) e AR2 (0,3765) indicam que aproximadamente 99% do preço atual da distribuidora é explicado pelos preços praticados nos dois meses anteriores. Esse comportamento demonstra a existência de persistência quase integral nos preços, o que reforça a presença de mecanismos de indexação ou rigidez contratual que dificultam ajustes rápidos em resposta a choques de mercado. No que se refere à função de transferência, observa-se um repasse imediato de 86,08% do preço do produtor (PP) para o preço da distribuidora (PD), o que evidencia a elevada sensibilidade da revenda em relação aos custos de origem. Além disso, há um repasse adicional de 36,10% no mês subsequente, indicando que o processo de transmissão não se esgota no curto prazo, mas se prolonga por pelo menos dois períodos. Esse padrão de ajuste em dois estágios sugere que as distribuidoras não apenas reagem de forma instantânea às variações de custos, mas também realizam ajustes complementares nos meses seguintes, o que pode estar associado a práticas de recomposição de margens ou à incorporação gradual de custos logísticos e financeiros.

Quadro 3: Comparação dos modelos de função de transferência entre o preço no produtor (PP) e o preço no distribuidor (PD)

Métrica	Modelo 1	Modelo 3	Diferença
AIC	-621.99	-648.76	-26.77
σ^2	0.004225	0.00363	-14.1%
MAPE	2.81%	2.40%	-14.7%
Efeito imediato	0.9100	0.8608	-5.4%
Efeito total	1.216	12.429	+2.2%

Fonte: Elaborado pelos autores

No que se refere à função de transferência, observa-se um repasse imediato de 86,08% do preço do produtor (PP) para o preço da distribuidora (PD), o que evidencia a elevada sensibilidade da revenda em relação aos custos de origem. Além disso, há um repasse adicional de 36,10% no mês subsequente, indicando que o processo de transmissão não se esgota no curto prazo, mas se prolonga por pelo menos dois períodos. Esse padrão de ajuste em dois estágios sugere que as distribuidoras não apenas reagem de forma instantânea às variações de custos, mas também realizam ajustes complementares nos meses seguintes, o que pode estar associado

a práticas de recomposição de margens ou à incorporação gradual de custos logísticos e financeiros.

O efeito total de longo prazo, estimado em 124,3%, demonstra que o repasse dos custos do produtor ao distribuidor ultrapassa o valor inicial do choque, configurando um fenômeno de amplificação do preço (repasse maior que 100%). Esse resultado aponta para a manutenção de margens de comercialização pelas distribuidoras, reforçando a ideia de que o setor apresenta poder de mercado suficiente para não apenas repassar integralmente os custos, mas também incorporar ganhos adicionais ao longo do processo.

De acordo com o Quadro 4, que apresenta a decomposição dos efeitos no Modelo 3 (PD e PR), é possível observar a dinâmica de formação dos preços e repasses. O coeficiente AR1 (0,6140) indica que 61,40% do preço atual é explicado pela persistência do preço do mês anterior, enquanto o AR2 (0,3765) mostra que 37,65% da variação decorre da influência dos preços de dois meses antes. Em relação ao repasse de custos, o parâmetro ω_0 (0,8608) evidencia um repasse imediato bastante elevado, de 86,08%, ao passo que o ω_1 (0,3610) aponta para um repasse adicional de 36,10% no mês subsequente. Já o δ_1 (0,0162) revela uma baixa persistência, sem ocorrência significativa de *overshooting*, indicando estabilidade na transmissão de preços. Por fim, o intercepto (0,1286) representa a margem fixa de comercialização, correspondente aos custos operacionais mínimos necessários.

Além disso, o coeficiente δ_1 (0,0162) reforça a ideia de que a transmissão de preços ocorre com baixa persistência, sem oscilações abruptas que caracterizariam *overshooting*, o que demonstra maior estabilidade no processo. Já o valor positivo do intercepto (0,1286) evidencia a existência de uma margem fixa de comercialização, associada a custos operacionais essenciais, pouco sensíveis às variações dos preços praticados pelo produtor. Os resultados evidenciam que o mercado analisado é caracterizado por forte repasse de custos, alta persistência dos preços e capacidade de amplificação dos choques iniciais. Tais características têm implicações diretas para políticas públicas e estratégias de mercado, uma vez que choques nos preços do produtor tendem a ser transmitidos de forma quase integral e ampliada para os preços finais da distribuidora, impactando consumidores e contribuindo para a rigidez inflacionária no setor.

Quadro 4: Decomposição dos Efeitos no Modelo 3 (PD e PR)

Componente	Interpretação Econômica
AR1 = 0.6140	61,40% de persistência do preço no mês anterior
AR2 = 0.3765	37,65% de influência do preço dois meses antes
$\omega 0 = 0.8608$	86,08% de repasse imediato dos custos
$\omega 1 = 0.3610$	36,10% de repasse adicional no mês seguinte
$\delta 1 = 0.0162$	Persistência baixa, sem overshooting relevante
Intercepto = 0.1286	Margem fixa de comercialização (custos operacionais mínimos)

Fonte: Elaborado pelos autores

4.2 Função de transferência entre o preço do etanol hidratado combustível pago a distribuidora e preço da venda da revenda.

A análise da função de transferência entre o preço do etanol hidratado no distribuidor (PD) e o preço na revenda (PR) revelou uma forte integração entre esses dois elos da cadeia de comercialização, com elevado grau de repasse e efeitos dinâmicos relevantes. De acordo com o Quadro 5, que sintetiza a comparação dos modelos de função de transferência entre o preço no distribuidor (PD) e o preço no revendedor (PR), observa-se três modelos ARIMAX, sendo o Modelo 1 (ARIMAX (1,0,0)) com função de transferência (1,0)), o Modelo 2 (ARIMAX (0,1,1)) com função de transferência (1,0)) e o Modelo 3 (ARIMAX (2,0,0)) com função de transferência (1,1)), este último identificado como a especificação mais adequada segundo os critérios estatísticos.

O Modelo 1 indicou um repasse imediato de 83,99% do preço do distribuidor para a revenda, refletindo um mercado com baixa rigidez de preços no curto prazo. No entanto, a presença de problemas de estacionariedade ($AR1 \approx 1$) e um intercepto elevado e estatisticamente inconsistente limitaram a confiabilidade desse modelo para previsões de longo prazo.

O Modelo 2, ao incorporar diferenciação, capturou adequadamente as variações de curto prazo, indicando um repasse imediato de 86,15%, seguido por um efeito defasado adicional de

17,58%. Esse modelo se mostrou robusto para análises de curto prazo, mas tende a subestimar os efeitos acumulados no longo prazo, sendo mais útil em contextos de avaliação de políticas pontuais e choques temporários de preços.

O Modelo 3 apresentou o melhor ajuste estatístico ($AIC = -790,92$; $\sigma^2 = 0,002031$; $MAPE = 1,50\%$) e, por isso, foi considerado o mais adequado. Ele revelou um repasse imediato de 85,75% do preço do distribuidor para a revenda, acrescido de 26,98% no mês seguinte e um pequeno efeito de correção no terceiro mês (-1,93%), resultando em um impacto total aproximado de 125%. Esse fenômeno, conhecido como *overshooting*, sugere que o preço na revenda tende a amplificar as variações ocorridas no distribuidor, ultrapassando o valor inicial do choque. A decomposição dos efeitos no Modelo 3 evidencia de forma detalhada a dinâmica de transmissão de preços entre o distribuidor e a revenda de etanol hidratado. Os parâmetros autorregressivos (AR1 e AR2) indicam que os preços da revenda possuem significativa persistência temporal, sendo que 51,13% do valor atual é explicado pelo preço do mês anterior e 8,4% ainda sofre influência do preço observado dois meses antes. Essa memória de curto prazo demonstra que choques de preços no distribuidor não apenas afetam a revenda de forma imediata, mas também repercutem por até três meses, ainda que com intensidade decrescente.

Quadro 5 Comparação dos modelos de função de transferência entre o preço no distribuidor (PD) e o preço no revendedor (PR)

Métrica	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
AIC	-732.06	-768.78	-790.92
Log Likelihood	370.03	387.39	401.46
σ^2 estimado	0.00267	0.002286	0.002031
RMSE	0.0517	0.0477	0.0451
MAPE	1.55%	1.59%	1.50%

Fonte: Elaborado pelos autores

A decomposição dos efeitos no Modelo 3 evidencia de forma detalhada a dinâmica de transmissão de preços entre o distribuidor e a revenda de etanol hidratado. Os parâmetros autorregressivos (AR1 e AR2) indicam que os preços da revenda possuem significativa persistência temporal, sendo que 51,13% do valor atual é explicado pelo preço do mês anterior e 8,4% ainda sofre influência do preço observado dois meses antes. Essa memória de curto

prazo demonstra que choques de preços no distribuidor não apenas afetam a revenda de forma imediata, mas também repercutem por até três meses, ainda que com intensidade decrescente.

No que diz respeito ao repasse dos custos, o coeficiente de transferência contemporâneo ($\omega_0 = 0,8575$) mostra que 85,75% do preço no distribuidor é transmitido imediatamente para o preço na revenda, revelando a baixa rigidez do mercado e a forte integração entre esses elos da cadeia. Além disso, observa-se um repasse adicional de 31,96% no mês seguinte (ω_1), que somado ao efeito de ajuste ($\delta_1 = -0,0602$) resulta em um acréscimo líquido de 26,98% no segundo mês. Já no terceiro mês, há uma pequena redução de 1,93%, caracterizando um fenômeno de correção conhecido como *overshooting*. No total, o impacto acumulado de um choque inicial no preço do distribuidor é de aproximadamente 125%, o que significa que a revenda não apenas repassa integralmente os aumentos de custo, mas também amplia os efeitos no preço final ao consumidor.

Esse padrão de transmissão tem implicações importantes para a economia do setor. A ocorrência de repasse superior a 100% revela que os revendedores agregam margens adicionais ao preço final, possivelmente como estratégia de proteção frente a incertezas de mercado ou para manutenção de rentabilidade em períodos de maior volatilidade. Do ponto de vista das políticas públicas, os resultados sugerem que reduções de custos no distribuidor, via subsídios ou incentivos fiscais, seriam potencializadas na revenda, podendo gerar reduções ainda mais expressivas no preço final ao consumidor (por exemplo, uma queda de R\$1 no distribuidor levaria a uma queda de R\$1,25 na revenda no longo prazo). Por outro lado, aumentos tributários ou choques de custos na distribuição tenderiam a ser amplificados no preço final, intensificando pressões inflacionárias. Além disso, medidas temporárias de controle de preços teriam eficácia limitada, dada a persistência e a memória do processo de transmissão.

A decomposição do Modelo 3 mostra que o elo entre distribuição e revenda no mercado de etanol hidratado é marcado por forte repasse imediato, amplificação dos efeitos no curto prazo e persistência de até três meses, configurando um sistema de alta sensibilidade a choques e de grande relevância para o planejamento empresarial e a formulação de políticas públicas no setor sucroalcooleiro.

De acordo com o Quadro 6, que apresenta a decomposição dos efeitos no Modelo 3 (PD e PR), observa-se que o preço atual mantém significativa influência do passado recente. O coeficiente AR1 (0,5113) revela que 51,13% da variação do preço é explicada pelo valor do mês anterior, enquanto o AR2 (0,0840) mostra um efeito mais discreto, de apenas 8,4%,

proveniente dos preços de dois meses antes. Em relação ao repasse de custos, o parâmetro ω_0 (0,8575) evidencia um repasse imediato elevado, de 85,75%, complementado por um repasse adicional no mês seguinte de 31,96% (ω_1). Já o coeficiente δ_1 (-0,0602) indica um efeito de ajuste negativo, caracterizando *overshooting*, situação em que o preço no revendedor ultrapassa temporariamente o impacto inicial do distribuidor antes de retornar ao equilíbrio. Os resultados do Quadro 6 evidenciam que a formação do preço no revendedor é fortemente influenciada pela persistência de curto prazo, sendo 51,13% explicada pelo preço do mês anterior e apenas 8,4% pelos preços de dois meses antes. A transmissão de custos mostrou-se elevada, com repasse imediato de 85,75% e adicional de 31,96% no período subsequente, confirmando a rapidez do mecanismo de ajuste. Observa-se ainda que o coeficiente δ_1 (-0,0602) aponta para a ocorrência de *overshooting*, fenômeno em que os preços na revenda ultrapassam temporariamente o impacto inicial do distribuidor antes de retornarem ao equilíbrio.

Quadro 6 Decomposição dos Efeitos no Modelo 3 (PD e PR)

Componente	Interpretação Econômica
$AR_1 = 0.5113$	51,13% de persistência do preço no mês anterior
$AR_2 = 0.0840$	8,4% de influência do preço dois meses antes
$\omega_0 = 0.8575$	85,75% de repasse imediato dos custos
$\omega_1 = 0.3196$	31,96% de repasse adicional no mês seguinte
$\delta_1 = -0.0602$	Efeito de ajuste negativo (<i>overshooting</i>)

Fonte: Elaborado pelos autores

5. Considerações finais

Os resultados obtidos neste estudo permitiram compreender, de maneira aprofundada, a dinâmica de formação e transmissão de preços no setor sucroenergético, evidenciando a relevância do uso de modelagens estatísticas de séries temporais, em especial os modelos SARIMA e ARIMAX com função de transferência.

A análise demonstrou que os preços apresentam elevada persistência, com memória de até dois meses, e que o repasse dos custos do produtor para a distribuidora ocorre de forma rápida e intensa, concentrando-se principalmente nos dois primeiros períodos após o choque. O efeito total superior a 100% sugere que, além de transmitirem integralmente os custos, as

distribuidoras ampliam os preços finais, o que indica manutenção ou expansão de margens de comercialização. Esse fenômeno reforça a hipótese de rigidez de preços e de existência de poder de mercado na etapa de distribuição. Tais evidências possuem implicações diretas para o controle da inflação, uma vez que choques de custos tendem a ser transmitidos de maneira quase integral e ampliada ao consumidor final, reduzindo a eficácia de medidas de curto prazo, como subsídios e reduções tributárias.

Portanto, a pesquisa confirma que a cadeia sucroenergética é marcada por forte sensibilidade a choques de custos, elevada inércia de preços e capacidade de amplificação no processo de transmissão. Essas características não apenas desafiam a formulação de políticas públicas de estabilização, como também reforçam a necessidade de monitoramento contínuo e de análises complementares que incorporem aspectos institucionais, sazonais e estruturais do setor.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). *Anuário estatístico 2022*. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2022/secao-4/texto/secao4.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). *Boletim trimestral de preços e volumes de combustível: 3º trimestre 2021*. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletins/btpvc-1/2021/boletim-trimestral-sdc-11-3t21_vf.pdf. Acesso em: 26 jul. 2023.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. *Time series analysis: forecasting and control*. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.

CARVALHO, Glauco Rodrigues; OLIVEIRA, C. de. *O setor sucroalcooleiro em perspectiva*. 2006.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. *Indicador mensal do etanol hidratado combustível CEPEA/ESALQ – São Paulo*. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/etanol-mensal-sp.aspx>. Acesso em: 26 jul. 2023.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. Safra 2020/21, v. 7 – Primeiro levantamento*. Brasília: Conab, maio 2020. p. 1–62.

COSTA, Cinthia Cabral da. *Formação de preços de açúcar e álcool combustível anidro e hidratado no Estado de São Paulo*. 2000. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

COSTA, Cinthia Cabral da; BURNQUIST, Heloisa Lee. Impactos do controle do preço da gasolina sobre o etanol biocombustível no Brasil. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 46, n. 4, p. 1003–1028, 2016.

DANTAS FILHO, Paulo Lucas. *Análise de custos na geração de energia com bagaço de cana-de-açúcar: um estudo de caso em quatro usinas de São Paulo*. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FELTRE, C.; PEROSA, Bruno Benzaquen. Governança no setor sucroalcooleiro: uma análise comparada de São Paulo e do Cerrado Mineiro e Goiano. *Economia Ensaios*, v. 35, n. 2, p. 25–48, 2020.

FERREIRA, Pedro Guilherme Costa (org.) et al. *Análise de séries temporais em R: curso introdutório*. São Paulo: Atlas, 2020.

FÓRUM PIR2. *Química geral: produção de etanol*. Disponível em: <https://pir2.forumeiros.com/t162282-quimica-geral-producao-de-etanol>. Acesso em: 24 fev. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Pesquisa Agrícola Municipal (PAM): tabelas. Informações sobre culturas temporárias: área plantada, colhida, produção e rendimento médio. Cana-de-açúcar, 2021*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 19 jul. 2023.

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 24, p. 223–253, 2010.

MERCANTE, André Luiz Petrini. *Geração de bioeletricidade através do bagaço e da palha da cana-de-açúcar*. 2021.

MONTEIRO, Thiago Peitl. *Margens de comercialização do etanol hidratado no estado de São Paulo*. 2023.

OLIVEIRA, D. M.; PONTES FILHO, F. S.; PONTES, F. M. Margens de comercialização e canal de comercialização do tomate na cidade de Mossoró – RN. 2010.

R CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 08 fev. 2025.

RODRIGUES FILHO, Saulo; JULIANI, Antonio José. Sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, v. 27, p. 195–212, 2013.

TOSS, Leonardo. *Avaliação socioeconômica e produtiva de agricultores familiares produtores de cana-de-açúcar para etanol de Porto Xavier e Roque Gonzales – RS*. 2010.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). São Paulo: UNICA Data, 2024 e 2025.

VIDAL, Maria de Fátima. *Produção e mercado de etanol*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 5, n. 121, ago. 2020. (Caderno Setorial Etene).