

A Estrutura Produtiva Brasileira: Uma Análise Insumo-Produto do Período 2000-2020

Resumo: O objetivo deste artigo é apresentar e fornecer uma análise dos coeficientes técnicos e da decomposição estrutural da economia brasileira, no período de 2000 a 2020. Para isso, é utilizado o ferramental analítico do Modelo Insumo-Produto (MIP) a fim de avaliar os indicadores de mudança no processo produtivo brasileiro. Em síntese, a MIP é uma ferramenta eficiente para identificar as mudanças estruturais deste processo e da tecnologia usada e, apesar de não permitir a identificação das causas dessas mudanças, é possível contornar essas questões com o contexto político e econômico. Dentre os principais resultados encontrados, confirma-se a hipótese de que os coeficientes técnicos se mantêm relativamente constantes durante os anos de análise, exceto em setores pontuais, onde houve mudança de tecnologia ou de padrão de consumo, como é o caso dos setores ligados ao petróleo, minério de ferro, fumo e álcool. Para completar a análise, é adotada uma extensão da MIP, a decomposição estrutural, para analisar as relações dos efeitos decorrentes das mudanças tecnológicas e do comportamento do mercado consumidor (demanda final), em que é possível perceber destaque para os setores de petróleo e comércio, indicando necessidade de atenção governamental aos mesmos.

Palavras-chave: Economia Brasileira; Modelo Insumo-Produto; Decomposição Estrutural.

Abstract: The aim of this article is to present and analyse the technical coefficients and structural decomposition of the Brazilian economy from 2000 to 2020. To achieve this, we utilised the analytical framework of the Input-Output Model (IOM) to assess indicators of change in the Brazilian production process. In summary, the IOM is an efficient tool for identifying structural changes in the productive process and the technology used. Although it does not allow us to identify the causes of these changes, we can address these issues within the political and economic context. Among the main results found, we confirm the hypothesis that technical coefficients remain relatively constant during the years of analysis, except in specific sectors where there was a change in the adopted technology or consumption patterns, such as the sectors related to oil, iron ore, tobacco, and alcohol. To complete the analysis, we adopted an extension of the IOM, the structural decomposition, to analyse the relationships between the effects resulting from technological changes and consumer market behaviour (final demand). We observed a notable emphasis on the oil and trade sectors, indicating the need for government attention to these areas.

Keywords: Brazilian Economy; Input-Output Model; Structural Decomposition Analysis.

Indicação de área de temática: Área 3 – Localização e concentração das atividades econômicas

JEL Classification: R150 - General Regional Economics: Econometric and Input-Output Models; Other Models.

1. Introdução

A aceleração do processo industrial do Brasil, a partir dos anos 1950, representou uma significativa mudança na estrutura produtiva nacional. Mudança essa que estaria refletida na alteração do perfil produtivo brasileiro e mesmo no processo de desenvolvimento econômico nacional. Com destaque para a transição de um modelo agrícola-exportador para uma economia com uma pauta exportadora pouco mais manufaturada ou industrializada que anteriormente e um crescimento substancial do setor de serviços mais recente - refletindo mudanças nas

preferências dos consumidores e avanço tecnológico (FEIJÓ; RAMOS, 2008; PEREIRA; SILVA; LARRUSCAIM, 2023).

Nesse contexto, o uso da Matriz Insumo-Produto permite compreender os alcances dessas alterações e transições na estrutura produtiva brasileira por uma ótica quantitativa-metodológica robusta. Ainda, como as mudanças estão refletidas na trajetória dos coeficientes técnicos dos setores nacionais, há uma importância tanto na análise desses coeficientes, como na análise da decomposição estrutural do produto nacional (MILLER; BLAIR, 2009). Nesse mesmo sentido, é evidenciado uma crescente interconexão entre os setores econômicos, o que resulta em efeitos multiplicadores e de redistribuição de impactos (SESSA *et al.*, 2016; NASSIF; TEIXEIRA; ROCHA, 2021). Tanto essas mudanças quanto as novas interconexões entre os setores produzem efeitos na alocação de recursos, na produção, na geração de emprego e na distribuição de renda.

Portanto, à medida que a economia brasileira avança e a estrutura produtiva se modifica, é essencial considerar tendências futuras e desafios emergentes. A transformação digital, por exemplo, está redefinindo a dinâmica produtiva e os coeficientes técnicos em diversos setores. Sessa *et al.* (2016) ressalta a importância de incorporar essas tendências nas análises de coeficientes técnicos para *insights* precisos. No entanto, é um desafio complexo, uma vez que é difícil obter dados de qualidade e modelos robustos são essenciais para a precisão das informações. Isso ocorre porque a MIP requer suposições cuidadosas sobre elasticidades de demanda e oferta.

A análise dos coeficientes técnicos tem implicação direta na formulação de políticas econômicas. A identificação de setores-chave e de dependência mútua é fundamental para direcionar estratégias de desenvolvimento (FEIJÓ; RAMOS, 2008). Setores que desempenham um papel central na interconexão da economia podem ser alvos de investimentos e incentivos, impulsionando a geração de empregos e inovação.

Além disso, as mudanças nos coeficientes técnicos têm impactos em questões como o meio ambiente e a distribuição de renda. A adoção de tecnologias mais eficientes e sustentáveis em setores intensivos em recursos pode ser facilitada por meio da análise dos fluxos de insumos. Por isso, autores como Nassif, Teixeira e Rocha (2021) têm discutido como a análise de coeficientes técnicos pode embasar políticas que promovam a sustentabilidade econômica e ambiental.

Assim, considerando a literatura sobre MIP e o contexto das mudanças na economia brasileira, é possível identificar no decorrer do tempo as transformações tecnológicas no processo produtivo e a evolução da estrutura produtiva. É isso que se busca neste artigo, se valendo da MIP da economia brasileira no período de 2000 e 2020, é feita uma comparação dos coeficientes técnicos da Matriz Insumo-Produto Brasileira (MIP-BR) para se verificar a constância ou não da tecnologia e, em um segundo momento, a decomposição estrutural das MIPs permite explicar as alterações na produção nacional como o resultado das mudanças tecnológicas ou das alterações na demanda final.

Para tanto, este artigo está dividido em quatro seções além desta introdução. A segunda seção aborda brevemente a ótica teórica da MIP para apresentar os métodos de coeficientes técnicos e decomposição estrutural, e os dados utilizados. A terceira e quarta seções são dedicadas aos resultados e análises dos coeficientes técnicos e da decomposição estrutural, respectivamente. O artigo se encerra com as considerações finais.

2. O Modelo Insumo-Produto (MIP)

O Modelo Insumo-Produto (MIP) constitui uma ferramenta analítica empregada para elucidar a compreensão das intrincadas interações que permeiam os diversos elementos do processo produtivo, sendo que sua gênese remonta à contribuição seminal de Wassily Leontief, em 1930 (MILLER; BLAIR, 2009; SOUZA; PEROBELLI, 2009; LEONTIEF, 1986). O modelo é uma ferramenta essencial para analisar essas interações, revelando as relações de insumos e produtos entre os setores. Se incorporada à perspectiva do Equilíbrio Geral (EG), por

exemplo, é possível compreender os impactos macroeconômicos das mudanças nos coeficientes técnicos.

O MIP encontra suas bases teóricas nos postulados da teoria econômica neoclássica, os quais estão ancorados nos princípios de otimização da alocação dos recursos e na busca do estado de equilíbrio econômico (MILLER; BLAIR, 2009). Nesse contexto, os pressupostos subjacentes ao MIP adquirem particular relevância, delineando as premissas sobre as quais o modelo é fundamentado.

No contexto dessas premissas, surge o conceito de homogeneidade setorial no MIP, o qual estabelece que produtos semelhantes pertencentes a um mesmo setor são tratados como idênticos em termos de qualidade e atributos (MILLER; BLAIR, 2009). A teoria neoclássica, ao se concentrar na utilidade marginal decrescente e na maximização do lucro, assume a homogeneidade dos produtos com o intuito de simplificar a representação da economia ao explorar a otimização por parte dos agentes econômicos (ARROW; DEBREU, 1954).

A interdependência setorial é outro elemento crucial do MIP, ao considerar que os setores operam interligados pelas relações de oferta e demanda (MILLER; BLAIR, 2009). Na teoria, a interdependência é observada nas relações entre os mercados de fatores de produção e os mercados de bens de consumo, i.e., as decisões de produção e consumo em um setor impactam diretamente os outros setores, refletindo a natureza sistêmica da estrutura econômica (SAMUELSON, 1947; RODRIK, 2006).

Apesar de possuir avanços nessa parte, com os modelos abertos e os modelos regionais, é um pressuposto a ausência de vazamento no MIP, onde não há exportações ou importações, que se alinha com a premissa neoclássica de uma economia fechada (desconsiderando o comércio internacional) (MILLER; BLAIR, 2009). Esse pressuposto facilita uma análise mais focada nos fluxos internos do processo produtivo da economia doméstica, o que é uma simplificação das análises neoclássica que se concentram nas interações internas entre produtores e consumidores, excluindo o contexto internacional (MILLER; BLAIR, 2009).

Há ainda a premissa de equilíbrio entre oferta e demanda no MIP, a qual espelha a ênfase neoclássica na busca pelo equilíbrio econômico. Assim como a teoria neoclássica busca identificar os preços e quantidades de equilíbrio nos mercados de bens e fatores, a igualdade entre oferta e demanda, o MIP assume que a produção e o consumo totais são iguais, implicando em um estado de equilíbrio em que todas as demandas do processo produtivo se igualam a todas as ofertas (MILLER; BLAIR, 2009; WALRAS, 1874).

Por último, mesmo sendo simplificadora, a suposição de proporcionalidade dos insumos no MIP espelha a suposição neoclássica de uma função de produção com rendimentos constantes de escala (MILLER; BLAIR, 2009). Há uma relação constante entre os insumos e os produtos, o que permite a construção dos coeficientes técnicos (que também são constantes) no MIP (MILLER; BLAIR, 2009). A relação entre os dois pressupostos está na busca por representar a produção de maneira simplificada e compreensível.

Conceitualmente, os coeficientes técnicos, sejam eles da produção ou de insumos, expressam a quantidade de insumos e tecnologia necessários para produzir uma unidade de produto dentro da estrutura produtiva (MILLER; BLAIR, 2009; SOUZA; PEROBELLI, 2009). A análise dos coeficientes técnicos permite compreender as interações complexas entre os setores produtivos e as transformações estruturais ao longo do tempo. Eles são fundamentais na análise da estrutura de produção de uma economia ou de um setor específico, além de possuírem interconexões e fluxos intersetoriais. As informações extraídas destas análises podem ser usadas no delineamento do planejamento econômico governamental, além de permitirem avaliar os possíveis impactos das mudanças setoriais capazes de reverberar em diferentes fases da cadeia produtiva (MILLER; BLAIR, 2009; SOUZA; PEROBELLI, 2009; NOVAIS; PEROBELLI, 2012).

Ademais, a suposição no MIP que os coeficientes técnicos se mantêm relativamente constantes ao longo do tempo se dá uma vez que o modelo assume que a função de produção segue leis determinadas (REYES, 2021). Apesar de ser possível que os coeficientes técnicos

possam mudar conforme o desenvolvimento do sistema econômico ou tenha uma grande ruptura, a suposição de relativa constância dos coeficientes técnicos se dá por conta da suposição de estacionaridade microeconômica (MERCIAI, 2016; SETOLA, 2013). As mudanças nos coeficientes podem se dar então por mudanças na capacidade de produção, sazonalidade do processo produtivo e choques temporais (AVELINO, 2017).

2.1 Os dados e os métodos: MIP, coeficientes técnicos e decomposição estrutural

Para observar as mudanças na estrutura da tecnologia da produção entre os anos de 2000 e 2020, parte-se das matrizes de modelo insumo-produto para os referidos anos, utilizando-as para calcular os coeficientes técnicos e para a análise de decomposição estrutural. As matrizes insumo-produto do Brasil foram construídas pelo Centro de Estudos Computacionais em Equilíbrio Geral (CECEG), a partir das Tabelas de Recursos e Usos (TRU) de 2000 e 2020 divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As matrizes possuem 51 setores.

Figura 1 – Estrutura da matriz insumo-produto

		Setores			Demanda final (C+G+H+E)	Valor Bruto da Produção
		Setor 1	Setor 2	Setor n		
Setores	Setor 1	z_{11}	z_{12}	z_{1n}	f_1	x_1
	Setor 2	z_{21}	z_{22}	z_{2n}	f_2	x_2
	Setor n	z_{31}	z_{32}	z_{3n}	f_3	x_3
Valor Agregado Bruto	Salários	w_1	w_2	w_3		
	Outros	o_1	o_2	o_3		
Valor Bruto da Produção		x_1	x_2	x_3		

Fonte: Elaboração própria, 2023.

Com base na Figura 1, tem-se o modelo básico de insumo-produto como

$$x = B \times f \quad (1)$$

Onde x é o vetor de valor bruto da produção, $B = (I - A)^{-1}$ é a matriz Inversa de Leontief, f é o vetor de demanda final, A é a matriz de coeficientes técnicos e I é uma matriz Identidade. A matriz A de coeficientes técnicos (ou matriz tecnológica) pode ser construída a partir da estrutura da matriz insumo-produto, calculando os coeficientes técnicos pela divisão do fluxo de insumos de i para j (z_{ij}) pelo valor bruto da produção de j (x_j).

Os coeficientes técnicos (a_{ij}) de uma matriz insumo-produto indicam quanto um setor demanda de outro para cada unidade monetária de produção, mensurando a tecnologia empregada na produção pela ótica da demanda setorial (MILLER; BLAIR, 2009; SOUZA; PEROBELLI, 2009). Caso esses coeficientes técnicos mantenham uma constância ao longo do tempo, aceita-se a hipótese de constância de tecnologia. Ainda, os coeficientes técnicos, e as relações entre os setores da economia expressas por eles, podem ser destacados como a parte mais importante na matriz insumo-produto (MILLER; BLAIR, 2009). As comparações entre os coeficientes técnicos de duas matrizes insumo-produto diferentes são importantes já que podem evidenciar as mudanças estruturais na composição da produção da economia (SOUZA; PEROBELLI, 2009).

A análise de decomposição estrutural (SDA) é uma extensão do modelo de insumo-produto básico em que é feita a desagregação setorial dos resultados do modelo para analisar os fatores que levam a mudanças na estrutura econômica (NOVAIS; PEROBELLI, 2012; LIN *et al.*, 2021). A combinação dos métodos, I-O SDA, é vantajosa justamente por essa desagregação e por conta da possibilidade de considerar os efeitos diretos e indiretos das

mudanças tecnológicas entre os setores, permitindo analisar as respostas do nível de produção às mudanças no sistema produtivo e na quantidade de insumos (NOVAIS; PEROBELLI, 2012).

O I-O SDA é um método de estática comparativa para mensurar as mudanças na estrutura do sistema produtivo e se baseia na ideia de que essas mudanças de alguma variável podem ser decompostas entre mudanças em suas próprias variáveis determinantes (NOVAIS; PEROBELLI, 2012). Considerando a equação do modelo básico de insumo-produto para mais de um período, tem-se

$$x^t = (I - A^t)^{-1}y^t = B^t y^t \quad (2)$$

em que t assume valor 0 para o ano inicial e 1 para o ano final. Dessa forma, a mudança na produção total entre os períodos pode ser representada como

$$\Delta x = x^1 - x^0 = B^1 y^1 - B^0 y^0 \quad (3)$$

de forma que a mudança total na produção, Δx , pode ser decomposta em relação às variações em B e em y

$$\Delta B = B^1 - B^0 \quad (4)$$

$$\Delta y = y^1 - y^0 \quad (5)$$

Rearranjando as equações e substituindo na equação de mudança na produção total, tem-se que

$$\Delta x = B^1 \Delta y + \Delta B y^0 \quad (6)$$

$$\Delta x = \Delta B y^1 + B^0 \Delta y \quad (6')$$

É possível considerar a média dos resultados das duas equações. Rearranjando, tem-se

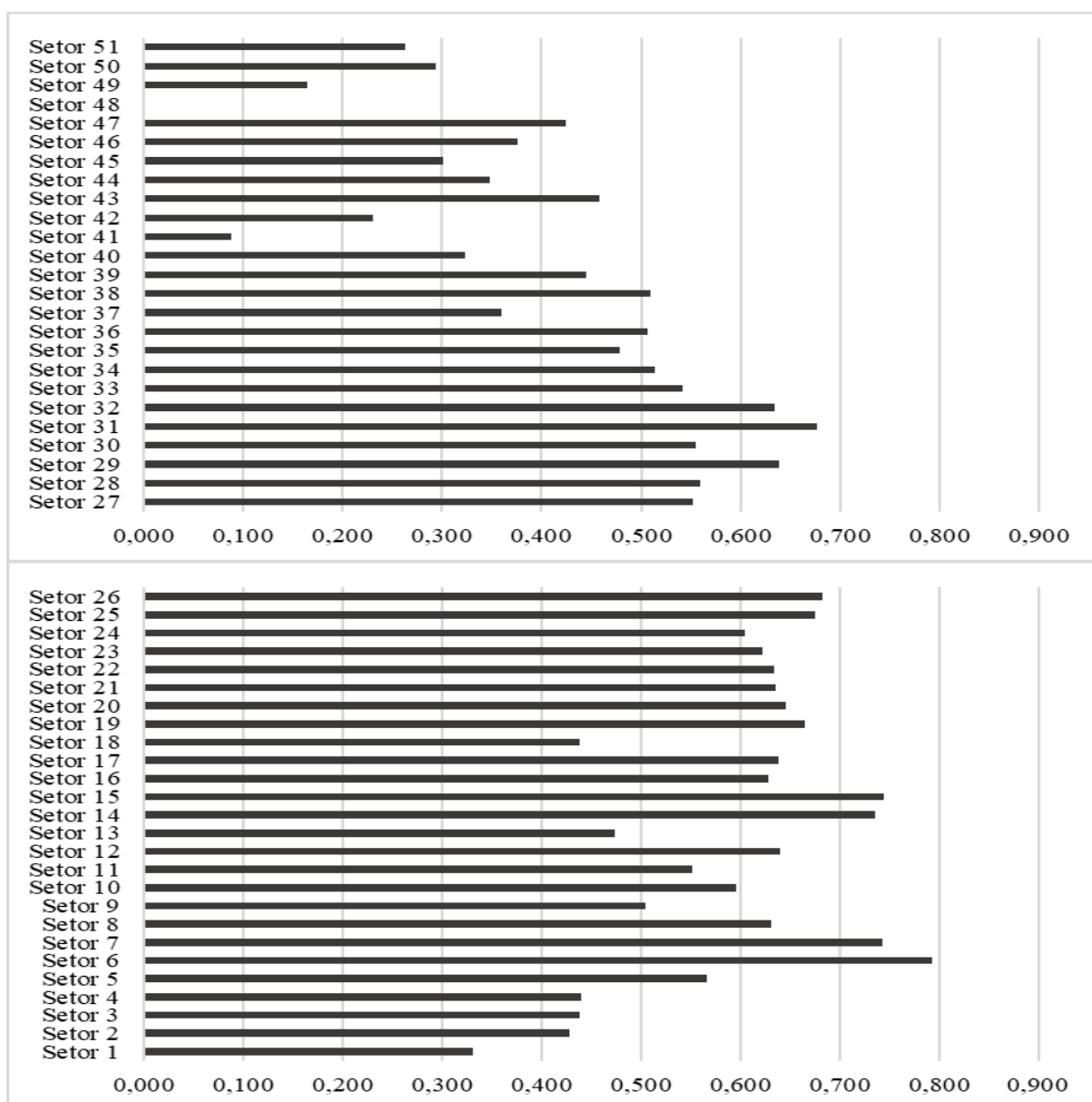
$$\Delta x = \frac{1}{2} \Delta B (y^0 + y^1) + \frac{1}{2} (B^0 + B^1) \Delta y \quad (6'')$$

Sendo que o termo $\frac{1}{2} \Delta B (y^0 + y^1)$ é a parcela da decomposição associada à mudança tecnológica e $\frac{1}{2} (B^0 + B^1) \Delta y$ é a parcela da decomposição associada à mudança na demanda final (DIETZENBACHER; LOS, 1998).

3. Análise dos coeficientes técnicos para o Brasil entre 2000 e 2020

A média simples dos coeficientes técnicos calculados no MIP para o Brasil, com os 51 setores entre 2000 e 2020, são apresentados abaixo (Gráfico 1). Os dez primeiros setores com maiores médias para o período analisado foram: Alimentos e Bebidas (0,75); Alcool (0,71); Produtos do Fumo (0,70); Refino de Petróleo e Coque (0,70); Metalurgia de Metais Não-Ferrosos (0,65); Automóveis, Camionetas, Caminhões e Ônibus (0,64); Fabricação de Aço e Derivados (0,64); Defensivos Agrícolas (0,63); Perfumaria, Higiene e Limpeza (0,61); e Celulose e Produtos de Papel (0,61).

Gráfico 1 — Média simples dos coeficientes técnicos para o Brasil (2000 a 2020)



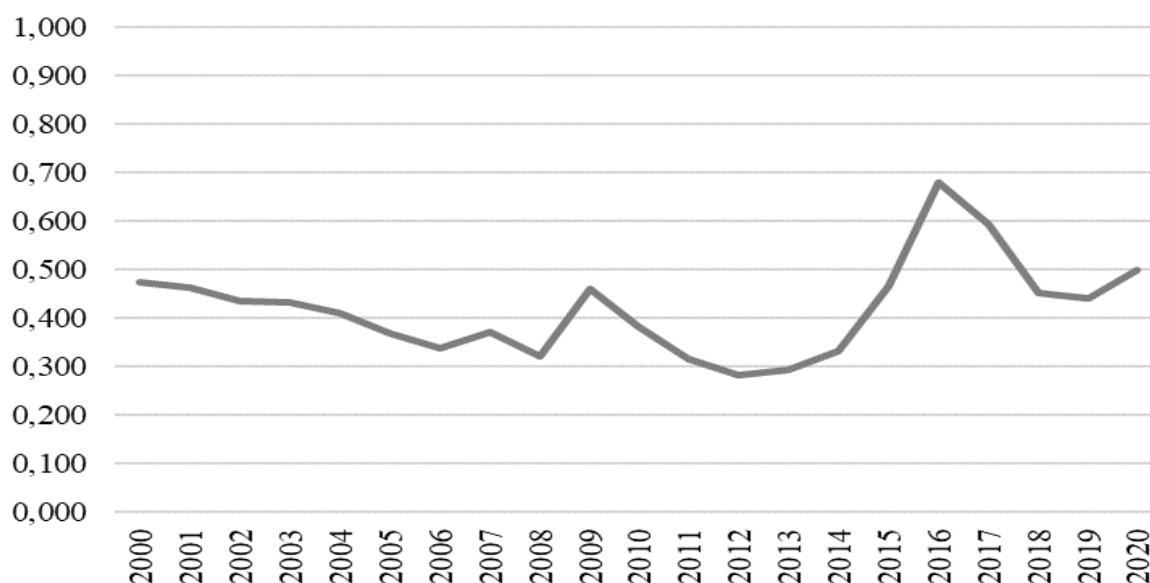
Fonte: Elaboração própria, 2023.

Em uma análise visual gráfica de forma geral dos coeficientes técnicos no período 2000 a 2020, é possível notar que a maior parte dos setores segue o pressuposto de constância dos coeficientes técnicos ao longo do tempo¹, apesar de alguns setores específicos terem mudanças notáveis em algum período da série histórica. A constância dos coeficientes técnicos, que é assumida nas funções de produção constantes, pode ser justificada uma vez que a tecnologia é absorvida no processo produtivo ao longo do tempo, e que leva a uma relação estável entre insumos e produtos (ÖZÇAM, 2019; GORDON; VAUGHAN, 2011).

O setor de Petróleo e Gás Natural (Gráfico 2) é um dos setores onde há uma notável mudança no coeficiente técnico, sendo duas elevações, em 2009 e 2016. Considerando o contexto político e econômico do Brasil nos anos imediatamente anteriores a 2008, a elevação do coeficiente técnico no setor pode ser reflexo da descoberta do pré-sal, que modificou as relações de exploração de petróleo no país. Já a mudança do coeficiente técnico em 2016 pode espelhar a decisão governamental em realizar leilões das áreas de exploração do petróleo e a revisão do marco regulatório do petróleo, com o objetivo de aumentar os níveis de investimentos e estimular a exploração doméstica do óleo.

¹ Ver APÊNDICE A e APÊNDICE B.

Gráfico 2 — Série histórica dos coeficientes técnicos do setor 3, Petróleo e Gás Natural (2000 a 2020)



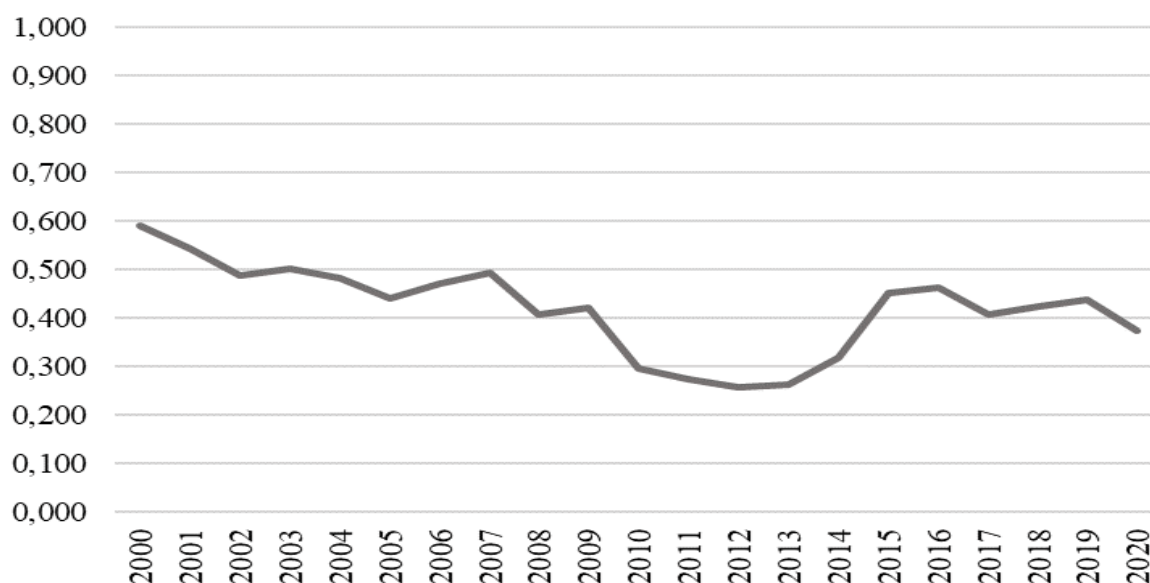
Fonte: Elaboração própria, 2023.

O aumento de políticas intervencionistas implementadas pelo governo impactou o equilíbrio entre a oferta e a demanda de combustíveis, no setor de transportes (DA ROCHA LIMA FILHO *et al.*, 2021). As políticas econômicas intervencionistas, resultado das instabilidades políticas e econômicas do período, levaram a um desalinhamento nos preços do setor, particularmente nos preços de petróleo e de combustíveis substitutos, como etanol (ZILBERMAN; MORAES, 2014; DA ROCHA LIMA FILHO *et al.*, 2021). Além disso, as reformas de *local content policy* (LCP)², mudanças referentes às alterações feitas na regulamentação sobre os requisitos para participação local no setor petrolífero brasileiro, também geraram efeito no aumento dos coeficientes técnicos. Altos compromisso com o conteúdo local, combinados aos preços restritos do petróleo, comprometeram a rentabilidade dos projetos de exploração e produção, levando a coeficientes mais altos (CLAVIJO *et al.*, 2019).

Outro setor que passou por situação semelhante de variação dos coeficientes técnicos ao longo do tempo foi o de Minério de Ferro (Gráfico 3). O setor de minério de ferro no Brasil exibiu flutuações significativas durante os anos de 2000 a 2020, como resultado de uma infinidade de fatores econômicos. A justificativa para tais flutuações decorre do fato de que o Brasil é um dos maiores produtores de minério de ferro do mundo, tornando a demanda global por esse recurso um determinante crucial das tendências do setor ao longo desse período.

² As reformas de *local content policy* foram implementadas com o intuito de assegurar a competitividade do setor de petróleo e gás brasileiro no mercado internacional. As reformas foram essenciais no contexto do mercado internacional de petróleo como forma de garantir a rentabilidade dos projetos de exploração e produção no Brasil (CLAVIJO *et al.*, 2019).

Gráfico 3 — Série histórica dos coeficientes técnicos do setor 4, Minério de Ferro (2000 a 2020)

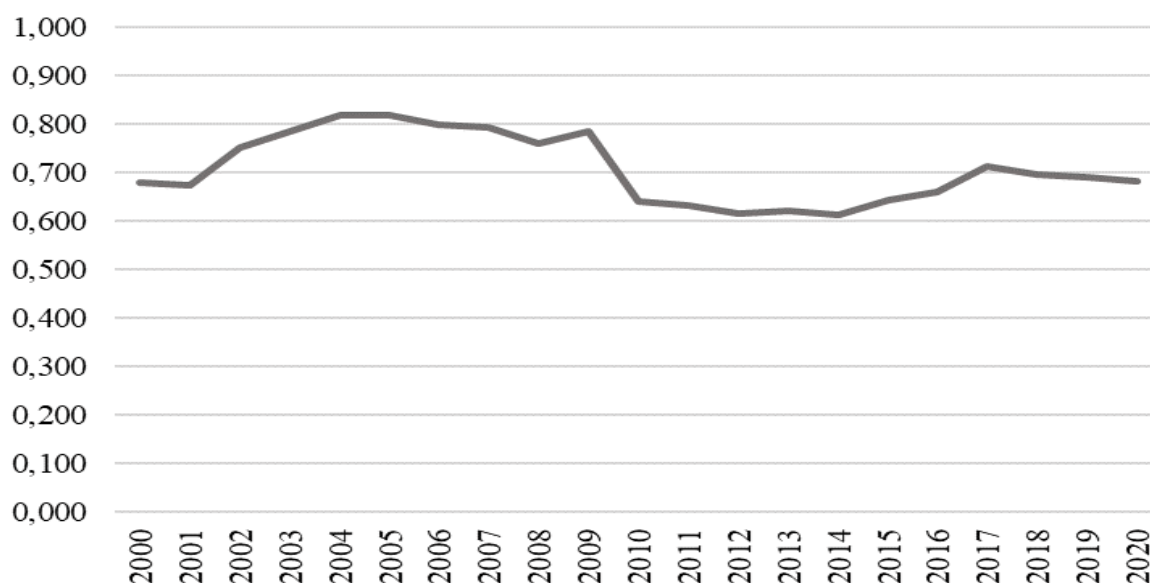


Fonte: Elaboração própria, 2023.

O contexto brasileiro do período entre 2009 e 2012, no qual o coeficiente técnico do setor passou por uma visível mudança, é marcado pelo imediato pós-crise de 2008 e por uma forte demanda chinesa por minério de ferro tupiniquim (IBRAM, 2023). Outro período de perceptível mudança do coeficiente técnico foi entre 2013 e 2016, anos marcados por uma queda dos preços internacionais, devido ao excesso de oferta global, e nacionalmente o rompimento da barragem em Mariana (MG), que gerou impactos significativos na produção de minério de ferro brasileiro. No período imediatamente posterior, entre 2017 e 2019, houve uma gradual recuperação dos preços devido à redução da oferta global e à retomada da demanda, especialmente da China. Algumas empresas brasileiras também realizaram investimentos para aumentar a eficiência e a produtividade, contribuindo para a recuperação do setor.

Os setores de Produtos do Fumo (Gráfico 4), Refino de Petróleo e Coque (Gráfico 5) e Álcool (Gráfico 6) também tiveram variações nos coeficientes técnicos. Esses setores figuram no *ranking* dos setores com maior média dos coeficientes técnicos no período analisado. No início dos anos 2000, o Brasil era um dos principais produtores e exportadores de tabaco no mundo, o que reflete em um coeficiente técnico mais elevado. Contudo, o setor enfrentou pressões referentes a saúde pública, regulamentações mais rigorosas e mudanças nas preferências dos consumidores. Ao longo da década de 2010, houve um aumento significativo na conscientização acerca dos riscos impostos à saúde associados ao tabagismo (PORTES *et al.*, 2018). Esses fatores podem explicar a mudança visível (no Gráfico 4) do coeficiente técnico de 2009 para 2010. O setor buscou se adaptar às regulamentações mais rigorosas, diversificando suas operações, investindo em alternativas de produtos de risco reduzido, o que gerou um leve aumento na trajetória dos seus coeficientes técnicos entre 2016 e 2018.

Gráfico 4 — Série histórica dos coeficientes técnicos do setor 7, Produtos do Fumo (2000 a 2020)

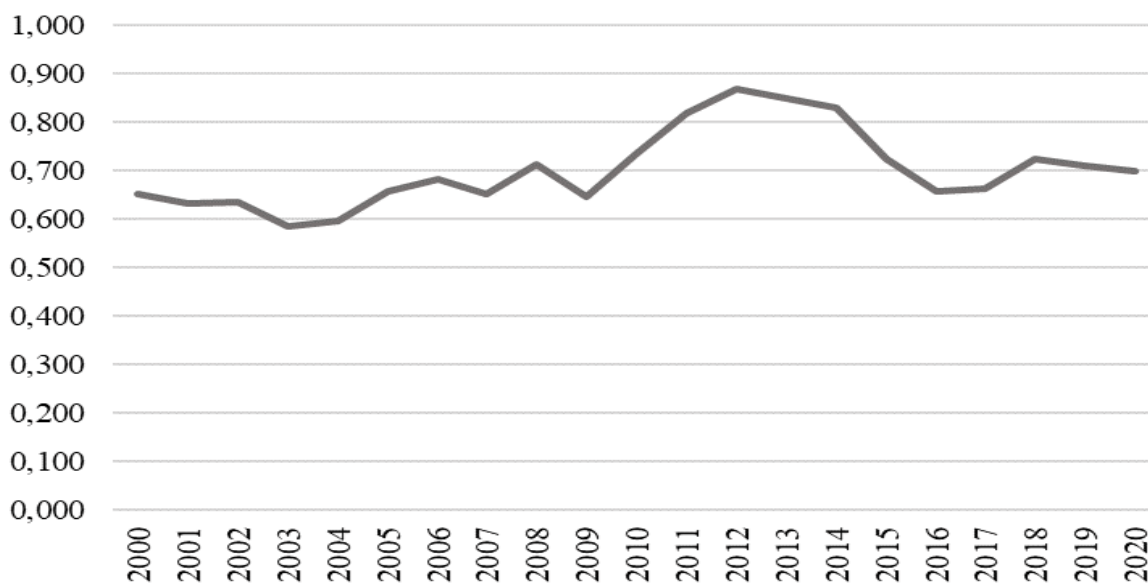


Fonte: Elaboração própria, 2023.

No período de maior variação da série histórica do setor de Refino de Petróleo e Coque (Gráfico 5), entre 2009 e 2016, houve um aumento do coeficiente técnico, impulsionado pela expansão da produção de petróleo *offshore* na camada do pré-sal (BOMTEMPO, 2017). A Petrobras (Petróleo Brasileiro S.A.) desempenhou um papel central no setor durante esse período, uma vez que deteve monopólio virtual até meados de 2000. Os meados dos anos 2000 foi marcado pela liberalização do setor de refino nacional, via intervenção estatal, buscando promover um aumento da concorrência e uma redução da dependência da Petrobras. Os preços internacionais do petróleo, que afetam diretamente a rentabilidade das atividades de refino³, tiveram significativas flutuações. Em diferentes ocasiões, o governo brasileiro implementou políticas de controle de preços dos combustíveis, como instrumento para conter a inflação. Essa decisão poderia afetar a rentabilidade das refinarias, uma vez que os preços internacionais poderiam estar mais elevados que o preço do petróleo comercializado domesticamente (BOMTEMPO, 2017), haveria uma incompatibilidade entre o preço do petróleo refinado (na forma de combustível) e o preço em que o óleo é vendido no mercado doméstico.

³ A lógica por trás do efeito dos preços internacionais do petróleo no setor de refino nacional se dá da seguinte forma: as quedas nos preços internacionais do petróleo bruto têm um efeito positivo nos custos de produção de derivados, enquanto aumentos podem pressionar as margens de lucro.

Gráfico 5 — Série histórica dos coeficientes técnicos do setor 14, Refino de Petróleo e Coque (2000 a 2020)



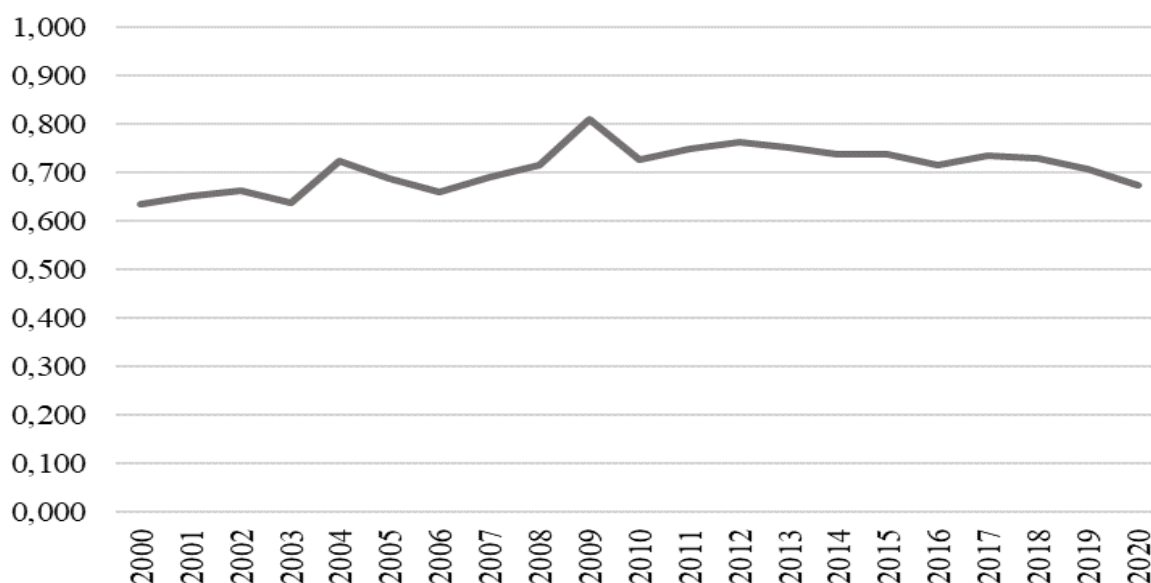
Fonte: Elaboração própria, 2023.

O setor de refino enfrentou, e ainda enfrenta, desafios em relação à qualidade dos derivados de petróleo produzidos, especialmente a presença de enxofre. Para atender às regulamentações ambientais mais rigorosas, as refinarias precisavam investir em tecnologias para reduzir os níveis de poluentes. Já em 2020, a pandemia também afetou a demanda por combustíveis devido às restrições de mobilidade e à redução da atividade econômica.

O setor de Álcool, por sua vez, sentiu o efeito de políticas governamentais de incentivo, flutuações nos preços do petróleo, e a adoção de tecnologias sustentáveis. Entre o intervalo temporal de 2000 e 2008, uma ênfase considerável foi colocada na aquisição de biocombustíveis, com o etanol sendo percebido como um substituto ecologicamente mais viável para os combustíveis fósseis convencionais. Isso levou o governo brasileiro a impulsionar o setor via iniciativas públicas destinadas ao aumento da combinação de etanol e gasolina, bem como a redução de impostos.

Esse período ainda foi marcado por significativas variações nos preços do petróleo, o que influenciou a decisão dos consumidores em optarem pelo etanol, uma vez que a competitividade do etanol depende da relação de preços entre álcool e gasolina (ZILBERMAN; MORAES, 2014).

Gráfico 6 — Série histórica dos coeficientes técnicos do setor 15, Álcool (2000 a 2020)



Fonte: Elaboração própria, 2023.

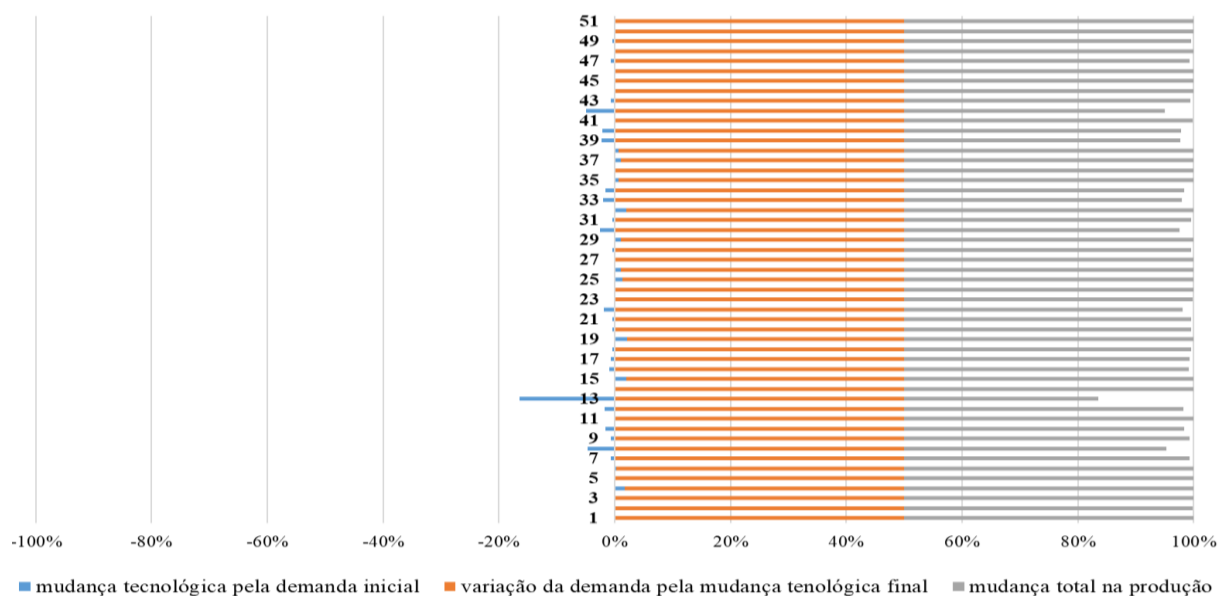
Outro fator que pode ter contribuído para as mudanças visíveis dos coeficientes técnicos é a introdução, no mercado brasileiro, dos veículos *flex fuel*⁴, que impulsionou a demanda por etanol durante a primeira década dos anos 2000. Contudo, o setor enfrentou desafios relacionados às práticas de cultivo de sua matéria prima, como as queimadas de cana-de-açúcar e os impactos ambientais advindos da produção sucroalcooleira. Bem como, durante a década de 2010, o setor sentiu os efeitos das variações significativas na demanda por combustíveis e, como toda a atividade econômica, os desafios do pós-crise de 2008 e da pandemia de COVID-19.

4. Análise da decomposição estrutural para o Brasil de 2000 a 2020

Ao realizar a decomposição estrutural direta da mudança da produção do Brasil pelo MIP (Gráfico 7), obtive-se: i) uma parte que reflete as variações na demanda final, ponderada pela tecnologia do ano final; e ii) outra parte que é atribuída às mudanças na tecnologia, ponderada pela demanda final do ano inicial.

⁴ Veículos com motores capazes de funcionar à base de gasolina ou etanol.

Gráfico 7 — Primeira Decomposição da MIP brasileira de 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

A partir dessa primeira decomposição, percebe-se que as mudanças tecnológicas em relação à demanda inicial afetaram negativamente alguns setores como: Intermediação Financeira, Seguros e Previdência Complementar e Serviços Relacionados (Setor 40); Serviços de Informação (Setor 39); Máquinas para Escritório, Aparelhos e Material Eletrônico (Setor 30); Jornais, Revistas e Discos (Setor 13); e Têxteis (Setor 8). Ao que parece, esses setores sofreram uma redução de demanda por não se adequarem à tecnologia. Já os setores que se destacaram positivamente nessa primeira decomposição estrutural foram: Alimentos e Bebidas (Setor 6); Produção e Distribuição de Eletricidade, Gás, Água, Esgoto e Limpeza Urbana (Setor 35); Minério de Ferro (Setor 4); Transporte, Armazenagem e Correio (Setor 38); e Comércio (Setor 37).

Outros setores que não figuram nessa classificação, mas tiveram bom desempenho em relação a essas mudanças tecnológicas foram: Alcool (Setor 15); Petróleo e Gás Natural (Setor 3); e Refino de Petróleo e Coque (Setor 14). Esse resultado ajuda a corroborar a análise realizada na seção anterior, evidenciando que os investimentos tecnológicos nesses setores podem ter contribuído para modificar a trajetória dos seus coeficientes técnicos.

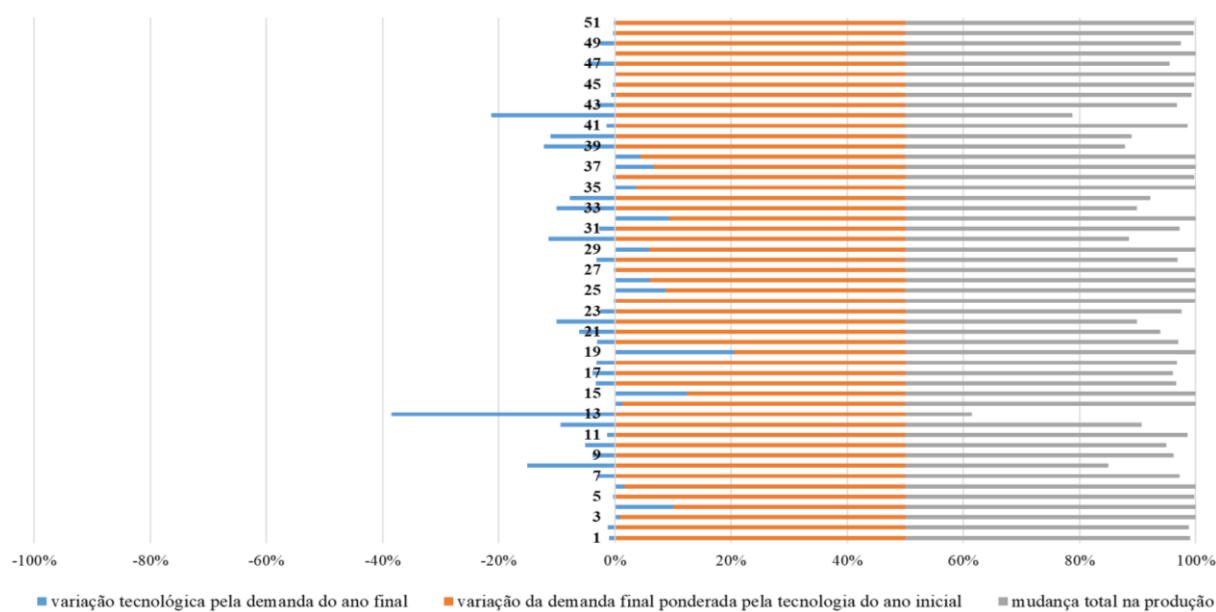
A análise de decomposição estrutural nos permite avaliar os impactos e as variações da estrutura produtiva, seja via demanda ou mudanças tecnológicas. Por meio dela, é possível notar que muitos setores exibiram ganhos expressivos na década de 2010, relacionados à eficiência energética (MENDONÇA; PEREIRA; AYLMEER, 2022). Isso se dá como resultado da implementação de medidas voltadas à eficiência energética mais complexas do que as do início dos anos 2000 (MENDONÇA; PEREIRA; AYLMEER, 2022). Além de que o setor de transportes apresentou conexão de consumo elétrico com os setores de serviços e de distribuição de energia, demonstrando um elevado multiplicador de demanda energética e, nesse sentido, cabe voltar atenção a alguns setores como: Celulose e Produtos de Papel; Agricultura, Silvicultura e Exploração Florestal; Pecuária e Pesca; Mineração e Pelotização; Minerais Não-Metálicos; Indústria de Alumínio (não ferrosos); e Siderurgia (aço e derivados)⁵ (MENDONÇA; PEREIRA; AYLMEER, 2022).

Realizou-se, também, uma segunda decomposição estrutural direta da mudança total na produção do Brasil pela MIP (Gráfico 8), e obteve-se: i) uma parte que reflete as variações tecnológicas na demanda final; e ii) outra na qual as tecnologias iniciais resultam em mudanças da demanda final.

⁵ Nomenclatura dos setores como a do trabalho de Mendonça, Pereira e Aylmer (2022).

Na segunda decomposição, nota-se uma troca de produtos têxteis por serviços prestados às famílias e associativas, como aqueles nos quais o efeito da variação da demanda final foi causada pela variação tecnológica. Os produtos do fumo também sofreram variações na demanda final, quando ponderados pela tecnologia inicial do setor. Vale lembrar que o coeficiente técnico dos produtos de fumo teve mudanças perceptíveis ao longo do período analisado, apesar de o setor estar em processo de adaptação para atender as mudanças de preferência dos consumidores e as novas regulamentações do setor, conforme pontuados na análise da seção anterior.

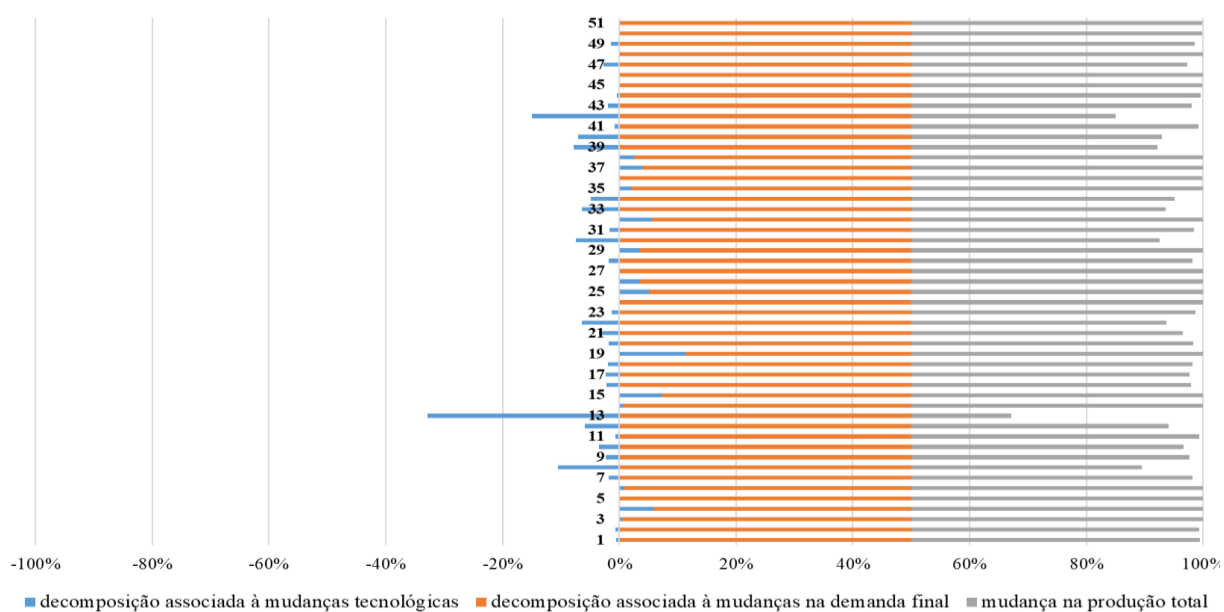
Gráfico 8 — Segunda Decomposição da MIP brasileira de 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Ao se considerar apenas um dos anos (inicial ou final) como ponderador e somar-se a média desses efeitos, foi possível obter uma terceira decomposição (Gráfico 9), a qual permitiu analisar uma parcela da decomposição associada à mudança tecnológica e outra parcela da decomposição associada à mudança de demanda final.

Gráfico 9 — Terceira Decomposição da MIP brasileira de 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Somados os efeitos médios dessas decomposições, o setor de Comércio (Setor 37) se destaca por suas mudanças tecnológicas e pelas variações na demanda final, para 2000 e 2020. Uma constatação que corrobora o resultado encontrado é acerca do deslocamento dos postos de trabalho dos setores agropecuário e industrial para os setores de comércio e serviços⁶ (SESSO FILHO *et al.*, 2010).

O setor de Comércio lidera no que se refere a resultado mais perceptível no quesito mudança tecnológica, seguido por: Alimentos e Bebidas (Setor 6); Produção e Distribuição de Eletricidade, Gás, Água, Esgoto e Limpeza Urbana (Setor 35); Minério de Ferro (Setor 4); e Transporte, Armazenagem e Correio (Setor 38). No que se refere às mudanças na demanda final, o setor de Comércio também lidera, seguido pelos mesmos setores, mas com a inclusão de: Administração Pública e Seguridade Social (Setor 51), e Serviços Prestados às Empresas (Setor 44). Os resultados da decomposição estrutural confirmam o esforço das administrações públicas e privadas, desde 1996, em se modernizar e entregar produtos finais de forma célere, refletindo posteriormente na estrutura e no processo produtivo brasileiro, uma vez que as políticas governamentais não têm um efeito imediato (BRESSER-PEREIRA, 1996). Contudo, ainda apresentam dificuldades na adaptação e mão de obra qualificada para tais resultados.

5. Considerações Finais

Os resultados do presente estudo confirmam a hipótese dos MIP que os coeficientes técnicos se mantêm relativamente constantes ao longo do tempo, e que suas mudanças perceptíveis, pelo menos no caso do Brasil, estão relacionadas ao contexto político e econômico. Contudo, as mudanças no padrão de consumo dos consumidores ou na estrutura tecnológica podem afetar a trajetória desses coeficientes, o que não afeta a execução das análises, pois as diferenças tendem a diluir no decorrer do tempo.

Nota-se que ao final do período analisado, mesmo nos setores em que os coeficientes técnicos tiveram mudanças perceptíveis em algum momento (devido ao contexto político e econômico do país), os coeficientes técnicos voltaram a apresentar um comportamento constante. Isso pode ser reflexo, assim como as mudanças perceptíveis são, do contexto político, econômico e social, marcados desde o fim de 2019 pela pandemia de COVID-19. Uma vez que as medidas de contenção da pandemia e *lockdown* levaram a uma desaceleração da atividade econômica global e uma redução dos preços das *commodities* e das exportações brasileiras.

Quando se analisam os setores comparados entre 2000, o início da série histórica, e 2020, o final da série, usando a decomposição estrutural, nota-se que os investimentos e os incentivos de avanço e mudança tecnológica afetam os coeficientes técnicos e as demandas finais do período. Nesse sentido, os setores com resultados que podem ser destacados são: Comércio; Alimentos e Bebidas; os relacionados à matriz energética e refinis; os de produção de *commodities*; Metalurgia; Mineração; Celulose e Produtos de Papel. Nesse contexto, entende-se que uma das possíveis razões para o crescimento desses setores são as políticas de investimento e fomento direcionadas a eles nas últimas duas décadas.

Em síntese, a análise dos coeficientes técnicos entre 2000 e 2020 revelou *insights* sobre as mudanças estruturais do processo produtivo brasileiro, além de reafirmar as interconexões entre os setores. Assim, o MIP proporcionou uma compreensão mais completa dos impactos macroeconômicos das mudanças tecnológicas captadas nos coeficientes técnicos e na decomposição estrutural, além das mudanças do comportamento do mercado consumidor. Porém, ainda é preciso avaliar o campo de influência dos setores nesses primeiros 20 anos do século XXI.

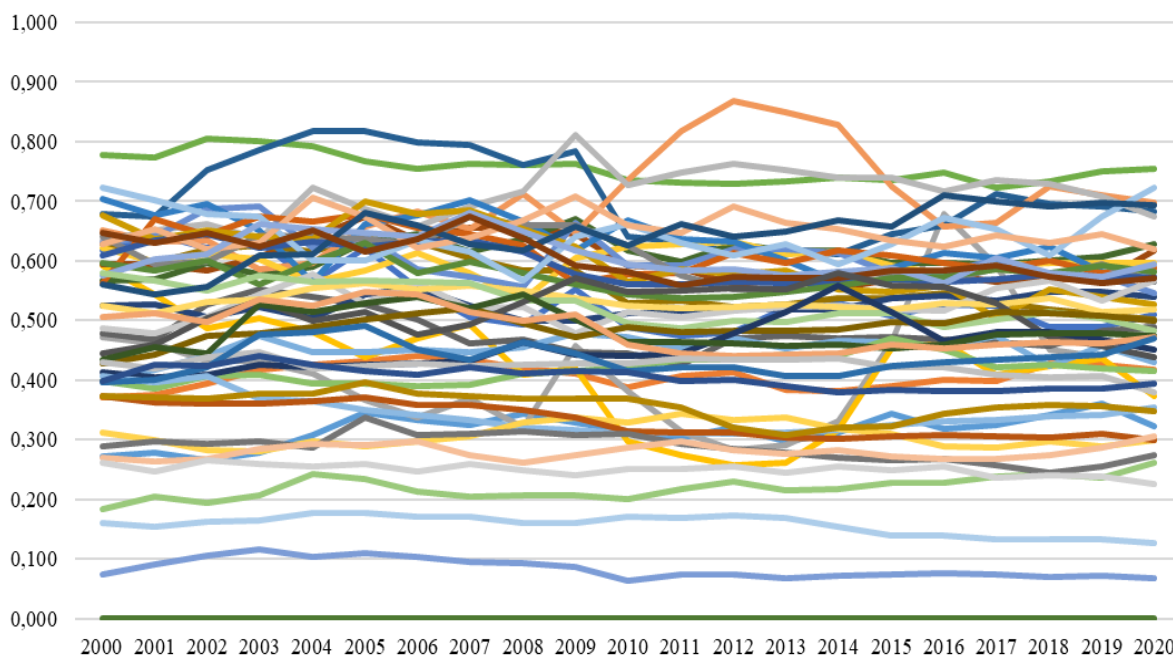
Visto que a pesquisa nessa área é essencial para embasar políticas econômicas informadas e adaptáveis, a colaboração entre pesquisadores, formuladores de políticas e setor privado deve traduzir os aprendizados em ações concretas que impulsionam o desenvolvimento sustentável e inclusivo da economia brasileira.

⁶ Nomenclatura dos setores como a do trabalho de Sesso Filho *et al.* (2010).

Referências

- ARROW, K.J; DEBREU, G. Existence of an equilibrium for a competitive economy. **Econometrica**, 22(3), 265-290. 1954.
- BOMTEMPO, J. V. O desafio de desenhar políticas para o desenvolvimento da bioeconomia no Brasil: quais as dimensões chave? **BOLETIM INFOPETRO**, v. 17, p. 14-20, 2017.
- BRESSER-PEREIRA, L. C. Da Administração pública burocrática à gerencial. **Revista do Serviço Público**, 47(1) janeiro-abril. Brasília, DF. 1996.
- CLAVIJO, W. *et al.* Impacts of the review of the Brazilian local content policy on the attractiveness of oil and gas projects. **The Journal of World Energy Law & Business**, v. 12, n. 5, p. 449-463, 2019.
- DAVID, G.; RICHARD, V. The Historical Role Of The Production Function In Economics And Business. **American Journal of Business Education**, doi: 10.19030/AJBE.V4I4.4191. 2011.
- DA ROCHA LIMA FILHO, R. I. *et al.* Fuel price control in Brazil: environmental impacts. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, p. 9811-9826, 2021.
- FEIJÓ, C. A.; RAMOS, R. L. O. **Contabilidade social: a nova referência das contas nacionais do Brasil**. 3. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Elsevier: Campus, 2008.
- IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração). **Mineração em números**. Disponível em: <<https://ibram.org.br/mineracao-em-numeros/>>. Acesso em 31 de julho de 2023.
- LIN, X. *et al.* An input–output structural decomposition analysis of changes in China’s renewable energy consumption. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-14, 2021.
- MENDONÇA, M. J.; PEREIRA, A. O.; AYLIMER, R. R. B. Decomposição estrutural do consumo de energia elétrica no Brasil. **Texto para discussão, 2786**. IPEA, Brasília. 2022.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Foundations and Extensions**. 2009.
- NOVAIS, M. P.; PEROBELLI, F. S. Efeitos tecnológicos e estruturais nas emissões brasileiras de CO2 para o período 2000 a 2005: uma abordagem de análise de decomposição estrutural (SDA). **Estudos Econômicos** (São Paulo), v. 42, n. 2, p. 307–335, jun. 2012.
- ÖZÇAM, Ahmet. The economic market outcomes and income distribution when capital is not homogeneous: Limits of technology. **Journal of Industry-University Collaboration**, v. 1, n. 1, p. 38-56, 2019.
- PORTES, L. H. *et al.* A Política de Controle do Tabaco no Brasil: um balanço de 30 anos. **Ciência & Saúde Coletiva**, 23(6), 1837–1848. 2018. <https://doi.org/10.1590/1413-81232018236.05202018>.
- RODRIK, D. **One Economics, Many Recipes: Globalization, Institutions, and Economic Growth**. Princeton, NJ: Princeton University Press. 2006.
- SAMUELSON, P. A. **Foundations of Economic Analysis**. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1947.
- SESSA, C. B. *et al.* Implantação da Companhia Siderúrgica UBU: Avaliação de Impacto a partir da Matriz Insumo-Produto do Espírito Santo. **Revista de Economia e Desenvolvimento**, Santa Maria, vol. 28, n.2, p. 434 - 452, jul. - dez. 2016.
- SESSO FILHO, U. A. S. *et al.* Decomposição estrutural da variação do emprego no Brasil, 1991-2003. **Economia Aplicada**, v. 14, n. 1, pp. 99-123. 2010.
- SOUZA, R. M. D.; PEROBELLI, F. S. Mudanças estruturais da economia mineira e do restante do Brasil: uma análise de insumo-produto para o período 1996-2003. **Nova Economia**, v. 19, n. 3, p. 407–441, dez. 2009.
- WALRAS, L. **Elements of pure economics**. Lausanne: L. Rouge. 1874.
- ZILBERMAN, D.; MORAES, M. A. F. Dias. **Production of Ethanol from Sugarcane in Brazil: From State Intervention to a Free Market**. Fapesp & Springer. 2014.

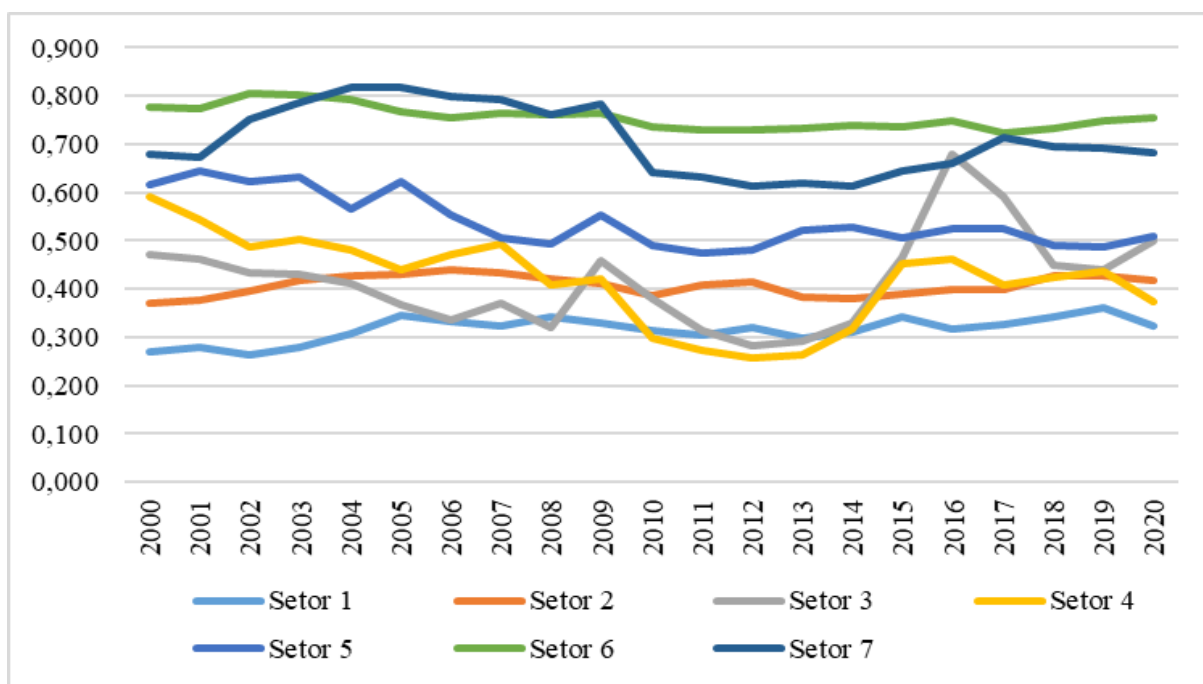
APÊNDICE A - Gráfico da série histórica dos coeficientes técnicos para o Brasil de 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

APÊNDICE B - Gráficos suplementares da série histórica dos coeficientes técnicos por grupos⁷ para o período 2000 a 2020

Gráfico 10 — Série histórica dos coeficientes do Grupo 1 para o período 2000 a 2020

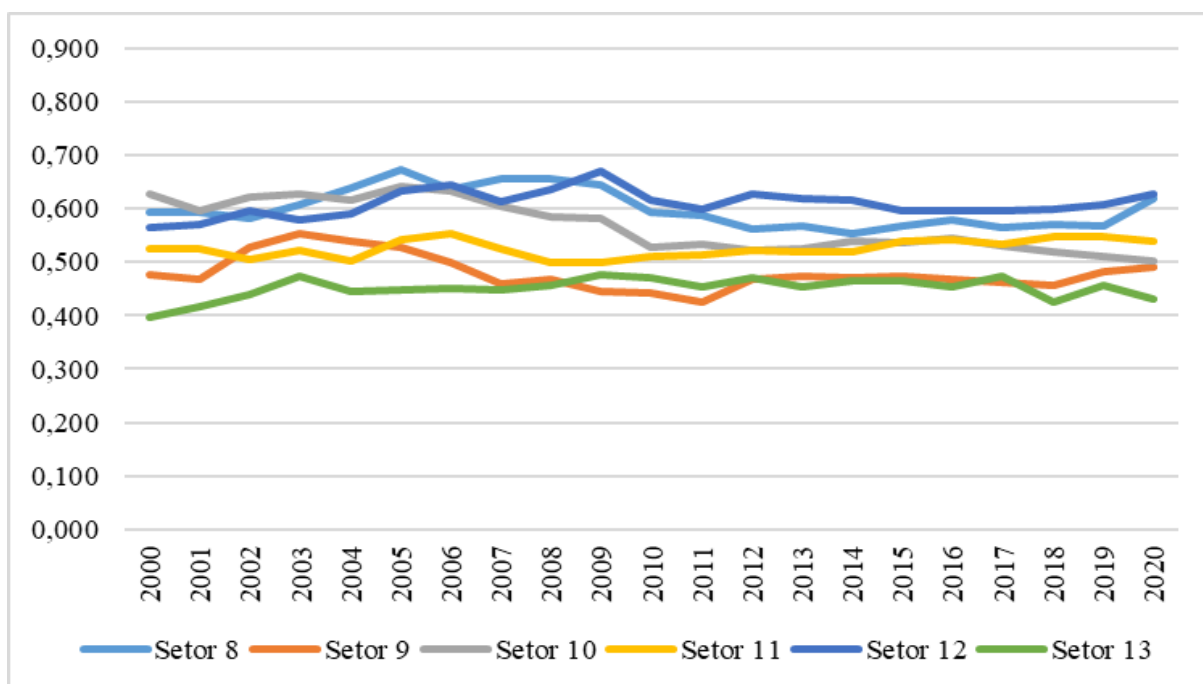


Fonte: Elaboração própria, 2023.

Nota: Setor 1 - Agricultura, Silvicultura, Exploração Florestal; Setor 2 - Pecuária e Pesca; Setor 3 - Petróleo e Gás Natural; Setor 4 - Minério de Ferro; Setor 5 - Outros da Indústria Extrativa; Setor 6 - Alimentos e Bebidas; Setor 7 - Produtos do fumo.

⁷ A separação dos setores em grupos foi feita à critério dos autores, buscando agrupar setores com características parecidas ou subprodutos semelhantes.

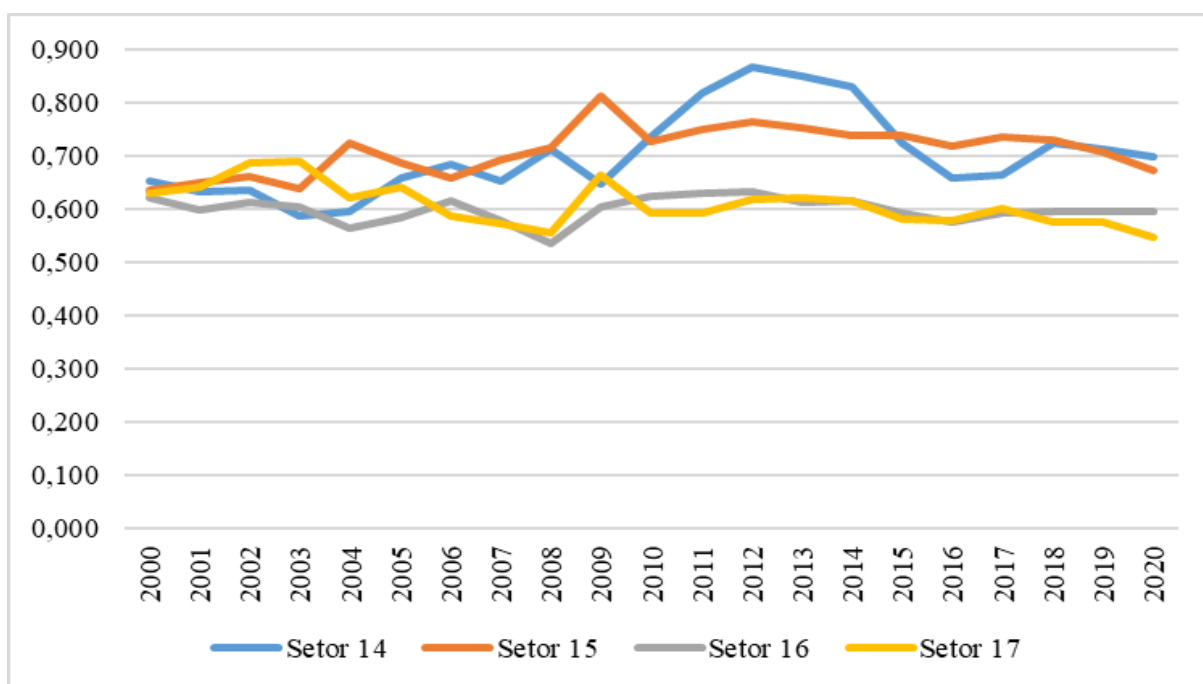
Gráfico 11 — Série histórica dos coeficientes do Grupo 2 para o período 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Nota: Setor 8 - Têxteis; Setor 9 - Artigos do Vestuário e Acessórios; Setor 10 - Artefatos de Couro e Calçados; Setor 11 - Produtos de madeira; Setor 12 - Celulose e Produtos de Papel; Setor 13 - Jornais, Revistas, Discos.

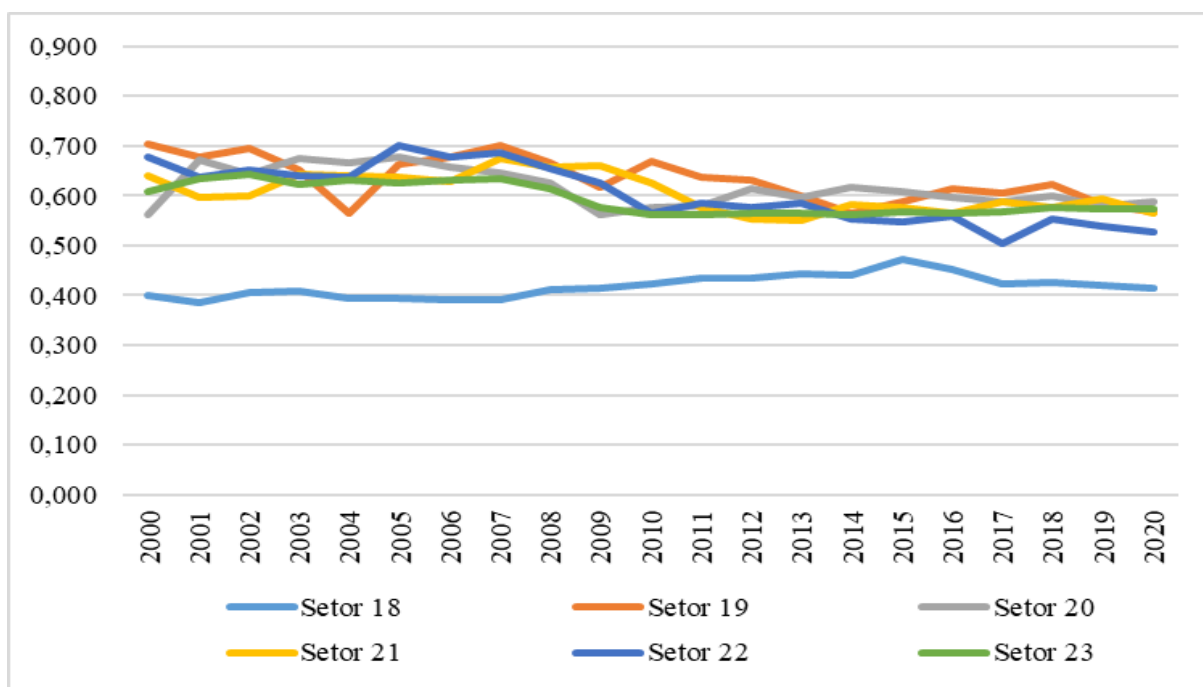
Gráfico 12 — Série histórica dos coeficientes do Grupo 3 para o período 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Nota: Setor 14 - Refino de Petróleo e Coque; Setor 15 - Álcool; Setor 16 - Produtos Químicos; Setor 17 - Fabricação de resina e Elastômeros.

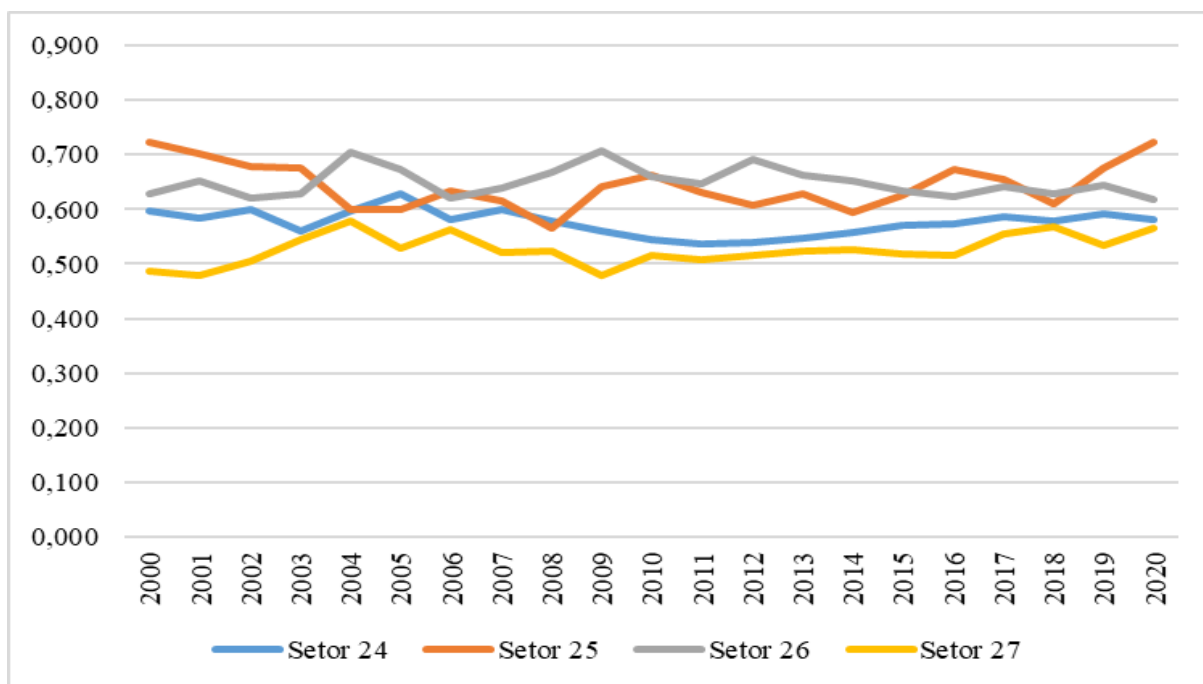
Gráfico 13 — Série histórica dos coeficientes do Grupo 4 para o período 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Nota: Setor 18 - Produtos Farmacêuticos; Setor 19 - Defensivos Agrícolas; Setor 20 - Perfumaria, Higiene e Limpeza; Setor 21 - Tintas, Vernizes, Esmaltes e Lacas; Setor 22 - Produtos e Preparados Químicos Diversos; Setor 23 - Artigos de Borracha e Plástico.

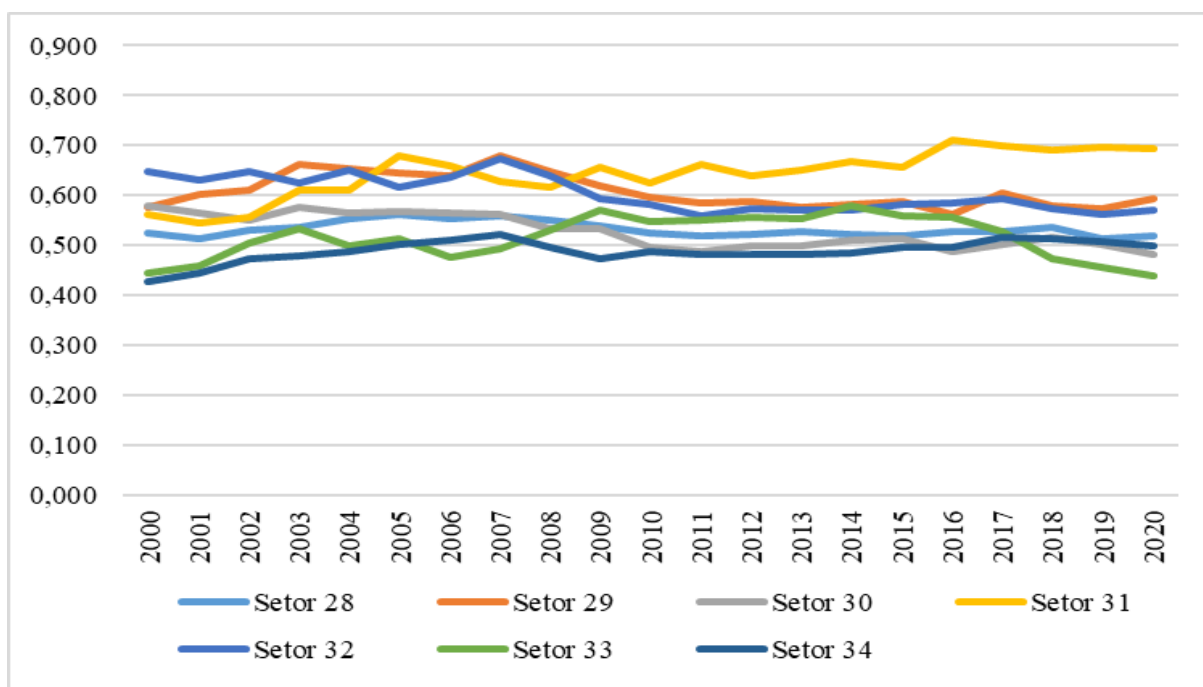
Gráfico 14 — Série histórica dos coeficientes do Grupo 5 para o período 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Nota: Setor 24 - Cimento e Outros Produtos de Minerais Não-Metálicos; Setor 25 - Fabricação de Aço e Diversos; Setor 26 - Metalurgia de Metais Não-Ferrosos; Setor 27 - Produtos de Metal - Exclusivo Máquina e Equipamentos.

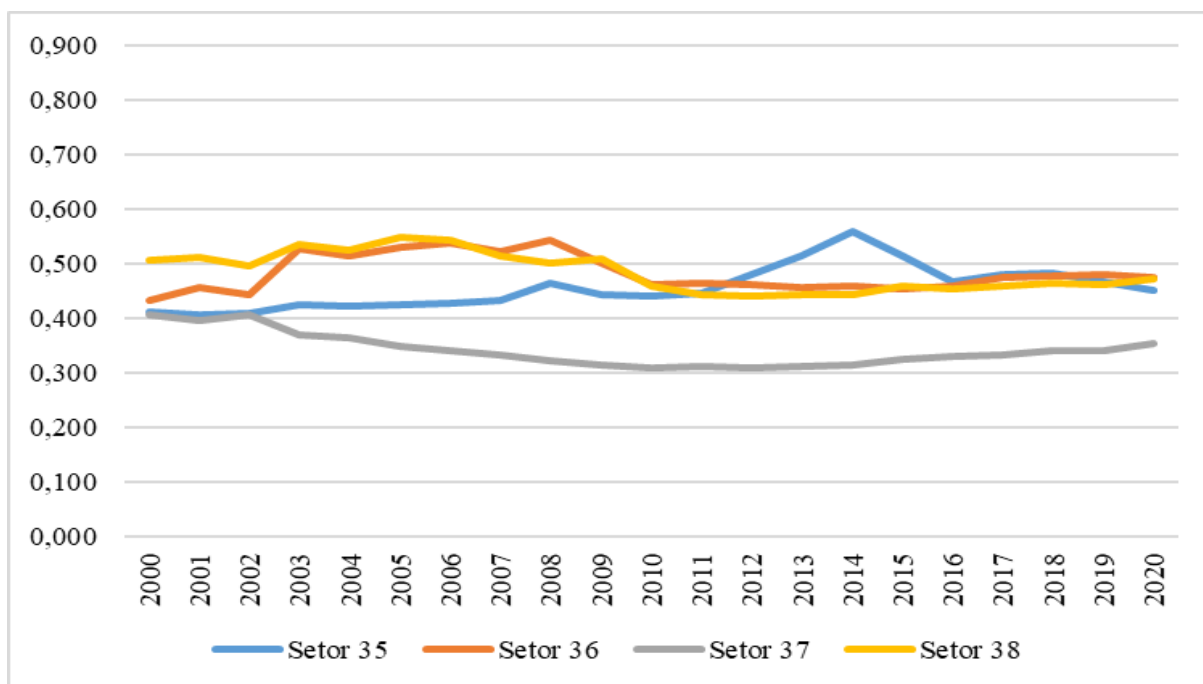
Gráfico 15 — Série histórica dos coeficientes do Grupo 6 para o período 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Nota: Setor 28 - Máquinas e Equipamentos - Inclusive Manutenção e Reparos; Setor 29 - Eletrodomésticos e Material Eletrônico; Setor 30 - Máquinas para Escritório, Aparelhos e Material Eletrônico; Setor 31 - Automóveis, Camionetas, Caminhões e Ônibus; Setor 32 - Peças e Acessórios para Veículos Automotores; Setor 33 - Outros Equipamentos de Transporte; Setor 34 - Móveis e Produtos das Indústrias Diversas.

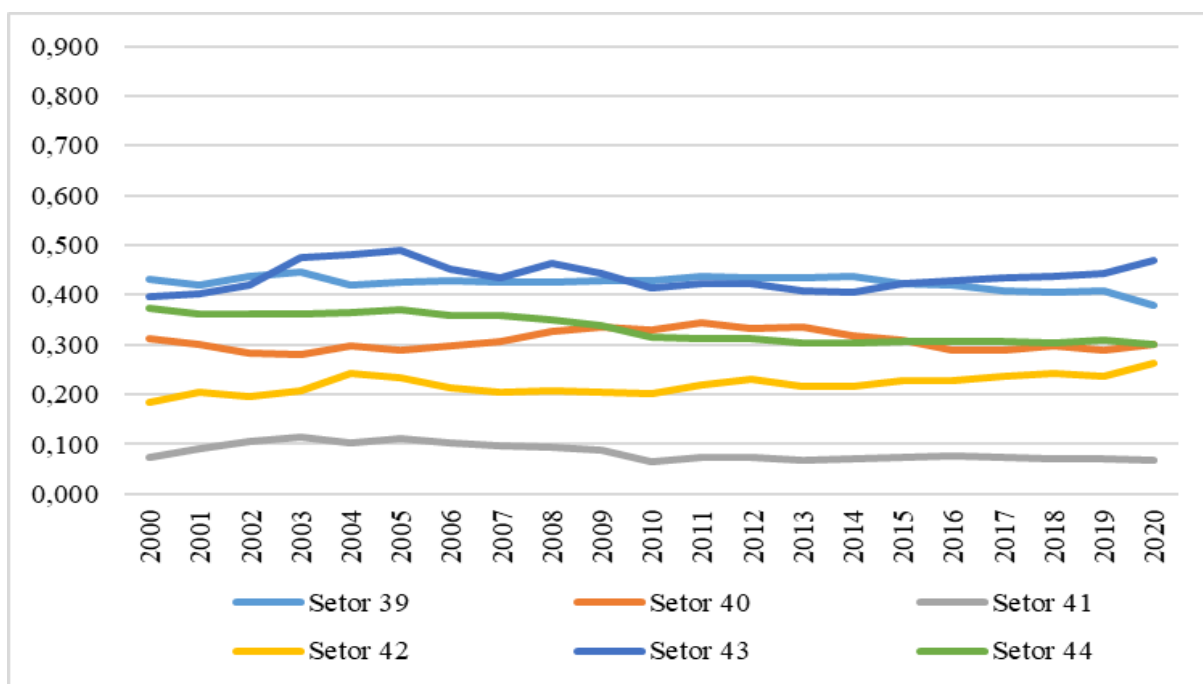
Gráfico 16 — Série histórica dos coeficientes do Grupo 7 para o período 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Nota: Setor 35 - Produção e Distribuição de Eletricidade e Gás, Água, Esgoto e Limpeza Urbana; Setor 36 - Construção Civil; Setor 37 - Comércio; Setor 38 - Transporte, Armazenagem e Correio.

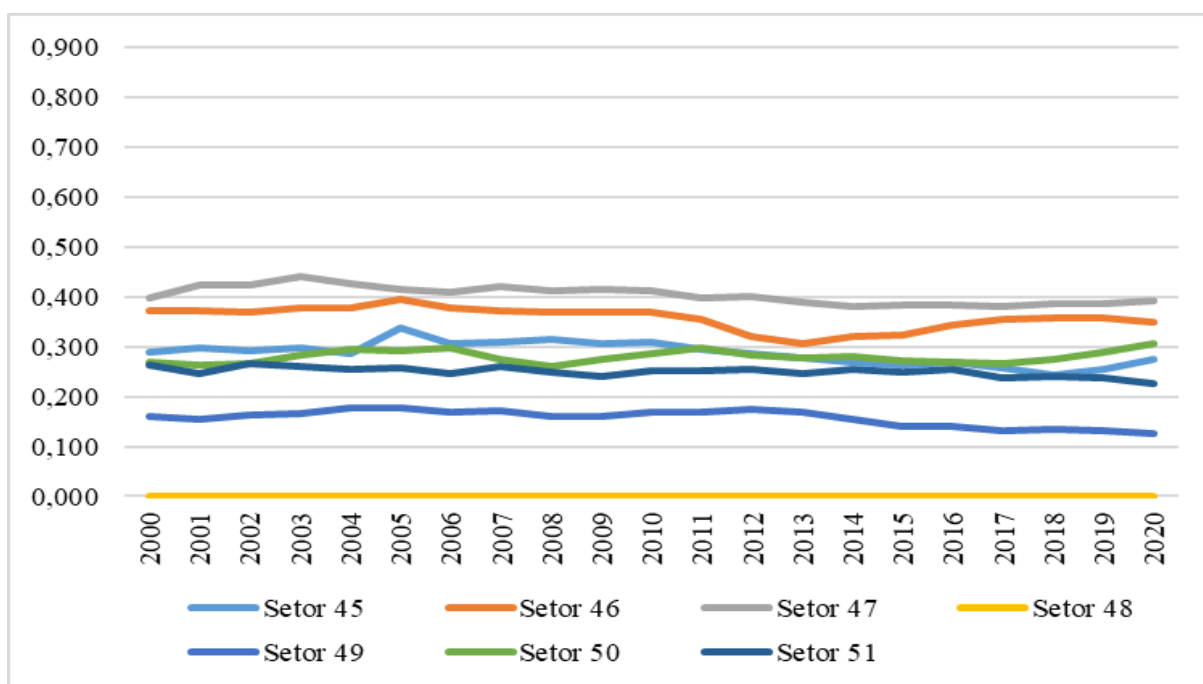
Gráfico 17 — Série histórica dos coeficientes do Grupo 8 para o período 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Nota: Setor 39 - Serviços de informação; Setor 40 - Intermediação Financeira, Seguros e Previdência Complementar e Serviços Relacionados.

Gráfico 18 — Série histórica dos coeficientes do Grupo 9 para o período 2000 a 2020



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Nota: Setor 45 - Educação Mercantil; Setor 46 - Saúde Mercantil; Setor 47 - Serviços Prestados às Famílias e Associativas; Setor 48 - Serviços Domésticos; Setor 49 - Educação Pública; Setor 50 - Saúde Pública; Setor 51 - Administração Pública e Seguridade Social.