REPRIMARIZAÇÃO BRASILEIRA COMO UM PROCESSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EMISSÕES NA DÉCADA DE 2010

Patieene Alves-Passoni
Instituto de Economia, UFRJ

Márcio Alvarenga Júnior
Instituto de Economia, UFRJ

Resumo
Este artigo investiga a evolução das emissões de gases de efeito estufa associadas às exportações brasileiras entre 2010 e 2021. A partir de uma decomposição estrutural baseada no modelo insumo-produto, o crescimento das emissões é separado nos efeitos de intensidade de emissões, tecnologia, nível exportado, composição setorial e destinos comerciais. Os resultados indicam a ocorrência de um processo de especialização em emissões associado à reprimarização do comércio exterior que ocorre simultaneamente a nível setorial e geográfica. A China emerge como principal vetor de expansão das emissões, em razão da elevada concentração das exportações brasileiras em agricultura, pecuária e segmentos industriais intensivos em recursos naturais, enquanto a redução relativa da participação da União Europeia, dos Estados Unidos e da Argentina refletiu sobretudo uma recomposição da pauta exportadora. Do ponto de vista setorial, pecuária e agricultura responderam pela maior parcela do aumento emissivo, ao passo que os setores industriais apresentaram contribuição reduzida, ainda que relevantes em atividades *hard-to-abate,* tal como as commodities industriais. A análise por subperíodos revela que entre 2010 e 2014 predominou um efeito composicional, associado à mudança do mix de produtos exportados, enquanto entre 2015 e 2021 o crescimento das emissões passou a ser explicado principalmente pela expansão do nível exportado e pelo aumento da intensidade emissiva.

Palavras-chave: Reprimarização; Exportações; Emissões de gases de efeito estufa; Modelo Insumo-produto.

Abstract
This paper examines the evolution of greenhouse gas emissions embodied in Brazilian exports between 2010 and 2021. Based on a structural decomposition framework grounded in input–output analysis, emission growth is disentangled into the contributions of emission intensity, technology, export scale, sectoral composition, and trade destinations. The findings point to a process of emission specialization associated with the reprimarization of Brazil's external sector operating simultaneously across sectoral and geographical dimensions. China emerges as the main driver of emission expansion, reflecting the strong concentration of Brazilian exports in agriculture, livestock, and resource-intensive industrial activities, whereas the declining relative participation of the European Union, the United States, and Argentina primarily corresponds to a recomposition of the export basket. From a sectoral perspective, livestock and agriculture account for the bulk of emission growth, while industrial sectors display a limited aggregate contribution, albeit still relevant in hard-to-abate activities such as basic industrial commodities. The subperiod analysis indicates a structural shift. Between 2010 and 2014 emission growth was predominantly compositional and linked to changes in the export mix, whereas between 2015 and 2021 it was mainly driven by the expansion of export scale and rising emission intensity.

Keywords: Reprimarization; Exports; Greenhouse gas emissions; Input–output model.

Códigos JEL: F14, Q56, C67

1. Introdução

Desde o início dos anos 2010, tem-se adotado políticas econômicas com o objetivo de estimular estratégias de crescimento puxado pelas exportações, como forma de contra restar as tendências negativas que emergiram para o mercado doméstico. As exportações brasileiras de bens cresceram 2,19% a.a. entre 2010 e 2021, em um movimento caracterizado, por um lado, pelo fortalecimento das relações comerciais com a China – parceiro com o qual o país mantém uma pauta exportadora historicamente marcada pela elevada participação de commodities – e, por outro, pela reprimarização das exportações destinadas a outros parceiros industriais (ALVARENGA, 2024; ALVES-PASSONI, 2026).

Não obstante o bom desempenho das exportações quando comparado aos componentes domésticos, não foi suficiente para estimular o crescimento e 2010 foi a década com menor taxa média de crescimento econômico pelo menos nos últimos 80 anos, uma média de 0,6% a.a. (IBGE, 2023). O desempenho modesto observado para a economia brasileira evidencia ao menos duas importantes limitações dessa estratégia: (i) a dimensão interna da economia brasileira, combinada com seu grau relativamente baixo de abertura comercial, faz com que as dinâmicas de acumulação e crescimento dependam predominantemente de fatores domésticos; e (ii) o aumento da participação de commodities na pauta exportadora do país reduz a capacidade da economia de gerar dividendos de crescimento a partir do comércio, dado maior presença de setores produtores de commodities, cujos encadeamentos produtivos tendem a ser relativamente fracos (CASTILHO; PUCHET, 2012; MEDEIROS, 2015; NASSIF; CASTILHO, 2020; CASTILHO; COSTA; TORRACCA, 2019; ALVES-PASSONI; NERIA, 2023, ALVES-PASSONI, 2026).

Em que pese os possíveis resultados para a dinâmica de crescimento econômico, as alterações no nível e composição das exportações têm implicações ambientais relevantes. Uma preocupação crescente diz respeito aos potenciais impactos destes movimentos sobre as emissões de gases de efeito estufa (GEE) da economia brasileira, notadamente em um contexto em que se tornam mais urgentes a necessidade de aumento das ambições climáticas e de ações concretas para a descarbonização. De fato, as evidências apresentadas pela literatura convergem ao apontar as exportações como o componente da demanda final com maiores intensidade média de emissão de gases de efeito estufa (MACHADO; SCHAEFFER; WORRELL, 2001; GRAMKOW, 2011; COSTA; COSTA; YOUNG, 2023; ALVARENGA, 2024). O principal fator por detrás deste fato é a maior participação produtos de elevada intensidade de emissão na pauta exportadora brasileira, como commodities agrícolas, energéticas e industriais. Logo, um crescimento puxado pelas exportações tende a acelerar as emissões de GEE e a elevar a intensidade de emissão da economia brasileira. Cumpre ressaltar que ambas as dinâmicas tendem a ser catalisadas pelo processo de reprimarização da pauta exportadora.

Analisando as transformações estruturais ocorridas entre 2000 e 2019 no Brasil, Alvarenga (2024) defende a existência de um processo de "*carbonização estrutura*l", situação em que as alterações no padrão de especialização produtiva e de comércio reforçam ou mesmo dominam as tendências de emissão de gases de efeito estuda no país. Os resultados encontrados pelo autor revelaram que 72% do aumento das emissões associadas às exportações brasileiras no período derivou não do crescimento do valor exportado, mas das alterações da composição da pauta de exportação na direção de uma maior participação de setores com elevada intensidade de emissões.

O presente estudo busca avançar sobre a análise realizada e fortalecer o entendimento das implicações das mudanças estruturais recentes no Brasil, particularmente àquelas que ocorreram sobre a pauta exportadora do país, para trajetória de emissões nacionais. Este estudo apresenta duas importantes novidades que permitem um melhor refinamento da análise. Em primeiro lugar, expande o nível de desagregação de 42 setores para 67 setores (mas com foco em bens), permitindo desagregar a análise em setores de interesse. Dentre estes faz-se a separação da agricultura e pecuária (agregadas no nível de 42), o que permite compreender melhor o movimento desses setores, já que possuem elevada intensidade e encadeamento de emissões.

O segundo e mais relevante aspecto metodológico consiste na incorporação explícita do efeito dos preços relativos, isolando sua variação sobre os bens exportados. Essa etapa é fundamental porque os preços relativos dos principais setores exportadores brasileiros, especialmente petróleo, gás, minério de ferro e agropecuária, apresentaram oscilações significativas ao longo do período analisado. Tais variações podem inflar artificialmente a participação desses setores nas emissões associadas às exportações, não por aumento físico da produção ou das emissões, mas pelo simples efeito de elevação de preços relativos, como já demonstrado por Alves-Passoni (2023) no contexto da reprimarização da pauta exportadora brasileira. Este passo se torna ainda mais relevante em um modelo de insumo-produto do tipo híbrido, que combina unidades físicas (emissões de gases de efeito estufa) com variáveis monetárias, como o valor bruto da produção. De fato, manter os preços setoriais constantes é fundamental para isolar os efeitos de preços relativos sobre as intensidades de emissões de cada setor.

Embora Alvarenga (2024) também realize um controle de preços, esse ajuste considera apenas a inflação agregada do período, sem capturar diferenças nas trajetórias de inflação entre setores. Assim, a ausência de controle para variações nos preços relativos setoriais pode comprometer a interpretação econômica dos resultados, ao misturar mudanças tecnológicas ou estruturais com efeitos puramente nominais

A análise proposta nesse artigo compreende a decomposição estrutural das emissões das exportações brasileiras entre o período 2010-2021 em outros três fatores: nível, composição setorial (mix de produtos) e composição geográfica (destinos comerciais). O exercício é realizado a preços

relativos constantes e desagregado por parceiro comercial. A escolha do período se justifica haja vista que a literatura correlata converge para o entendimento de que na década de 2010 se vivencia um processo de intensificação da reprimarização da pauta exportadora do país.

2. Reprimarização da pauta exportadora no Brasil e possíveis implicações ambientais

O debate recente sobre mudança estrutural no Brasil está amplamente marcado pela discussão em torno da tese da existência de um processo de "especialização regressiva", termo cunhado por Coutinho (1997) para descrever o padrão de especialização que marca a economia brasileira pós década de 1990. De acordo com o autor, embora a economia brasileira entrasse nesta década com uma economia relativamente diversificada, diversos setores industriais continuavam exibindo fragilidades estruturais e problemas de competitividade. Estas fragilidades teriam sido confrontadas pela súbita intensificação da concorrência externa, resultante do processo de liberalização comercial, o que acabou conduzindo o país a um padrão de especialização produtiva e comercial caracterizado pela "*preservação da competitividade apenas em setores produtores de commodities em grande escala, de baixo valor agregado e intensivos em recursos naturais, insumos agrícolas e energia*" (idem, p. 105).

O principal argumento sustentado pela literatura para a existência da especialização regressiva é de que a redução da proteção tarifária e não tarifária, combinada à tendência persistente de sobrevalorização da taxa de câmbio, - especialmente em um contexto de liberalização financeira e de juros altos -, teria corroído a competitividade do setor industrial. No plano doméstico, a indústria de transformação nacional passou a enfrentar maior concorrência das importações, tendo sua produção progressivamente substituída por bens intermediários e finais importados. No plano externo, esses elementos promoveram um padrão de comércio marcado por maior especialização em produtos nos quais o Brasil já detinha vantagens comparativas ricardianas, deslocando a cesta exportadora do país para longe de produtos manufaturados, especialmente nos segmentos com maior conteúdo tecnológico (BRESSER-PEREIRA; MARCONI, 2010). Diversos estudos mostram alterações relevantes na composição das exportações brasileiras, com ampliação da participação de bens primários e de commodities industriais e retração relativa de manufaturados, particularmente nos segmentos de maior intensidade tecnológica (NEVES, 2013; NASSIF; CASTILHO, 2020). Além de determinantes internos associados à política macroeconômica, esse processo foi catalisado por fatores externos, com destaque para a integração da China ao comércio internacional ao final dos anos 1990. A expansão industrial chinesa elevou a demanda global por commodities, especialmente commodities industriais, e simultaneamente ampliou a oferta global de manufaturados a preços mais

baixos, intensificando a concorrência internacional (HIRATUKA; SARTI, 2017; ALVES PASSONI, 2023).

O processo de especialização que se consolida na década de 2010 pode ser compreendido, segundo Amaral, Castilho e Freitas (2020), como parte de uma reprimarização global na qual o Brasil se inseriu de forma mais intensa do que a média mundial. Essa dinâmica aprofundou a especialização do país em bens altamente demandados no mercado internacional e para os quais já detinha vantagens comparativas, como as commodities agrícolas e industriais. Ainda assim, até 2008, o país conseguiu manter relativamente estável sua participação nas exportações globais de bens manufaturados em torno de 1%, chegando inclusive a ampliar seu peso nas exportações globais de manufaturas baseadas em ciência. A partir de 2008, contudo, a inserção brasileira no comércio internacional passou a se deteriorar, em decorrência de dois fatores principais: (i) a intensificação da concorrência das exportações manufatureiras chinesas; e (ii) o deslocamento da demanda global para bens distintos daqueles em que o Brasil detinha vantagem comparativa.

Essa reconfiguração aparece de forma clara quando se observa a distribuição geográfica das exportações e sua composição setorial. A Tabela 1 sintetiza a composição das exportações por grupos industriais[1] e destino comercial para 2010, 2015 e 2021, já em termos que isolam o efeito de preços relativos. Em 2010, a China respondia por 14,92% do total exportado, participação que se eleva para 21,09% em 2015 e atinge 30,25% em 2021, consolidando mudança estrutural no padrão geográfico do comércio exterior brasileiro. No mesmo período, os mercados tradicionais perdem participação relativa: a União Europeia recua de 18,47% em 2010 para 13,11% em 2021, enquanto o resto do mundo cai de 47,19% para 41,42% . Essa dinâmica sugere crescente centralidade da China como destino, com redução relativa da importância de mercados historicamente relevantes.

Ao mesmo tempo, a Tabela 1 também evidencia que esse fortalecimento da China se associa a uma pauta concentrada em setores ligados a commodities, especialmente commodities industriais. Em 2010, 60,09% das exportações de commodities industriais destinavam se à China, proporção que permanece elevada em 2015 (51,98%) e 2021 (50,37%). Em contrapartida, a indústria inovativa perde espaço relativo ao longo do período: sua participação no total exportado por setor cai de 18,09% em 2010 para 13,60% em 2015 e 9,68% em 2021. Esse movimento se intensifica após a eclosão da crise econômica internacional de 2008, quando diante da desaceleração econômica nos Estados Unidos e na União Europeia, os mercados latino-americanos, então importante destino para as manufaturas brasileiras, cresceram em relevância para as exportações chinesas (CUNHA et al., 2012). Castilho et al. (2019) e Hiratuka e Sarti (2017) demonstram que as exportações manufatureiras chinesas penetraram a maior parte dos mercados nos quais o Brasil exportava bens manufaturados.

[1] Maiores detalhes sobre a classificação setorial e a justificativa de seleção desses países podem ser vistas na seção de metodologia.

Tabela 1 - Composição das exportações por grupos industriais e destino comercial (em porcentagem) para 2010, 2015 e 2021

	Destino					
	Argentina	China	Estados Unidos	União Europeia	Resto do mundo	Total por setor
2010						
Agricultura e produção floresta	0.62	24.23	6.24	14.6	6.15	9.89
Pecuária	0.06	0.77	0.55	0.67	1.17	0.85
Commodities agrícolas	4.88	10.28	13.09	28.71	29.63	22.57
Comodities industriais	21.27	60.09	42.33	33.34	38.08	39.3
Indústria Tradicional	14.54	2.05	17.77	8.63	9.03	9.3
Indústria inovativa	58.63	2.58	20.02	14.05	15.95	18.09
Total por país	**9.56**	**14.92**	**9.86**	**18.47**	**47.19**	**100**
2015						
Agricultura e produção floresta	0.69	33.26	5.28	16.48	11.07	15.18
Pecuária	0.14	0.88	0.49	0.64	0.85	0.74
Commodities agrícolas	5.88	10.08	11.12	28.68	27.87	20.8
Comodities industriais	25.43	51.98	41.08	39.25	41.05	42.12
Indústria Tradicional	14.05	1.98	12.75	6.61	8.15	7.56
Indústria inovativa	53.81	1.81	29.29	8.34	11.01	13.6
Total por país	**6.23**	**21.09**	**12.33**	**14.57**	**45.78**	**100**
2021						
Agricultura e produção floresta	1.89	31.37	5.37	21.27	13.76	18.65
Pecuária	0.3	0.92	0.66	0.9	0.72	0.78
Commodities agrícolas	9.53	15.44	14.79	24.47	28.33	21.64
Comodities industriais	28.4	50.37	43.37	40.29	38.01	42.23
Indústria Tradicional	17.41	1.11	18.18	5.95	7.66	7.02
Indústria inovativa	42.48	0.79	17.62	7.11	11.52	9.68
Total por país	**4.26**	**30.25**	**10.96**	**13.11**	**41.42**	**100**

Nota: Coluna *Total por setor* = participação do grupo GIC no total exportado do ano; linha *Total por país* = distribuição por destino.

Fonte: elaboração própria a partir de Secex (2024).
Nota: Ver seção de metodologia para maiores detalhes.

No entanto, Torracca (2017) aprofunda a discussão sobre a especialização regressiva ao argumentar que ela não se restringe à composição da pauta exportadora, mas assume caráter estrutural. Seus resultados indicam que o Brasil passou por uma transição caracterizada pelo predomínio crescente de um padrão ricardiano, no qual há coevolução entre produção nacional e pauta de exportação, de modo que as oportunidades externas passam a condicionar a dinâmica produtiva interna. Nesse contexto, quando a demanda internacional se concentra em setores baseados em recursos naturais e commodities, a estrutura produtiva tende a ajustar-se em direção a esses segmentos. Esse tipo de inserção caracteriza uma trajetória de inserção externa passiva, na qual a dinâmica produtiva doméstica se torna fortemente condicionada aos ciclos internacionais promovidos por outras economias.

Embora haja relativa convergência na literatura quanto à existência de um processo de reprimarização da pauta exportadora brasileira, evidências mais recentes indicam que sua intensidade pode ter sido superestimada quando não se controla adequadamente o efeito dos preços relativos.

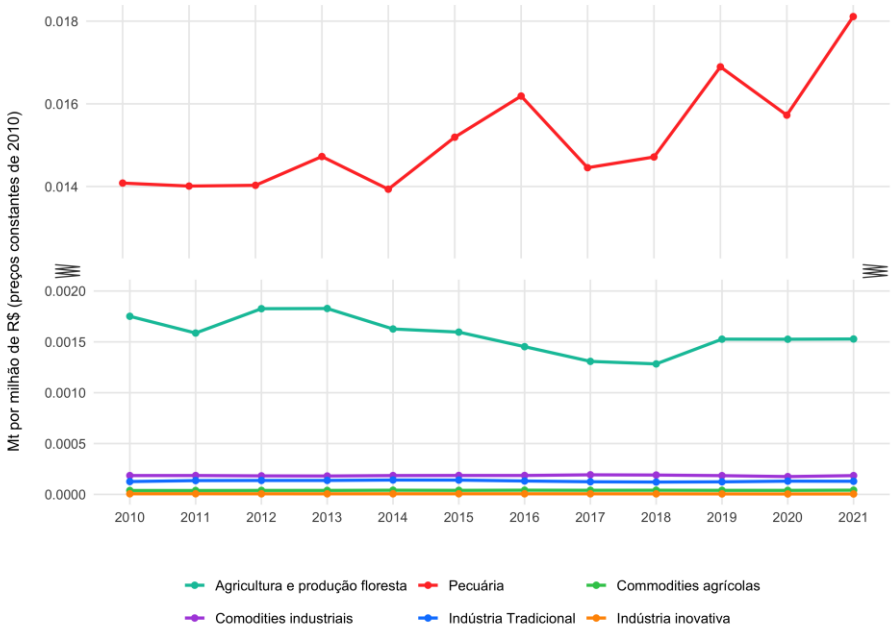
Alves-Passoni (2019) demonstra que, no período analisado, houve tendência persistente de valorização relativa das commodities, o que tende a inflar sua participação na pauta exportadora quando medida em valores correntes.Do ponto de vista ambiental, essas alterações também apresentam importantes implicações. Conforme ilustrado no Gráfico 1, a pecuária apresenta uma intensidade de emissões[2] por cada unidade de valor bruto da produção aproximadamente 2.900 vezes superior à da indústria inovativa (IM)[3], enquanto o grupo de agricultura e produção florestal exibe uma intensidade cerca de 300 vezes maior. Outros segmentos associados à produção de commodities agrícolas processadas e de commodities industriais também registram intensidades médias de emissão substancialmente superiores às do grupo IM, sendo, respectivamente, 35 e 8 vezes maiores. Diante dessa elevada heterogeneidade entre as intensidades de emissões, mesmo variações relativamente pequenas na participação dos produtos da agricultura, pecuária e das commodities agrícolas e industriais na pauta exportadora podem implicar aumentos expressivos nas emissões contidas nas exportações.

Alvarenga (2024) analisou as implicações dessas transformações sobre as emissões brasileiras no período 2000–2019. Os resultados encontrados revelam que: (i) os períodos de maior expansão das emissões coincidem com aqueles em que o crescimento econômico foi liderado pelo setor externo; (ii) as emissões associadas às exportações cresceram mais rapidamente do que aquelas vinculadas aos demais componentes da demanda final, de modo que a participação das exportações nas emissões totais do país aumentou de 19,7% para 36,9% no período analisado e (iii) ao longo de todo o período, as mudanças na pauta exportadora contribuíram de forma significativa para o aumento das emissões associadas às exportações, chegando a figurar como o principal fator para dito aumento nos subperíodos 2005-2010 e 2010-2014.

Esse último aspecto está associado a um aumento substancial e persistente do peso dos setores intensivos em emissões na pauta exportadora brasileira. Alvarenga (2024) mostra que os setores pertencentes a agropecuária, que representam o quartil mais intensivo em emissões, ampliaram sua participação em 20,1 pontos percentuais no entre 2000 e 2019, alcançando 44,9% da pauta de exportações. O autor denomina esse processo de *especialização em emissões*, em alusão ao conceito de especialização regressiva vivido pela economia brasileira no período. Além do mais, o autor mostra a partir de uma decomposição das emissões por parceiros comerciais que a mudança da pauta de exportações aconteceu conjuntamente com o fortalecimento das relações comerciais com parceiros com os quais o país apresentava uma pauta com maior participação de commodities, representando um "across-countries reprimarization effect".

[2] Inclui as emissões associadas ao processo de produção, uso de energia e mudança do uso da terra.
[3] Utiliza-se aqui a classificação do Grupo de Indústria e Competitividade (GIC), elaborado a partir de Torracca e Kupfer (2014). A classificação será descrita na metodologia e é apresentada no Anexo.

Gráfico 1 – Intensidade de emissões de GEE incluindo mudança do uso da terra (megatoneladas de CO_2e por milhões de reais a preços de 2010)



Fonte: elaboração própria a partir de Alves-Passoni e Freitas (2022), Costa e Alvarenga (2025) e MapBiomas (2025), Secex (2024)
Nota: Calculado a partir da divisão das emissões de GEE pelo valor bruto de produção em volume de 2010). Ver seção de metodologia para maiores detalhes.

Ainda que a discussão sobre reprimarização tenha ganhado fôlego na primeira metade da década de 2000, o debate acerca do padrão de especialização comercial brasileiro tem contornos estruturais que atravessam décadas. Young (1996) argumenta que o processo de esgotamento da industrialização brasileira também teria vindo acompanhado do aprofundamento do padrão de inserção internacional insustentável. De acordo com o autor, os desequilíbrios do balanço de pagamentos na década de 1980 foram respondidos por políticas de ajustamento voltadas a incentivar às exportações de setores intensivos em poluição, energia e impactos ambientais. Tais políticas teriam reforçado um padrão de competitividade espúria da economia brasileira, no qual a capacidade de competir no mercado internacional passou a depender, em maior medida, do acesso barato a recursos naturais e da leniência em relação a custos ambientais crescentes.

Autores como Young e Lustosa (2001) e Gramkow (2011) argumentam que a condição estruturalmente atrasada da economia brasileira se manifesta na dificuldade de geração e difusão do progresso técnico, capaz de se espraiar pelo conjunto da economia. Esse fato resulta, por um lado, em oportunidades limitadas para a adoção de tecnologias mais eficientes do ponto de vista ambiental e, por outro, em uma especialização produtiva e comercial excessiva em bens de baixo grau de sofisticação tecnológica e de elevada pegada ambiental. Além disso, os próprios esforços de superação do atraso estrutural, empreendidos nas experiências de industrialização por substituição de

importações, teriam agudizado as contradições ambientais ao incorporar padrões tecnológicos intensivos em combustíveis fósseis.

3. Desenho metodológico

Esta seção apresenta a estratégia metodológica seguida neste artigo, em particular o modelo insumo-produto utilizado para estimar as emissões associadas as exportações brasileiras no período 2010-2021, e as fontes de dados empregadas. A decomposição estrutural calculada utilizando as bases de dados apresentadas na Tabela 2 busca entender as variações nas emissões associadas às exportações em razão de alterações: (i) no coeficiente de emissão; (ii) na tecnologia, (iii) no mix de produtos da pauta de exportação e (iv) no peso de cada parceiro comercial nesta pauta.

Tabela 2 - Base de dados utilizadas e suas fontes

Dado	Descrição e tratamento metodológico	Fonte
Matrizes Insumo-Produto	Série desagregada para 67 setores e 126 produtos, à preços relativos constante de 2010, com informação disponível para o período 2010-2021.	Alves-Passoni e Freitas (2022)
Exportação por parceiros comerciais	Os dados de exportações de bens estão classificados segundo a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) e por país de destino. Estes dados foram posteriormente harmonizados com o Sistema de Contas Nacionais para garantir compatibilidade com as matrizes insumo-produto.	MDIC/SECEX (2024)
Vetores de Emissão	Série de dados desagregada para 67, expressa em megatoneladas de CO2e associadas aos processos industriais e energia, com informação disponível para o período 2010-2021. O vetor de uso da terra foi incorporado através de uma matriz de transição do uso do solo a partir de MAPBIOMAS (2025), seguindo a metodologia desenvolvida Alvarenga (2024)	Costa e Alvarenga (2025)

Fonte: Elaboração própria.

A análise é feita a preços relativos constantes (em volume), no nível de 67 setores, a partir das Matrizes insumo-produto estimadas em Alves-Passoni e Freitas (2022). Não obstante, para facilitar a compreensão analítica, estes os setores associados aos bens são agrupados em agricultura, pecuária e os grupos industriais em commodities agrícolas, commodities industriais, indústria tradicional, e indústria inovativa segundo a tipologia proposta por Kupfer (1998) e Torracca e Kupfer 2014. Um resumo da descrição é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação setorial

Grupos Industriais	Descrição
Agricultura	Reúne as atividades primárias não processadas (agricultura, pesca, silvicultura e extração florestal) caracterizadas por forte dependência de recursos naturais
Pecuária	Compreende as atividades de criação de animais e produção pecuária, incluindo bovinocultura, avicultura e demais criações
Commodities agrícolas processadas	Incorpora em insumos agropecuários e energéticos, tipicamente associadas ao agronegócio e à produção de bens padronizados de grande escala e alta tonelagem

Commodities industriais	Incluem atividades intensivas em recursos minerais e processos de base (extração mineral, metalurgia e química básica) contemplando tanto produtos processados quanto semiprocessados
Indústria tradicional	Abrange ramos manufatureiros de menor conteúdo tecnológico e menor exigência de escala produtiva, voltados à produção de bens de consumo e insumos industriais padronizados
Indústria Inovativa	Reúne segmentos de média-alta e alta tecnologia e a produção de bens duráveis complexos, como automóveis, equipamentos eletrônicos e máquinas especializadas.

Fonte: Elaboração própria, baseado em Kupfer (1998) e Torracca e Kupfer (2014)

Do ponto de vista dos destinos comerciais, foca-se nos quatro principais destinos das brasileiras entre 2010 e 2021: China, União Europeia, Estados Unidos e Argentina. Estes concentram, de forma persistente, mais da metade das exportações brasileiras, assegurando comparabilidade temporal e justificando seu foco analítico. Os demais países são incorporados em um grupo denominado Resto do Mundo.

A decomposição foi realizada para três períodos: 2010–2014, 2015–2021 e 2010–2021. O primeiro subperíodo corresponde à fase final do ciclo de crescimento dos anos 2000, enquanto o segundo abrange um contexto de estagnação econômica, crise fiscal e choques adversos, permitindo avaliar como diferentes dinâmicas estruturais afetaram as emissões associadas às exportações.

3.1 Análise de decomposição estrutural

As emissões são calculadas com base no modelo insumo-produto ampliado, incorporando o vetor de coeficientes de emissões, a matriz inversa de Leontief e o vetor de exportações, conforme apresentado em Miller e Blair (2009)[4]:

$$\boldsymbol{\epsilon} = \widehat{\boldsymbol{h}} \times (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A_d})^{-1} \times \boldsymbol{e} \quad (1),$$

$$\boldsymbol{\epsilon} = \widehat{\boldsymbol{h}} \times \boldsymbol{L} \times \boldsymbol{e} \quad (2),$$

onde $\widehat{\boldsymbol{h}}$ é a matriz diagonal dos coeficientes de emissões, que expressam o total de emissões por unidade de produção e são calculados como a razão entre as emissões setoriais e o valor bruto da produção ($\boldsymbol{x}$)[5]. A matriz $\boldsymbol{A_d}$ representa os coeficientes técnicos diretos domésticos, isto é, a quantidade de insumos intermediários necessária para produzir uma unidade adicional de produto em

[4] Segue-se a notação usual, na qual matrizes são denotadas por letras maiúsculas em negrito e vetores por letras minúsculas em negrito; os vetores são tratados como vetores coluna e, portanto, um vetor linha é representado pelo transposto de um vetor coluna.

[55] A utilização de um vetor de intensidade, que pressupõe uma relação proporcional entre emissões e produção, é uma hipótese razoável para emissões associadas ao uso de energia e a processos industriais, uma vez que estas decorrem de insumos energéticos e tecnológicos relativamente padronizados no curto prazo e tendem a variar com a escala de utilização. Entretanto, a incorporação das emissões por mudança de uso da terra (MUT) nesses vetores implica uma hipótese muito mais forte de proporcionalidade entre atividade econômica e conversão de uso da terra, já que, nesse caso, as emissões dependem de decisões espaciais discretas, da dinâmica fundiária e de trajetórias tecnológicas não marginais. Por essa razão, tal aproximação deve ser interpretada com cautela na análise dos resultados.

cada setor. A matriz $\boldsymbol{L} = (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A_d})^{-1}$corresponde à inversa de Leontief, enquanto $\boldsymbol{e}$ denota o vetor de exportações.

Com o objetivo de aprofundar a análise, e inspirados na decomposição da demanda final proposta por Miller e Blair (2009), desagregamos o vetor de emissões setoriais ($\boldsymbol{\epsilon}$) em três dimensões associadas às exportações: composição por parceiros comerciais, composição setorial (mix de produtos) e nível das exportações, seguindo a abordagem adotada por Alves-Passoni e Freitas (2022) e Alvarenga (2024). Para isso, assumimos $\boldsymbol{E}$ como uma matriz particionada em considerando os principais destinos comercias das exportações brasileiras: EUA ($\boldsymbol{e_{EUA}}$), China ($\boldsymbol{e_{CHN}}$), Argentina ($\boldsymbol{e_{ARG}}$) e União Europeia ($\boldsymbol{e_{EU}}$) e resto do mundo ($\boldsymbol{e_{RW}}$):

$$\boldsymbol{E} = [\boldsymbol{e_{EUA}}|\, \boldsymbol{e_{ARG}}|\, \boldsymbol{e_{UE}}|\, \boldsymbol{e_{CHN}}|\boldsymbol{e_{RW}}] \quad (3).$$

Também definimos o total exportado (e):

$$e = i'Ei \quad (4).$$

Na segunda etapa, definimos $\boldsymbol{\delta}$ como um vetor (5×1) que representa o total exportado para os quatro principais parceiros e o RW:

$$\boldsymbol{\delta} = (i'E)' \ (5).$$

Dividindo $\boldsymbol{\delta}$ pelo total exportado, obtemos a participação dos principais parceiros no total exportado ($\boldsymbol{\psi}, 5 \times 1$):

$$\boldsymbol{\psi} = \left(\frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{e}}\right)\boldsymbol{\delta} \ (6).$$

Finalmente, calculamos a participação dos produtos exportados para cada país ($\boldsymbol{T}, n \times 5$):

$$\boldsymbol{T} = (\boldsymbol{E})\left(\widehat{\boldsymbol{\psi}}\right)^{-\boldsymbol{1}} \ (7).$$

Combinando (4), (6) e (7), expressamos e em termos de mix de produtos, composição por parceiros e nível:

$$\boldsymbol{e} = \boldsymbol{T}\boldsymbol{\psi}e \quad (8).$$

Após esses procedimentos, temos a equação-base para a análise SDA, incluindo as emissões gerado pela demanda doméstica e externa, com suas desagregações:

$$\boldsymbol{\epsilon} = \widehat{\boldsymbol{h}}\boldsymbol{L}\boldsymbol{T}\boldsymbol{\psi}e (9).$$

Aplica-se então, o método de decomposição estrutural (Structural Decomposition Analysis – SDA), para analisar a variação das emissões considerando as mudanças estáticas comparativas nos parâmetros de um modelo insumo-produto. Logo, analisa-se as mudanças nas emissões ($\Delta\boldsymbol{\epsilon}$) entre dois anos, '0' ($\boldsymbol{\epsilon^0}$) para inicial e '1' ($\boldsymbol{\epsilon^1}$) para o ano final:

$$\Delta\boldsymbol{\epsilon} = \boldsymbol{\epsilon^1} - \boldsymbol{\epsilon^0} \ \textit{(10)}.$$

A partir de (9), podemos expressar $\Delta\boldsymbol{\epsilon}$ em termos das mudanças em cinco variáveis: inteside de emissões, matriz de Leontief, nível das exportações, composição dos produtos e dos destinos:

$$\boldsymbol{\Delta\epsilon} = \widehat{\boldsymbol{h}}^{\boldsymbol{1}}\boldsymbol{L}^{\boldsymbol{1}}\boldsymbol{T}^{\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\psi}^{\boldsymbol{1}}e^{\boldsymbol{1}} - \widehat{\boldsymbol{h}}^{\boldsymbol{0}}\boldsymbol{L}^{\boldsymbol{0}}\boldsymbol{T}^{\boldsymbol{0}}\boldsymbol{\psi}^{\boldsymbol{0}}e^{\boldsymbol{0}} \ \textit{(11)}.$$

A eq. (11) pode ter múltiplas formas de decomposição, mas utiliza-se aqui a proposta realizada por Dietzenbacher e Los (1998) que sugere utilizar a decomposição polar média sugerida por Miller e Blair (2009). Logo, temos:

$$\mathbf{\Delta v} = \quad \textit{Coeficiente de emissões}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)\Delta\widehat{\boldsymbol{h}} \times (\boldsymbol{L}^1\boldsymbol{d}^1 + \boldsymbol{L}^0\boldsymbol{d}^0) + \left(\frac{1}{2}\right)\Delta\hat{\boldsymbol{c}} \times (\boldsymbol{L}^1\boldsymbol{e}^1 + \boldsymbol{L}^0\boldsymbol{e}^0) + \tag{12.a}$$

$$\textit{Tecnologia}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)\left(\widehat{\boldsymbol{h}}^1 + \widehat{\boldsymbol{h}}^0\right) \times \mathbf{L}^1\Delta\mathbf{A_d}\mathbf{L}^0 \times (\mathbf{e}^1 + \mathbf{e}^1) + \tag{12.b}$$

$$\textit{Exportações – composição setorial}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)\left(\widehat{\boldsymbol{h}}^1\boldsymbol{L}^1 + \widehat{\boldsymbol{h}}^0\boldsymbol{L}^0\right) \times \left[\left(\frac{1}{2}\right)\Delta\mathbf{T} \times (\boldsymbol{\psi}^1\mathrm{e}^1 + \boldsymbol{\psi}^0\mathrm{e}^0)\right] + \tag{12.c}$$

$$\textit{Exportações – composição do destino}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)\left(\widehat{\boldsymbol{h}}^1\boldsymbol{L}^1 + \widehat{\boldsymbol{h}}^0\boldsymbol{L}^0\right) \times \left[\left(\frac{1}{2}\right)(\mathbf{T}^1 + \mathbf{T}^0) \times \Delta\boldsymbol{\psi} \times (\mathrm{e}^1 + \mathrm{e}^0)\right] + \tag{12.d}$$

$$\textit{Exportações – nível}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)\left(\widehat{\boldsymbol{h}}^1\boldsymbol{L}^1 + \widehat{\boldsymbol{h}}^0\boldsymbol{L}^0\right) \times \left[\left(\frac{1}{2}\right)(\mathbf{T}^1\boldsymbol{\psi}^1 + \mathbf{T}^0\boldsymbol{\psi}^0) \times \Delta\mathrm{e}\right] \tag{12.e}$$

Note que, para expressamos as mudanças em ΔL (18.b) por meio de uma decomposição hierárquica para $\Delta\boldsymbol{A_d}$. Logo, $\Delta\boldsymbol{L} = \boldsymbol{L^1}\Delta\boldsymbol{A_d}\boldsymbol{L^0}$. A contribuição ΔA_d indica como mudanças nos coeficientes técnicos domésticos afetam as emissões setoriais. Valores positivos refletem um aumento na intensidade do uso de insumos intermediários domésticos, enquanto valores negativos indicam o movimento oposto. No âmbito externo ($\boldsymbol{\Delta e}$), as variações em $\boldsymbol{\Delta T}$ evidenciam como a mudança no mix de produtos exportados entre os anos 0 e 1 influenciou as emissões, podendo exercer efeitos positivos ou negativos. $\boldsymbol{\Delta\psi}$ representa o efeito da mudança do destino das exportações, e se for positivo/negativo revela que a realocação geográfica das exportações favorece/prejudica a trajetória de $\boldsymbol{\Delta\epsilon}$. Note que tanto $\boldsymbol{\Delta T}$ e $\boldsymbol{\Delta\psi}$ podem representar uma reprimarização da pauta exportadora, a depender do quão concentrada for essa cesta. No caso brasileiro, em que há tanto uma especialização geográfica quanto de produtos, esses dois elementos tendem a caminhar na mesma direção. Além disso, Δe expressa o impacto do nível total de exportações sobre as emissões, independentemente da composição setorial ou dos mercados de destino.

Cabe ressaltar, no entanto, que esse exercício é essencialmente estático e comparativo entre dois pontos no tempo, de modo que não capta mecanismos de ajuste dinâmico, substituições tecnológicas graduais nem respostas comportamentais dos setores e consumidores a mudanças de preços ou políticas ambientais. Logo, Assim, a SDA deve ser entendida como uma ferramenta de identificação de padrões estruturais e não como uma decomposição causal estrita das variações nas emissões associadas ao comércio. Além disso, como a abordagem combina variáveis monetárias e físicas, resultados podem ser sensíveis a deflatores, agregações setoriais e à presença de produtos heterogêneos dentro de um mesmo setor, o que pode gerar viés de composição nas contribuições estimadas.

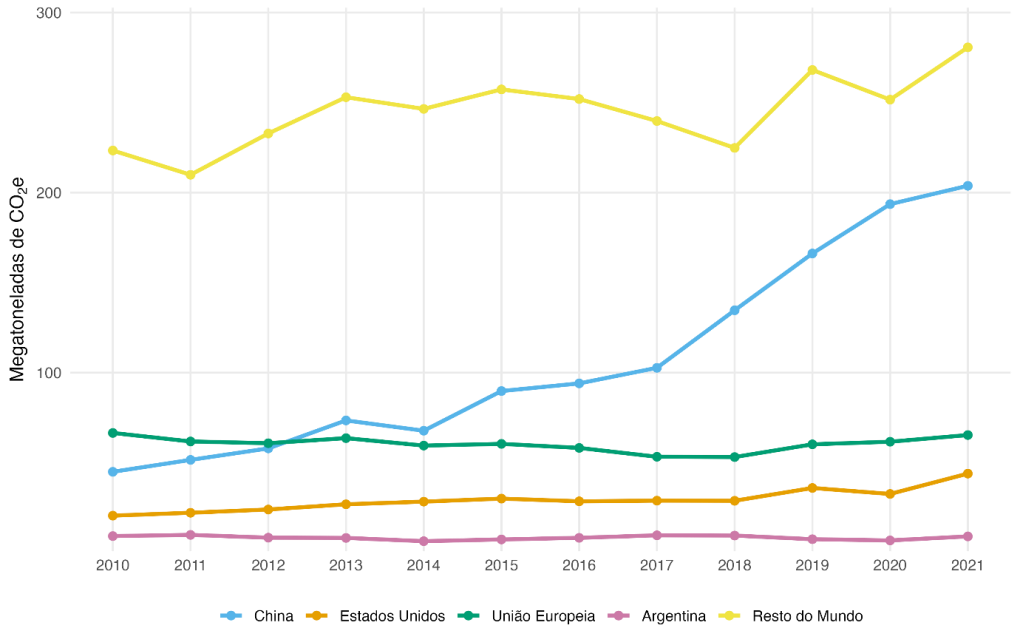
4. Análise da decomposição estrutural e o processo de especialização em emissões

4.1 Resultados Agregados

Entre 2010 e 2021, as emissões incorporadas às exportações brasileiras cresceram 65,3%, passando de 364,57 para 602,75 MtCO2e, o que representa acréscimo absoluto de 238,18 MtCO2e no período. Em termos anuais, esse aumento corresponde a taxa média geométrica de aproximadamente 4,68% ao ano, evidenciando trajetória persistente de expansão do conteúdo emissivo associado ao setor externo.

O Gráfico 2 revela que esse crescimento ocorreu de forma heterogênea entre os diferentes parceiros comerciais. Em 2010, os quatro destinos selecionados concentravam aproximadamente 53% do valor exportado, mas respondiam por apenas cerca de 39% das emissões incorporadas. Em 2021, essa concentração se eleva para quase 60% das exportações e aproximadamente 54% das emissões totais, indicando que o núcleo dos principais parceiros comerciais passou a absorver parcela majoritária também das emissões associadas às exportações brasileiras.

Gráfico 2 – Emissões brasileiras associadas aos destinos comerciais do Brasil, entre 2010 e 2021 (megatoneladas de CO_2e)



Fonte: elaboração própria a partir de Alves-Passoni e Freitas (2022), Alvarenga e Costa (2025), MapBiomas (2025) e Secex (2024).

A desagregação por destino evidencia dinâmicas bastante distintas. A China apresenta taxa média anual de crescimento das emissões incorporadas de aproximadamente 14,7% ao ano, refletindo rápida expansão tanto do valor exportado quanto do conteúdo emissivo associado à pauta concentrada em commodities agrícolas e industriais. Os Estados Unidos registram crescimento médio de 7,1% ao ano, ainda significativo, mas em patamar inferior ao observado para a China. O grupo Resto do Mundo apresenta expansão mais moderada, de cerca de 2,1% ao ano. Em contraste, União Europeia

e Argentina exibem taxas ligeiramente negativas, em torno de −0,2% ao ano, indicando estabilidade ou leve retração das emissões incorporadas às exportações destinadas a esses mercados.

A Tabela 4 permite qualificar essa recomposição por meio da razão entre participação nas exportações e participação nas emissões. Em 2010, a China apresentava razão inferior à unidade (0,80), sugerindo que sua participação nas emissões era proporcionalmente menor que seu peso comercial. Em 2021, essa razão supera a unidade (1,08), revelando que a China passa a concentrar emissões acima do que sua participação nas exportações indicaria. Essa mudança aponta não apenas maior centralidade comercial, mas também crescente relevância ambiental relativa.

Tabela 4 - Participação nas exportações, participação nas emissões incorporadas e razão emissões/exportações por destino comercial (2010 e 2021)

	2010			2021		
	Participação Exportações (A)	Participação Emissões (B)	Razão (B/A)	Participação Exportações (A)	Participação Emissões (B)	Razão (B/A)
China	15.30	12.30	0.80	31.30	33.80	1.08
União Europeia	18.70	18.20	0.97	13.00	10.80	0.83
Estados Unidos	9.60	5.60	0.58	11.10	7.30	0.66
Argentina	9.20	2.50	0.27	4.20	1.50	0.36
Resto do Mundo	47.10	61.30	1.30	40.50	46.60	1.15

Fonte: elaboração própria a partir de Alves-Passoni e Freitas (2022), Alvarenga e Costa (2025), MapBiomas (2025) e Secex (2024).

A União Europeia apresenta razão próxima da unidade em 2010 (0,97) e inferior a 1 em 2021 (0,83), sugerindo intensidade emissiva relativamente menor ao final do período. Estados Unidos e Argentina mantêm razão consistentemente abaixo da unidade, indicando perfil exportador comparativamente menos intensivo em emissões.

O grupo Resto do Mundo permanece como principal destino em termos absolutos ao longo de toda a série, ainda que com oscilações cíclicas e retomada mais intensa após 2019. Esse agregado apresenta razão superior à unidade em ambos os anos analisados (1,30 em 2010 e 1,15 em 2021), evidenciando intensidade média elevada, embora com redução relativa no período. Ressalta-se, contudo, que o Resto do Mundo constitui agregado intrinsecamente heterogêneo, reunindo países com estruturas de demanda e cestas importadas bastante distintas. Alterações nos pesos internos desse grupo podem modificar a composição setorial exportada e, consequentemente, o conteúdo emissivo, mesmo sem grandes variações no total agregado.

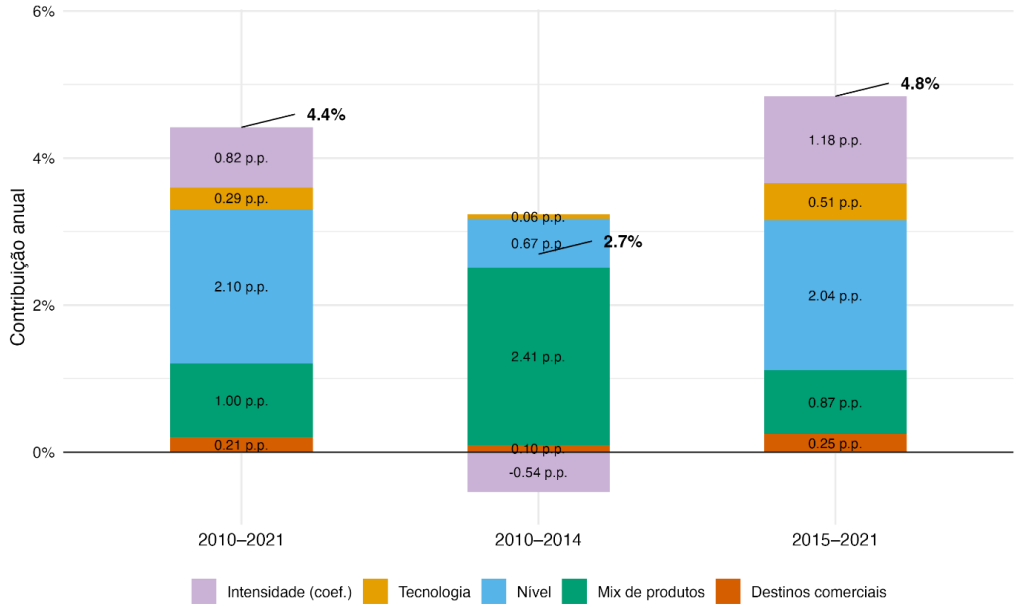
Além das variações no valor exportado, observam-se mudanças relevantes na composição setorial das exportações destinadas a esses parceiros, com redução da participação de produtos da pecuária, da indústria tradicional e da indústria inovadora, e forte expansão do setor agrícola (Tabela 1). Em conjunto, esses resultados indicam que a expansão das emissões incorporadas às exportações brasileiras não decorre apenas do crescimento do comércio, mas também de uma recomposição

geográfica e setorial que reforça o peso relativo de atividades com maior intensidade emissiva média, aprofundando a dimensão ambiental do padrão recente de especialização.

4.2 Decomposição estrutural

Partindo para a análise de decomposição estrutural, o Gráfico 3 apresenta os resultados para os três intervalos considerados — 2010–2021, 2010–2014 e 2015–2021. As contribuições de cada componente da decomposição são expressas em termos de médias anualizadas, de modo a tornar diretamente comparáveis períodos de duração distinta. No período 2010–2021, a decomposição estrutural indica que as emissões associadas às exportações brasileiras cresceram a uma taxa média anual de aproximadamente 4,4%, conforme indicado pelo Gráfico 3. O principal determinante do crescimento das emissões nesse intervalo foi o efeito nível das exportações, que contribuiu com 2,10 p.p. para a variação anual total.

Gráfico 3 - Decomposição da taxa de crescimento das emissões de Co_2eq por efeitos, média anual para os períodos



Fonte: elaboração própria a partir de Alves-Passoni e Freitas (2022), Costa e Alvarenga (2025), MapBiomas (2025) e Secex (2024).

Não obstante, os resultados também sustentam a hipótese de que a reprimarização exerceu impacto relevante sobre as emissões associadas às exportações no período. De fato, há duas forças reprimarizantes para esse processo. A primeira está compreendida no efeito mix de produtos, que evidência como mudanças na composição da pauta de exportações afetaram as emissões. No período analisado, esse efeito apresentou contribuição positiva de 1 p.p., indicando uma reorientação setorial das exportações em direção a produtos relativamente mais intensivos em emissões. A segunda força corresponde ao efeito destino comercial, que capta as variações nas emissões decorrentes da alteração do peso relativo de cada parceiro comercial nas exportações brasileiras. Como indicado na Tabela 1,

a pauta de exportação brasileira com a China é significativamente mais concentrada em produtos da agricultura, pecuária, commodities industriais e, portanto, mais intensiva em emissões. Assim, à medida que a participação da China ganha espaço em relação aos demais parceiros nas exportações, cada dólar exportado passa a incorporar maior participação de commodities e, consequentemente, maior intensidade de emissão. Os dois efeitos somados, indicam que a reprimarização da pauta foi responsável por 1.21pp, ou 27.5% do aumento total das emissões contidas nas exportações no período.

No entanto, observa-se também que o efeito intensidade associado aos coeficientes de emissões contribuiu positivamente em 0,82 p.p. Esse resultado indica que, no agregado do período, houve aumento da razão entre emissões totais e valor bruto da produção vinculada às exportações. Em outras palavras, para gerar uma mesma unidade de produção destinada ao mercado externo passou-se a emitir mais gases de efeito estufa. Entre os possíveis fatores explicativos estão o aumento das taxas de desmatamento no período, e o crescimento da participação da energia termoelétrica à combustível fóssil na matriz elétrica nacional[6].

Por fim, o efeito tecnológico, capturado pelas mudanças nos coeficientes técnicos domésticos, apresentou contribuição positiva mais modesta (0,31 p.p.). Esse resultado indica que, para atender à mesma demanda de exportações, a estrutura produtiva passou a requerer maior quantidade de insumos intermediários ao longo das cadeias domésticas. Se, por um lado representa um aumento nos encadeamentos produtivos necessários para gerar uma unidade de produto exportado, por outro mostra indícios de uma perda de eficiência material e energética, já que a produção passa a demandar mais insumos por unidade de produto, implicando maior geração de emissões.

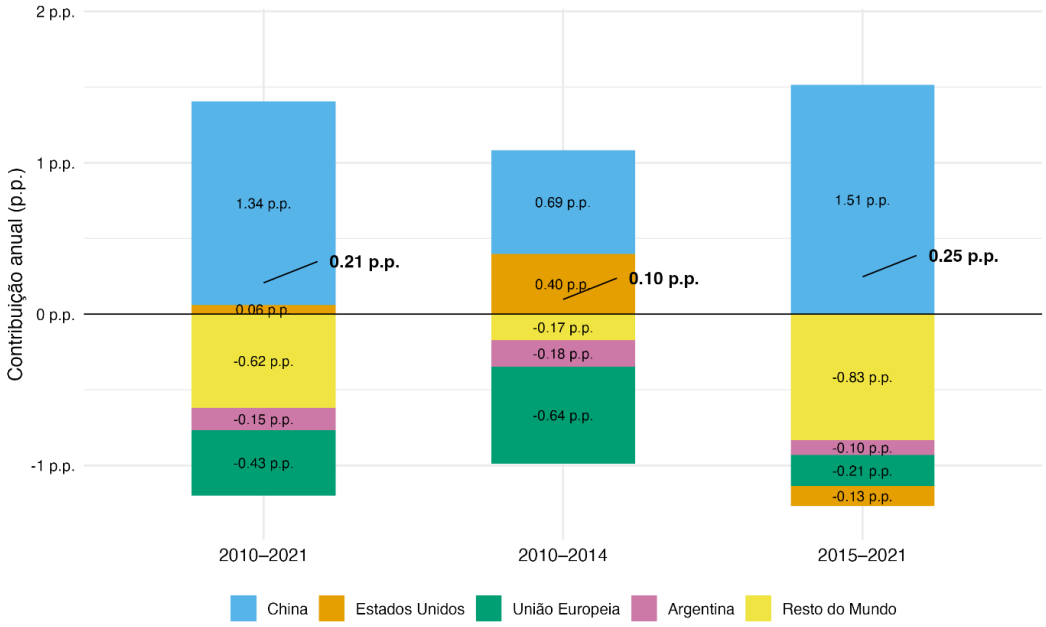
A desagregação em subperíodos evidencia que o período agregado oculta duas dinâmicas distintas. Entre 2010 e 2014, o crescimento das emissões foi mais moderado (aproximadamente 2,7% ao ano) e dominado pelo efeito mix de produtos (2,41 p.p.), indicando uma fase inicial de reprimarização, na qual se observa que a composição da pauta exportadora foi mais importante para explicar as variações das emissões do que o próprio volume exportado. Já entre 2015 e 2021 o crescimento das emissões se acelera (cerca de 4,8% ao ano) e passa a ser impulsionado sobretudo pelo nível das exportações (2,04 p.p.) e pelo aumento da intensidade emissiva (1,18 p.p.). Nesse segundo momento, a reprimarização já se encontrava consolidada e o avanço das emissões ocorre via expansão da escala exportadora combinada à elevação das emissões por unidade produzida. Assim, o resultado do período completo reflete essencialmente a dominância dessa segunda fase.

[6] Enquanto a taxa de desmatamento na Amazônia Legal cresceu de 7.000 km2 para 13.038Km2, a participação de combustíveis fósseis na matriz elétrica nacional saltou de 12.4% para 20% no período analisado. (Brasil, 2025; IEA, 2025)

4.3. Efeito dos destinos comerciais

O Gráfico 4 mostra que a dinâmica das emissões associadas às exportações brasileiras entre 2010 e 2021 esteve fortemente ligada à redistribuição geográfica dos destinos comerciais.

Gráfico 4 – Desagregação da contribuição dos países para a taxa de crescimento das emissões de Co_2eq, média anual para os períodos



Fonte: elaboração própria a partir de Alves-Passoni e Freitas (2022), Alvarenga e Costa (2025), MapBiomas (2025) e Secex (2024).

O principal vetor de crescimento emissivo foi a China, cuja contribuição alcança 1,34 p.p., acompanhando a elevação de sua participação nas exportações brasileiras de cerca de 15,3% em 2010 para aproximadamente 31,3% em 2021, conforme a Tabela 1. Esse resultado reflete a composição setorial da pauta bilateral, concentrada em agricultura, pecuária e mineração, atividades de elevada intensidade emissiva. A decomposição setorial indica que a maior parte desse impacto provém da agricultura e produção florestal, responsável por 0,65 p.p., seguida da pecuária com 0,55 p.p. Embora a pecuária represente parcela reduzida do valor exportado, seu coeficiente de emissão é elevado, de modo que pequenas variações comerciais geram impacto ambiental expressivo.

Em sentido oposto, a União Europeia teve uma contribuição de –0,43 p.p. A redução de sua participação de cerca de 18,7% para aproximadamente 13,0% implicou diminuição relativa do peso de bens industriais e de menor intensidade emissiva na pauta exportadora. Essa retração está associada principalmente à queda da indústria inovativa destinada ao bloco e, em menor grau, das commodities agrícolas, ainda que tenha ocorrido aumento relativo de commodities industriais, como será discutido na próxima subseção.

Os Estados Unidos apresentam impacto líquido pequeno, de 0,06 p.p., coerente com uma pauta mais diversificada. Sua participação passou de cerca de 9,6% para aproximadamente 11,1%, indicando estabilidade relativa ao longo do período. A Argentina contribui negativamente com –0,15 p.p., refletindo a queda de participação de aproximadamente 9,2% para 4,2%. O impacto relativamente reduzido decorre do fato de que a pauta exportada ao país é menos intensiva em emissões do que a média dos demais destinos. O Resto do Mundo também atua como fator de contenção com –0,62 p.p., indicando que o crescimento emissivo decorre sobretudo da concentração em poucos parceiros específicos e não de expansão generalizada das exportações.

A análise por subperíodos revela mudança qualitativa no mecanismo de crescimento das emissões. Entre 2010 e 2014 ocorre uma fase inicial de reprimarização por realocação geográfica. A China contribui com 0,69 p.p. e os Estados Unidos com 0,40 p.p., enquanto a União Europeia apresenta –0,64 p.p., com efeitos negativos menores da Argentina e do Resto do Mundo. Nesse momento, o aumento das emissões resulta principalmente da mudança de mercados de destino, isto é, da substituição gradual de destinos industriais por destinos intensivos em recursos naturais. Entre 2015 e 2021 o padrão se altera de forma substantiva. A contribuição chinesa se intensifica para 1,51 p.p. enquanto todos os demais parceiros passam a exercer efeitos "negativos" em decorrência da perda de participação relativa no total da pauta exportadora. O crescimento das emissões torna se concentrado em um único destino.

4.3. Efeito composição setorial

A decomposição das emissões associadas às exportações por grupos industriais GIC, apresentada na Tabela 5, mostra que o crescimento médio anual das emissões no período 2010–2021, cerca de 4,4% ao ano, esteve fortemente concentrado em atividades primárias, sobretudo na pecuária e, em menor grau, na agricultura e produção florestal. Esse resultado evidencia o papel central da estrutura produtiva e do padrão de especialização setorial na dinâmica emissiva do setor externo brasileiro e reforça a associação entre composição setorial e destinos comerciais das exportações.

Tabela 5 - Decomposição das exportações por grupos industriais e destino comercial (em porcentagem) para 2010, 2015 e 2021

					País (destino)					
	Intens.	Tec.	Nível	Mix	ARG	CHN	EUA	UE	RDM	Total
2010-2014										
Soma (setores)	**−0.542**	**0.060**	**0.669**	**2.409**	**−0.176**	**0.687**	**0.398**	**−0.639**	**−0.173**	**2.694**
Agricultura e produção floresta	−0.539	−0.026	0.212	1.204	−0.026	0.441	0.116	−0.264	−0.038	1.080
Pecuária	−0.135	0.150	0.357	1.173	−0.046	0.159	0.122	−0.283	−0.115	1.383
Commodities agrícolas	0.010	−0.004	0.007	0.005	−0.003	0.005	0.006	−0.009	−0.002	0.015
Comodities industriais	0.107	−0.054	0.080	0.036	−0.081	0.076	0.124	−0.073	−0.016	0.199
Indústria Tradicional	0.014	−0.005	0.012	−0.006	−0.017	0.006	0.029	−0.009	−0.002	0.021
Indústria inovativa	0.001	−0.001	0.001	−0.003	−0.003	0.000	0.001	−0.001	0.000	−0.004
2015-2021										
Soma (setores)	**1.182**	**0.508**	**2.034**	**0.868**	**−0.099**	**1.514**	**−0.132**	**−0.207**	**−0.831**	**4.842**
Agricultura e produção floresta	−0.228	−0.071	0.647	0.376	−0.015	0.724	−0.025	−0.083	−0.204	1.122
Pecuária	1.546	0.534	1.124	0.526	−0.037	0.652	−0.059	−0.093	−0.541	3.653
Commodities agrícolas	0.005	0.001	0.018	0.011	−0.002	0.011	−0.002	−0.003	−0.007	0.033
Comodities industriais	−0.117	0.050	0.214	−0.067	−0.036	0.118	−0.038	−0.025	−0.069	0.030
Indústria Tradicional	−0.021	−0.006	0.030	0.023	−0.008	0.009	−0.008	−0.003	−0.010	0.008
Indústria inovativa	−0.003	0.000	0.001	−0.001	−0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	−0.004
2010-2021										
Soma (setores)	**0.819**	**0.292**	**2.102**	**1.000**	**−0.149**	**1.343**	**0.061**	**−0.432**	**−0.618**	**4.419**
Agricultura e produção floresta	−0.388	−0.037	0.653	0.772	−0.023	0.650	0.013	−0.179	−0.150	1.311
Pecuária	1.241	0.337	1.175	0.185	−0.058	0.558	0.027	−0.194	−0.402	2.869
Commodities agrícolas	0.003	−0.001	0.020	0.006	−0.003	0.010	0.001	−0.006	−0.005	0.025
Comodities industriais	−0.030	−0.001	0.220	0.027	−0.053	0.117	0.016	−0.047	−0.053	0.197
Indústria Tradicional	−0.005	−0.006	0.032	0.012	−0.011	0.008	0.004	−0.006	−0.008	0.021
Indústria inovativa	−0.002	0.000	0.002	−0.002	−0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	−0.004

Nota: valores em pontos percentuais (p.p.). A linha *Soma (setores)* é o somatório das contribuições setoriais em cada subperíodo.

Fonte: elaboração própria a partir de Alves-Passoni e Freitas (2022), Alvarenga e Costa (2025), MapBiomas (2025) e Secex (2024).

A pecuária constitui o principal vetor do aumento das emissões, contribuindo com aproximadamente 2,87 p.p. no período 2010–2021. Essa contribuição resulta da combinação entre expansão do volume exportado e elevada intensidade emissiva vinculada às emissões de metano e ao uso da terra. Enquanto o valor exportado do setor cresce cerca de 1,4% ao ano, as emissões associadas aumentam aproximadamente 5,4%, indicando aumento da intensidade emissiva, conforme observado anteriormente. Assim, a expansão pecuária não apenas cresce em escala, mas torna-se ambientalmente mais onerosa por unidade exportada.

A agricultura e produção florestal também apresenta contribuição positiva relevante, de 1,31 p.p., reforçando a trajetória de crescimento emissivo. Nesse grupo, o aumento decorre da combinação entre efeito nível e mudança de composição da pauta exportadora, evidenciando simultaneamente expansão do volume e recomposição em direção a bens mais intensivos em emissões. Esse resultado confirma que a especialização setorial acompanha a reorganização geográfica das exportações, em particular a crescente centralidade da China como destino.

Em contraste, os setores industriais exibem contribuições marginais no agregado. O grupo de commodities industriais contribui com cerca de 0,20 p.p. Apesar de possuir elevada participação comercial, apresenta menor intensidade relativa de emissões do que os segmentos primários. Ainda assim, parte desse grupo enquadra-se na categoria *hard-to-abate*, tornando sua dinâmica relevante para políticas de descarbonização. Destaca-se o subsetor de produção de ferro gusa, ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura, cuja contribuição decorre sobretudo do efeito nível das exportações. Os incrementos emissivos desse bloco concentram-se principalmente nas exportações destinadas à China e aos Estados Unidos.

A indústria tradicional e a indústria inovativa mantêm contribuições próximas de zero ao longo do período. Esse comportamento reflete tanto a perda de participação relativa da indústria na pauta exportadora quanto a menor intensidade média de emissões desses segmentos. No caso da indústria inovativa, observa-se estabilidade temporal, indicando ausência de mudança estrutural relevante na contribuição líquida para a dinâmica emissiva.

A comparação entre subperíodos revela mudança qualitativa no processo de reprimarização. Entre 2010 e 2014, o crescimento das emissões decorre predominantemente da mudança de composição setorial. A agropecuária e a pecuária são dominadas pelo efeito mix de produtos, enquanto a intensidade ainda não atua como motor principal. Trata-se de uma fase inicial de alteração da cesta exportadora, em que o país passa a exportar relativamente mais bens primários, sem aumento proporcional da intensidade produtiva.

Entre 2015 e 2021 ocorre transformação distinta. A pecuária passa a registrar contribuição muito mais elevada, impulsionada simultaneamente por intensidade, nível e tecnologia positivos, indicando não apenas mudança de composição, mas alteração do modo de produção. A agricultura e produção florestal também passa a crescer sobretudo pelo aumento do volume exportado, enquanto o efeito mix perde importância relativa. Assim, a reprimarização deixa de operar apenas pela mudança do que se exporta e passa a ocorrer pela ampliação da escala e da intensidade produtiva.

Quando se observa a dominância do efeito composição no agregado setorial, esse resultado fica ainda mais evidente. Na agricultura e produção florestal, o efeito mix responde por 5,02 p.p. do aumento total de 4,50 p.p., superando amplamente o efeito nível e a realocação geográfica. Padrão semelhante ocorre na pecuária, em que o efeito mix contribui com 4,89 p.p. de um aumento total de 5,76 p.p., constituindo o principal componente da carbonização associada ao setor externo.

5. Considerações finais

Os resultados deste artigo indicam que a reprimarização da pauta exportadora brasileira na década de 2010 deve ser compreendida não apenas como um processo de especialização produtiva e

comercial, mas como uma forma de especialização em emissões. Ao decompor as emissões associadas às exportações em efeitos de intensidade, tecnologia, nível, mix de produtos e composição geográfica, a evidência aponta que o crescimento emissivo esteve ancorado em mudanças estruturais do padrão exportador, em particular, na expansão do peso relativo de setores primários e na reorganização dos destinos comerciais. No agregado de 2010–2021, as emissões associadas às exportações cresceram a uma taxa média anual de 4,4%, com predominância do efeito nível e do mix de produtos, acompanhados por contribuições positivas da intensidade das emissões e da tecnologia. A leitura conjunta dessas magnitudes sugere que a dinâmica recente não foi apenas quantitativa, mas refletiu uma alteração estrutural do perfil exportador, com aumento do conteúdo emissivo médio das vendas externas.

A dimensão geográfica do comércio apresenta papel qualitativamente decisivo para essa transformação. A decomposição por destinos revela forte assimetria: o crescimento emissivo concentrou-se na expansão das exportações destinadas à China, enquanto União Europeia, Argentina e Resto do Mundo perderam participação relativa na pauta. Assim, o aumento das emissões não decorre de retração desses mercados, mas da redistribuição geográfica das exportações em direção a um parceiro cuja demanda se concentra em produtos primários de elevada intensidade emissiva. A mudança do padrão geográfico, portanto, altera o conteúdo ambiental do comércio ao deslocar o peso do setor externo para segmentos mais intensivos em emissões.

Do ponto de vista setorial, os resultados reforçam que a elevação das emissões exportadas esteve fortemente concentrada em atividades primárias. A pecuária constitui o principal vetor do crescimento emissivo no período 2010–2021, seguida pela agricultura e produção florestal, enquanto os setores industriais apresentam contribuições próximas de zero. Essa configuração decorre da elevada heterogeneidade das intensidades emissivas entre grupos: em um sistema em que setores primários possuem intensidade de emissão muito superior à das manufaturas, pequenas alterações de participação na pauta exportadora produzem efeitos desproporcionais sobre as emissões totais.

A comparação entre os subperíodos 2010–2014 e 2015–2021 evidencia uma mudança qualitativa no mecanismo de crescimento das emissões associadas às exportações. No primeiro intervalo, o aumento emissivo esteve predominantemente ligado à recomposição setorial da pauta, isto é, à ampliação relativa de setores intensivos em emissões. No segundo, o crescimento passa a ser mais associado à expansão do volume exportado, embora a reprimarização permaneça relevante, respondendo por cerca de um quarto do aumento total das emissões.

Nesse sentido, a reprimarização se impõe como elemento estrutural da dinâmica emissiva brasileira associada ao comércio exterior. Os resultados sugerem que estratégias de crescimento apoiadas no setor externo, quando ancoradas em commodities primárias, tendem a gerar um trade-off

estrutural entre desempenho exportador e metas climáticas, especialmente em economias caracterizadas por forte heterogeneidade emissiva setorial.

Ademais, observou-se que parte do aumento das emissões esteve associada à intensificação dos encadeamentos produtivos domésticos. Embora, em princípio, maior integração das cadeias produtivas represente ganho de densidade econômica, no padrão recente ela ocorre predominantemente em setores de elevada intensidade emissiva, em especial a pecuária, de modo que o aprofundamento produtivo passa a ampliar o conteúdo de carbono das exportações.

Nesse sentido, o Brasil precisa direcionar esforços para uma estratégia de diversificação produtiva, capaz de reduzir a dependência de setores primários intensivos em emissões. Esses esforços, contudo, devem cumprir um mandato duplo: promover uma mudança estrutural em direção a produtos mais complexos e, simultaneamente, contribuir para a redução da intensidade emissiva da economia.

Entretanto, políticas de natureza estrutural demandam tempo para produzir efeitos. Esse fato confere centralidade às políticas de controle do desmatamento, que, além de serem relativamente menos custosas quando comparadas a estratégias de transição energética, reconversão industrial ou eletrificação de setores finais de energia, apresentam elevado potencial de redução rápida das emissões. De fato, as evidências apresentadas neste artigo sugerem que, enquanto persistirem elevadas taxas de desmatamento - particularmente aquelas associadas à expansão da pecuária, os ganhos oriundos da diversificação produtiva e das mudanças tecnológicas tenderão a ser insuficientes para conter o crescimento das emissões associadas às exportações.

Referências

AMARAL, Felipe; FREITAS, Fabio; CASTILHO, Marta Reis. International trade, regressive specialization, and competitiveness: a decomposition for the growth of Brazilian exports between 1995 and 2014. Rio de Janeiro: Instituto de Economia da UFRJ, 2020. (Texto para Discussão, n. 011).

ALVARENGA, Marcio. Towards a structural carbonization of the Brazilian economy: the implications of recent structural changes for the country's greenhouse gas emissions. Tese (Doutorado em Economia) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

ALVES-PASSONI, Patieene. Desindustrialização e especialização regressiva na economia brasileira entre 2000 e 2014: uma avaliação crítica com base na análise de insumo-produto. Rio de Janeiro: BNDES, 2023.

ALVES-PASSONI, P. *Brasil e México: especialização comercial e composição dos fluxos ajustados por preços relativos (2002–2019). Revista de Economia Contemporânea, v. 30, p. 1–32, 2026.*

ALVES-PASSONI, Patieene; FREITAS, Fabio. Como deflacionar matrizes insumo-produto? Uma proposta de uma série deflacionada para o Brasil no SCN 2010. Texto para Discussão n. 030. Rio de Janeiro: IE/UFRJ, 2022.

ALVES-PASSONI, Patieene; NERIA, Antonio B. Determinants of growth in Mexico and Brazil between 2003 and 2018: a demand-led decomposition of growth using input-output tables. Review of Political Economy, v. 35, n. 3, p. 670-686, 2023.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos; MARCONI, Nelson. Existe doença holandesa no Brasil? In: BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos (org.). Doença holandesa e indústria. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010. p. 207-230.

CASTILHO, Marta; COSTA, Karina G. V.; TORRACCA, Julia F. A importância do mercado latino-americano e da competição chinesa para o desempenho recente das exportações brasileiras de produtos manufaturados. Análise Econômica, v. 37, n. 72, 2019.

CASTILHO, Marta; PUCHET, Martín. Commercial integration and the structure of trade flows in Latin America. In: LIONELLO, P.; CARMEM, F.; ANYUL, M. P. (ed.). Beyond the global crisis: structural adjustments and regional integration in Europe and Latin America. New York: Routledge, 2012.

COSTA, Karina V.; COSTA, Leonardo; YOUNG, Carlos E. F. Identifying the sources of structural changes of greenhouse gas emissions in Brazil: an input-output analysis from 2000 to 2020. In: PASQUALINO, R. et al. Energy transition in Brazil: innovation, opportunities and risks. Exeter: University of Exeter, 2023.

COUTINHO, Luciano. A especialização regressiva: um balanço do desempenho industrial pós-estabilização. In: Brasil: desafios de um país em transformação. Rio de Janeiro: José Olympio, 1997.

CUNHA, André Moreira; GOMES DE LIMA, Marcos; LÉLIS, Marcos Tadeu Caputi. Desempeño de las exportaciones de China y el Brasil hacia América Latina, 1994-2009. Revista CEPAL, n. 106, 2012.

DIETZENBACHER, Erik; LOS, Bart. Structural decomposition techniques: sense and sensitivity. Economic Systems Research, v. 10, n. 4, p. 307-324, 1998.

GRAMKOW, Camila L. Da restrição externa às emissões de gases do efeito estufa: uma análise da insustentabilidade econômica e ambiental do atual modelo econômico brasileiro. Dissertação (Mestrado em Economia) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

HIRATUKA, Célio; SARTI, Fernando. Transformações na estrutura produtiva global, desindustrialização e desenvolvimento industrial no Brasil. Revista de Economia Política, v. 37, n. 1, 2017

IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de contas nacionais: Brasil: 2021: notas técnicas. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em:

KUPFER, David. Trajetórias de reestruturação da indústria brasileira após a abertura e a estabilização. Tese (Doutorado em Economia) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

MAPBIOMAS PROJECT. Collection 9 of the Annual Series of Land Use and Land Cover Maps of Brazil. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/estatisticas/. Acesso em: 15 nov. 2025.

MEDEIROS, Carlos Aguiar de. Inserção externa, crescimento e padrões de consumo na economia brasileira. Brasília: IPEA, 2015.

MILLER, Ronald E.; BLAIR, Peter D. Input-output analysis: foundations and extensions. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

NASSIF, André; CASTILHO, Marta Reis. Trade patterns in a globalised world: Brazil as a case of regressive specialisation. Cambridge Journal of Economics, v. 44, n. 3, p. 671-701, 2020.

NEVES, José Pedro Bastos. Mudança estrutural na economia brasileira entre os anos 2000 e 2008: uma análise de decomposição estrutural. Dissertação (Mestrado em Economia) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MACHADO, Giovani; SCHAEFFER, Roberto; WORRELL, Ernst. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: an input-output approach. Ecologic.

SECEX/MDIC — Secretaria de Comércio Exterior. Estatísticas de comércio exterior em dados abertos: base de dados bruta. Brasília: MDIC, 2024.

TORRACCA, Julia Ferreira. Coevolução das estruturas de produção e comércio exterior da indústria brasileira: convergência ou desarticulação? Tese (Doutorado em Economia) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

TORRACCA, Julia F.; KUPFER, David. A evolução da taxa de câmbio efetiva real setorial e a mudança estrutural no padrão de comércio da indústria brasileira. Anais do Encontro Nacional de Economia, 2014.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. Economic adjustment policies and the environment: a case study of Brazil. Tese (PhD in Economics) — University College London, London, 1996.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann; LUSTOSA, Maria Cecília Junqueira. Meio ambiente e competitividade na indústria brasileira. Revista de Economia Contemporânea, v. 5, n. 1, p. 231-259, 2001.

Tabela 6 - Classificação setorial proposta pelo GIC/UFRJ

Código	Nome do setor
Agricultura e produção floresta	
0191	Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita
0280	Produção florestal; pesca e aquicultura
Pecuária	
0192	Pecuária, inclusive o apoio à pecuária
Commodities agrícolas	
1091	Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca
1092	Fabricação e refino de açúcar
1093	Outros produtos alimentares
1200	Fabricação de produtos do fumo
1700	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
Commodities industriais	
0580	Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos
0680	Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio
0791	Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração
0792	Extração de minerais metálicos não ferrosos, inclusive beneficiamentos
1991	Refino de petróleo e coquerias
1992	Fabricação de biocombustíveis
2091	Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros
2491	Produção de ferro gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura
2492	Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais
2500	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
Indústria Tradicional	
1100	Fabricação de bebidas
1300	Fabricação de produtos têxteis
1400	Confecção de artefatos do vestuário e acessórios
1500	Fabricação de calçados e de artefatos de couro
1600	Fabricação de produtos da madeira
1800	Impressão e reprodução de gravações
2092	Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos
2093	Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal
2200	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
2300	Fabricação de produtos de minerais não metálicos
3180	Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas
Indústria inovativa	
2100	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
2600	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
2700	Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos
2800	Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
2991	Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças
2992	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
3000	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores

Fonte: Elaboração propria a partir de Torracca e Kupfer (2014).