



Comércio em valor adicionado e emissões de gases efeito estufa: uma análise sobre a relação de comércio bilateral Brasil e China em 2016

Tiago R. F. Barcelos¹

Kaio Vital da Costa²

Resumo: O objetivo deste artigo é analisar as relações intersetoriais do comércio bilateral entre Brasil e China, em termos econômicos e ambientais, nas transações do ano de 2016. Por meio do exercício metodológico desenvolvido em Chen et al. (2021), aplicado sobre a matriz multirregional UNCTAD-EORA, foram estimados o valor adicionado e as emissões de gases efeito estufa incorporados nos fluxos de bens e serviços para 26 setores. Em geral, os resultados chamam atenção sobre a formação de uma relação divergente entre os países, no qual o Brasil tem é caracterizado pela concentração da pauta exportadora em bens primários industriais básicos, enquanto a China demonstra uma maior diversificação produtiva e dinamização global. A análise demonstra que o volume de transações, estrutura e capacidade produtiva incidem diretamente sobre o nível de emissões setoriais, que são transferidos e distribuídos por meio dos fluxos de comércio internacional. Identificamos que o sucesso de crescimento econômico chinês tem sido acompanhado pelo aumento progressivo de emissões gases efeito estufa, que são incorporados nos bens e serviços comercializados com o Brasil, representados principalmente pelo comércio do grupo de bens de capital e industriais chineses. No caso dos fluxos de bens e serviços do Brasil com destino a China, as emissões foram mais representativas para os setores de transporte e de commodities. Portanto considerando a forte concentração da indústria manufatureira em território chinês, a especialização brasileira no setor de commodities, a parceria estratégica dos países e os respectivos níveis de emissões, destacamos sobre a importância da consideração dos efeitos das emissões baseadas na produção e baseadas no consumo para elaboração de políticas comerciais e industriais, com foco no enfrentamento da crise de mudanças climáticas.

Palavras-chave: Análise insumo-produto; Comércio internacional; Emissões de GEE.

Código JEL: F18; Q51; Q54

Área Temática: 2.2 Comércio Internacional e cadeias de valor

Trade in value added and greenhouse gas emissions: an analysis in the bilateral trade of Brazil and China in 2016

Abstract: The objective of this paper is to analyze of intersectoral bilateral trade between Brazil and China, in economic and environmental terms, in transactions in 2016. Through the methodological

¹Doutorando do Instituto de Economia/Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ) (barcelos.tiago046@gmail.com).

² Professor associado e pesquisador do Grupo de Indústria e Competitividade (GIC) do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ) (e-mail: kaio.economia@gmail.com).

exercise developed in Chen et al. (2021) and applied to the UNCTAD-EORA multiregional matrix, the value added and greenhouse gas emissions embodied in trade were estimated. In general, the results draw attention to a divergent relationship between the countries, in which Brazil has been characterized by the concentration in primary exports, while China shows greater diversification and global productive dynamism. The analysis demonstrates that the volume of transactions, structure, and productive capacity have a direct impact on the level of sectorial emissions, which are distributed by international trade flows. We identified that the success of Chinese economic growth has been followed by a progressive increase in greenhouse gas emissions, which are incorporated into the goods and services traded with Brazil, represented mainly by trade in capital and industrial goods. In trade flows from Brazil to China, the emissions were more representative for the transport and commodities sectors. Therefore, considering the strong concentration of manufacturing industry in Chinese territory and the Brazilian specialization in the commodities sector, and their respective levels of emissions, we highlighted the importance of considering the effects of production-based and consumption-based emissions for trade and industrial policymaking, focus on addressing the climate change issue.

Keywords: Input-output analysis; International trade; GHG emissions.

1 Introdução

Os estudos recentes sobre a relação entre o comércio internacional e meio-ambiente tem sido pautado pelas questões de mudanças climáticas, fenômeno associado ao aumento da temperatura média terrestre decorrente da maior concentração de gases efeito estufa na atmosfera (GEE) (IPCC, 2007). Segundo o relatório da Organização Mundial do Comércio (OMC) (WTO, 2022) o acirramento da crise climática impõe dificuldades futuras para a produção de bens e serviços ao redor do mundo, principalmente em áreas mais vulneráveis, e que tem potencial de alterar toda a dinâmica do sistema comercial global. Neste cenário, a estratégia para a redução de custos econômicos e ambientais tem sido baseada no direcionamento de esforços para adoção de medidas de adaptação climática e mitigação das emissões de GEE.

Segundo o relatório da Organização Mundial do Comércio (OMC) (WTO, 2021), os principais fatores determinantes das emissões incorporadas no comércio internacional estão vinculados ao: (1) tamanho da economia; (2) composição setorial dos fluxos comerciais; (3) a formação de cadeias globais de valor (CGV); (4) transporte; e (5) eficiência energética dos sistemas de produção. Nessas condições, a contabilização das emissões de GEE incorporadas no comércio internacional (EEIT, sigla em inglês), tem sido uma medida importante para o entendimento da dinâmica de transferência de poluição por meio dos fluxos comerciais e que auxiliam na elaboração de políticas consistentes. Fundamentalmente, as métricas de EEIT permitem a contabilização as emissões do tipo territorial, que estão vinculadas as emissões locais gerada pela produção, e as emissões incorporadas pelo consumo de insumos e bem finais entre países (STEINBERGER et al., 2012).

Nesse contexto, considerando a dinâmica de distribuição de emissões de gases efeito estufa pelas relações de produção e consumo internacionais, propomos um estudo sobre os efeitos econômicos e ambientais incorporado nas relações de comércio bilateral entre Brasil e China. A seleção dos dois países é motivada pela representatividade comercial destas duas grandes economias em desenvolvimento, que é definida como uma parceria estratégica e expressa por meio de acordos cooperação comercial e de investimentos em grande escala.

Entretanto, a evolução das transações comerciais e de desenvolvimento destes dois países tem percorrido trajetórias divergentes. Por um lado, a China tem sido considerada um fenômeno mundial deste século, apresentando elevadas taxas de crescimento econômico lideradas pelo aumento da participação da indústria, que contribuem para ampliação da inserção do país em posições de maior competitividade internacional. Por outro lado, o Brasil sofre de redução na participação do setor industrial na economia, tendo sua pauta redirecionada a produção de bens primários e de atividades baixo nível de processamento, devido ao aumento da demanda global, principalmente da China

(STURGEON et al., 2013).

Adicionalmente, para além da dimensão econômica, são observados que os países também apresentam divergências sobre a dimensão ambiental. Os resultados econômicos positivos alcançados pela China tem sido acompanhado de um aumento progressivo nas taxas de emissões GEE, ao passo que o Brasil apresenta níveis de emissões relativamente mais baixos e estáveis. Desta forma, a China tem enfrentado o desafio de desacoplar o crescimento econômico do aumento de emissões de GEE, ao mesmo tempo em que o Brasil se esforça para a retomada de um modelo de industrialização sustentável e compatível às demandas ambientais contemporâneas.

A partir destas considerações, este estudo busca promover uma análise que estima os efeitos econômicos e ambientais associados às relações de produção e comércio bilateral entre Brasil e China. Com referencial metodológico em Chen et al. (2021), propomos uma análise insumo produto sobre a matriz multirregional UNCTAD-EORA, que agrupa dados para 26 setores, estimando a incorporação de valor adicionado e de emissões de GEE – para as fontes de emissões de CO₂ (gás carbônico), CH₄ (gás metano) e N₂O (óxido nitroso) – nos fluxos de bens e serviços comercializados entre os países, no ano de 2016. A seleção do ano de 2016 para esta análise, primeiro, tem relação com a disponibilidade mais recente de dados abertos da base utilizada, mas que também é contextualizado como sendo um período de queda das transações de comércio internacional, principalmente da China, associados à uma desaceleração leve da demanda global.

A principal contribuição deste trabalho consiste em demonstrar como resultados econômicos, em termos de incorporação de valor adicionado, são traduzidos em resultados ambientais, em termos de emissões de GEE, oferecendo uma visão agregada e multidimensional das externalidades geradas pelas relações comerciais.

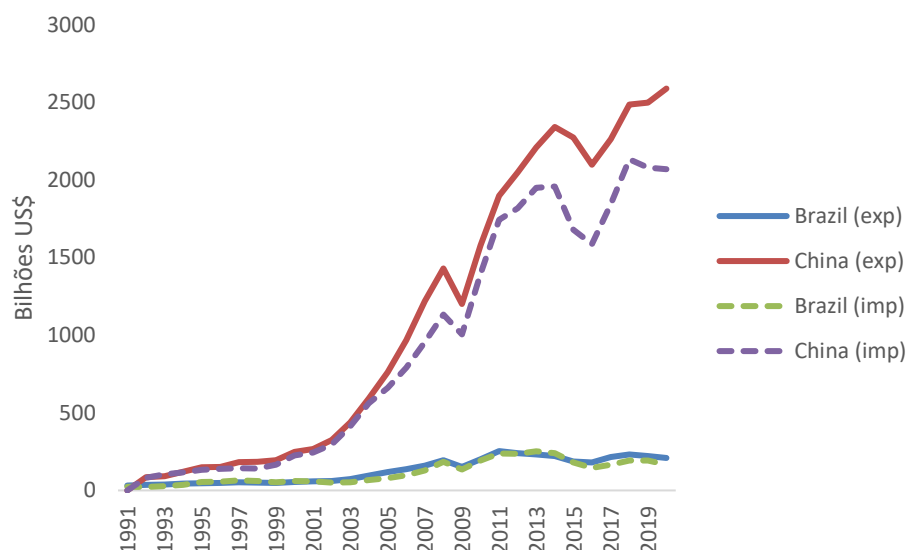
Portanto, além desta introdução, apresentamos uma breve contextualização sobre a inserção internacional e o padrão de emissões de GEE dos países objeto da análise. Em seguida, uma seção explica a metodologia e base de dados utilizada para, posteriormente, discutir os principais resultados obtidos. Por fim, encerramos a discussão com as considerações finais.

2 Contextualização

2.1 Inserção comercial internacional de Brasil e China no período recente

Para observarmos a inserção comercial internacional de Brasil e China, é importante considerarmos os dados brutos de comércio, que informam sobre a participação externa dos países por meio do volume, em US\$, de bens e serviços comercializados. Com base nos dados da *World Integrated Trade Solutions* (WITS), o Gráfico 1 apresenta a evolução das exportações e importações brutas dos dois países, no período de 1991 a 2019, considerando as transações totais realizadas com todos os países do mundo.

Gráfico 1– Evolução das exportações e importações brutas de Brasil e China, no período 1991-2019



Fonte: Elaboração própria com dados da WITS.

Como mostra o Gráfico 1, ao longo do século XXI temos uma trajetória crescente das exportações chinesas, que modificou alguns padrões tradicionais de comércio internacional. A formação de um complexo industrial manufatureiro forte no continente asiático, que tem a China na dianteira, contribuíram para expansão e internacionalização da produção na região, sendo capaz de expandir seus mercados e parceiros comerciais (OLIVEIRA, 2016). Segundo o *National Bureau of Statistics of China* (NBSC) (2013), no período de 2001 a 2012, mesmo após a crise financeira de 2008, as exportações de bens e serviços chineses aumentaram 670% e as importações 645%, resultando em um saldo comercial positivo de USD 230 bilhões ao final do período. Em relatório mais recente, NBSC (2021), são apresentados a continuidade dessa trajetória ascendente, acumulando US\$ 523,9 bilhões em saldo comercial, no ano de 2020.

Para o caso do Brasil, os dados demonstram que as exportações e importações se mantiveram sobre o mesmo patamar ao longo de todo o período. Atualmente, o país tem seus principais mercados na região da América do Sul e Ásia, com destaque para a China – principal parceiro comercial desde 2009 (OLIVEIRA, 2016) –, que segundo dados da WITS (2022), respondeu por 22.09% das exportações totais brasileiras no ano de 2020. A pauta exportadora brasileira tem nos setores primários e intermediários básicos – principalmente de alimentos, minérios e combustíveis – seus grandes representantes e que tem possibilitado a geração de superavit comercial ao país (BCB, 2021).

2.2 Relação comercial Brasil e China

A aproximação comercial da América Latina e Ásia foi estabelecida ao longo do período de toda Guerra Fria. O modelo comercial traçado entre os continentes se encaixava no padrão “centro-periferia”, no qual a América Latina se colocava como grande fornecedora de matérias-primas e bens agrícolas, em troca de bens de capital e manufaturados asiáticos (posição esta que, em geral, se mantém na atualidade). Neste primeiro momento, o principal parceiro comercial brasileiro do continente era o Japão, país que tinha maior capacidade de oferecer os fluxos de bens demandados (OLIVEIRA, 2016).

Ao final da guerra, as mudanças políticas e econômicas inserem novas possibilidades comerciais, de tal que forma que o Leste Asiático desponta como uma região estratégica para a inserção internacional brasileira. Em 1992, a China inicia a retomada do seu processo de desenvolvimento e, em 1993, formaliza uma parceria comercial estratégica com o Brasil, antes mesmo de sua entrada na Organização Mundial do Comércio (OMC), mantendo uma relação bilateral de cooperação através de fluxos comerciais e de investimentos em grande escala (JENKINS, 2012).

A parceria teve impacto sobre o padrão de comércio brasileiro com os blocos econômicos, de forma que em 2009 a Ásia passa a ser o principal destino das exportações – 26,3% das exportações totais –,

assim como a principal origem das importações – 28,3% das importações totais –. O papel da China na modificação deste padrão é central, de forma que no período de 2002 a 2013, sua participação relativa passa de 4,2% para 19%, o que torna a China o principal parceiro comercial brasileiro desde então (OLIVEIRA, 2016).

A crescente inserção e diversificação da indústria asiática, principalmente após a crise financeira de 2008, tem contribuído para o aumento de sua participação relativa no total de transações internacionais globais, se tornando um parceiro comercial fundamental para diferentes regiões. Segundo dados da *World Trade Integrated Solution* (WITS), a China mantém-se como principal parceiro comercial para o Brasil, representando 32,41% das exportações totais brasileiras no ano de 2020. Por outro lado, no caso das exportações chinesas com destino ao Brasil, nota-se que o país representa apenas 1,35% em relação ao total exportado no mesmo ano. A Tabela 1 abaixo demonstra a divisão das exportações por grupo de produtos exportados entre os países.

Tabela 1 – Exportações Brasil e China por grupo de produtos, para o ano de 2020

Grupo de Produtos	BRA_CHN		CHN_BRA	
	Exportações (milhões US\$)	Exportações (%)	Exportações (milhões US\$)	Exportações (%)
Bens de capital	240496.07	0.7	16235164.72	46.45
Bens de consumo	284950.88	0.42	9252689.51	26.47
Bens intermediários	7600979.01	11.21	9121698.32	26.10
Matéria-prima	59661649.25	88.01	273170.81	0.78
Todos os produtos	67788075.21	100	34953227.52	100

Fonte: elaboração própria com base nos dados da WITS.

Como mostra a Tabela 1, além da disparidade em termos de representatividade relativa de comércio, os países apresentam características bastante divergentes com relação ao conteúdo exportado. A pauta brasileira se mantém concentrada em atividades primárias, representando 88,01% das exportações relativas do país. Em contrapartida, a China apresenta uma participação mais diversificada entre os grupos de produtos, contabilizando 46,45% para bens de capital, que, em geral, possuem maior nível de valor agregado. A composição baseada em produtos industriais tem efeito positivo sobre o aumento do valor agregado da pauta produtiva e exportadora chinesa, favorecendo desenvolvimento doméstico industrial e tecnológico, expandindo seus mercados e ampliando parcerias na América do Sul.

Neste ponto, destacamos que a mudança de patamar do desenvolvimento chinês, impulsionadas pelo crescimento da indústria manufatureira, pode ter um efeito polarizado sobre a estrutura produtiva brasileira. Por um lado, a China é o principal parceiro comercial brasileiro, atuando como grande fornecedor de insumos industriais e sendo fundamental para a geração de superavit comercial na balança comercial devido à absorção das exportações brasileiras. Por outro lado, o movimento ascendente da indústria chinesa pode restringir o crescimento da indústria brasileira, devido ao ganho de competitividade dos produtos chineses e sua inserção na região sul-americana (SENNES, BARBOSA, 2011).

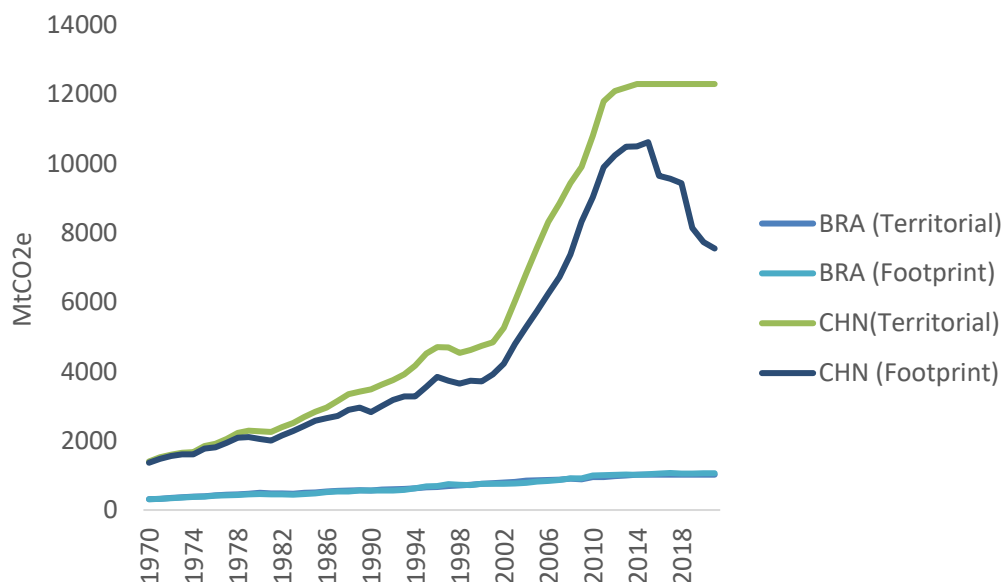
Portanto, o relacionamento entre Brasil e China é permeado pela diversidade de interesses econômicos, e que definem um tipo de relação comercial do tipo heterogênea e estratégica, pois impacta diretamente o desenvolvimento produtivo do país. Em seguida, buscando observar os reflexos desta interação comercial para além do plano econômico, apresentamos uma descrição da evolução das emissões de gases efeito estufa associadas ao padrão de produção e consumo dos países.

2.3 Padrão de emissões de gases efeito estufa: Brasil e China.

Em geral, a geração de emissões para a produção e comércio estão vinculadas, direta e indiretamente, às características das estruturas produtivas dos países e suas respectivas fontes energéticas. O Gráfico 2 demonstra a evolução histórica das emissões de Brasil e China, no período de

1970 a 2021. Os dados apresentam as emissões dos tipos: territoriais, definidas como emissões, em milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e), oriundas da produção, que são geradas nos limites geográficos de cada país; e as de pegada de carbono, que contabiliza as emissões por meio do consumo de bens e serviços produzidos em outros países.

Gráfico 2– Evolução das emissões de GEE, no período de 1970-2021: Brasil e China



Fonte: Elaboração própria com dados do PRIMAP-dataset.

*O *PRIMAP-hist* combina dados que oferecem cobertura as emissões de GEE (definidas em Kyoto) de cada país, em série histórica de 1750-2021, que é utilizado como padrão para as publicações da UNFCC (Gütschow et al., 2016).

No período analisado, para o caso da China, nota-se que o aumento da participação da indústria chinesa foi acompanhado do aumento progressivo das emissões de GEE, que são dinamizados ao redor do mundo por meio da incorporação de emissões nos fluxos de bens e serviços exportados. O aprofundamento da integração chinesa nas redes de produção globais, as denominadas cadeias globais de valor (CGV), que expandiu suas relações de comércio internacional, refletem em aumento da demanda por recursos e energia e, por conseguinte, das emissões de CO₂, se tornando uma preocupação proeminente (PETERS et al., 2011). Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE, 2019), as emissões de CO₂ da China foram de 9.570,8 Mt em 2018, representando 28,56% das emissões globais.

Analisando historicamente a composição das emissões chinesas, Gütschow et al. (2016) demonstram que a partir do final da década de 1980, a China foi capaz de reduzir as emissões por mudança no uso da terra³, feito que já tinha sido alcançado pelos países industrializados (Estados Unidos, União Europeia e Japão) e que, a partir de 2009, passa a ter como principal componente das emissões totais a geração de energia. No Gráfico 3, são apresentados a composição das emissões totais chinesas, divididas setorialmente em: energia, processos industriais, agricultura, uso da terra e geração de resíduos.

³ As principais fontes de emissões por mudança no uso da terra são causadas pelo processo de desmatamento de áreas de floresta, que eram os principais componentes das emissões totais globais nos períodos pré-industriais (Gütschow et al., 2016).

Gráfico 3– Composição setorial das emissões de CO₂e chinesas, no período de 1990-2016



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Climatewatch.

No período de 2009 a 2016, segundo dados da Climatewatch, as principais fontes das emissões chinesas, em MtCO₂e, foram em média: a geração de energia (48%), que agrega as emissões para geração de eletricidade do consumo populacional e atividades produtivas; agricultura (25%), incorporando também as emissões geradas pela pecuária; uso da terra (10%); e processos industriais (8%) (CW, 2023).

A intensidade de emissões chinesas tem relação com a composição de sua matriz energética. Bloch et al. (2015) demonstra que o processo de crescimento econômico chinês tem sido conduzido por três fontes principais de energia: carvão mineral, petróleo e energias renováveis, mas que, as participações mais significativas sobre o crescimento, pelo lado da demanda e da oferta, são geradas pelas fontes não renováveis de energia.

Desta forma, o país enfrenta o desafio de desacoplar o crescimento econômico do aumento de emissões de GEE. No 75º Assembleia Geral das Nações Unidas, em 2020, o país anunciou que atingirá o pico das emissões de carbono em 2030 e sua neutralidade em 2060 (XI, 2020), indicando que tem direcionado esforços para a diversificação da matriz energética⁴ e buscando migrar para fontes renováveis. As medidas anunciadas demonstram uma postura de comprometimento do governo chinês na promoção de uma estratégia de compensação às externalidades negativas ambientais (ZANDONAI, 2015), e que potencializa a transição para uma economia de baixo carbono.

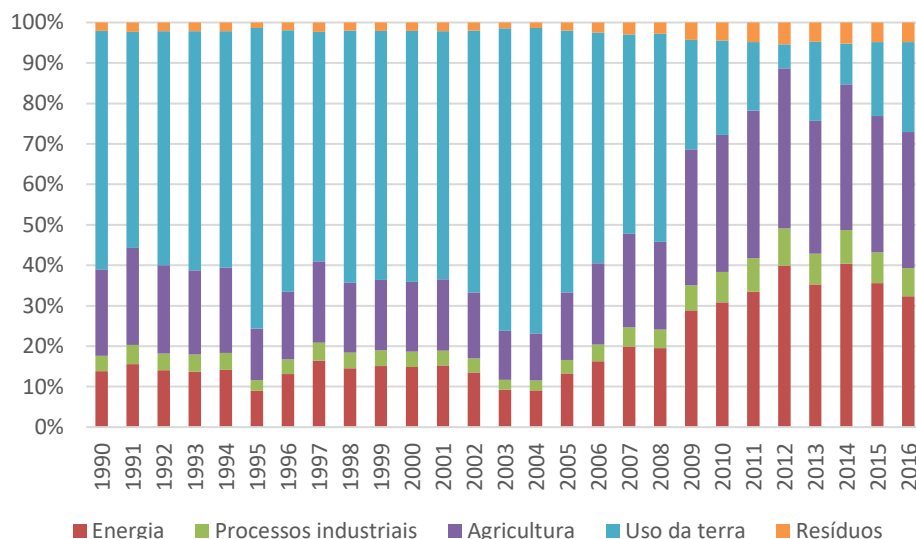
Nesse sentido, de acordo com os dados do Primap-hist (Gráfico 2), é possível notar que a trajetória de crescimento das emissões chinesas tem desacelerado, o que, por um lado, é observado com certo otimismo diante dos planos anunciados, mas que, por outro lado, exige maior tempo e cuidado para análise, a fim de validar se estes são efeitos temporários ou de longo prazo (KORSBAKKEN et al., 2016). Adicionalmente, é importante considerar que a participação ativa da China nas relações de comércio exterior e em CGV, criam uma dinâmica de incorporação de emissões por meio do consumo de insumos de outros países (DING et al., 2018). Deste modo, como o crescimento comercial chinês depende da participação em CGV, o cumprimento das metas de redução de carbono desenhadas deve, logicamente, empenhar-se sobre a garantia da sustentabilidade e redução de emissões incorporadas nas relações inter-setoriais de CGVs.

Analisando agora o caso do Brasil. O país mantém uma posição relativamente favorável e estável nos indicadores de emissões de GEE, que são explicados por uma conjunção de fatores. Primeiramente,

⁴ Aprovação do Plano Nacional de Mudanças Climáticas da China (Zandonai, 2015) e a introdução de políticas de Energia Renovável e Eficiência Energética (sigla em inglês, REEE) em setores estratégicos (indústria, transportes, construção) (Lo, 2014).

devido a sua abrangência territorial e elevada dotação de recursos naturais⁵, o Brasil detém uma matriz energética mais diversificada, que conta com uma forte participação de fontes renováveis⁶, tornando-o menos dependente dos combustíveis fósseis. Dadas estas condições, a estrutura produtiva brasileira é considerada uma estrutura de baixo carbono, se comparada as economias de países da OCDE e outros emergentes (OCDE, 2015). Entretanto, é importante mencionar que o país é um dos maiores consumidores de energia do mundo e que também apresenta estruturas urbanas e industriais densas, que contribuem para o aumento das emissões globais (OLIVEIRA et al., 2020). O Gráfico 4 demonstra a evolução setorial das emissões brasileiras.

Gráfico 4– Composição setorial das emissões de CO₂e brasileiras, no período de 1990-2016



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Climatewatch.

A composição setorial das emissões brasileiras é caracterizada por grandes percentuais do setor de agricultura e uso da terra. A formação de uma estrutura produtiva para exportação intensiva no setor de agricultura agregado⁷, nos auxilia na compreensão desta proporção em nível, a qual representa cerca de 15% das transações totais no mercado global. No entanto, dada a composição da matriz energética brasileira, Montoya et al. (2021) argumentam em defesa do perfil exportador brasileiro “limpo”, demonstrando que 76% da energia incorporada nas exportações do setor de agricultura agregado são de fontes renováveis e que, portanto, no comércio internacional, o Brasil encontra-se em uma posição na qual incorpora mais emissões por meio do consumo do que pela produção.

No entanto, um problema importante e característico da especialização brasileira no setor de agricultura está relacionado às emissões por mudança de uso da terra, que de acordo com o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases Efeito Estufa (SEEG) (2021), representaram 46% das emissões totais brutas no ano de 2020. Apesar de uma redução significativa das emissões por essa fonte no período de 2003 a 2012, a expansão do modelo de produção agropecuária sobre o território brasileiro tem sido causa da elevação do custo ambiental, por meio da expansão do desmatamento ilegal em áreas de floresta nativa, que atingem, principalmente, os biomas Amazônia e Cerrado (PEREIRA, 2020; SEEG, 2021). Nesta condição, por um lado, o Brasil tem sido um dos maiores responsáveis pelo aumento das emissões globais – ocupando a quinta posição global entre os países de poluição climática, responsável por 3,2% das emissões totais mundial (SEEG, 2021) –, que estão associados, em grande proporção, ao

⁵ O Brasil é o quinto maior país do mundo, com a maior biodiversidade e que abriga a Amazônia, maior floresta tropical do mundo. Seu território concentra cerca de 12% de toda água doce disponível, assim como grandes reservas minerais e de hidrocarbonetos (OCDE, 2015).

⁶ Segundo Montoya et al. (2021), do consumo total de energia no Brasil, 47,5% são de fontes renováveis (principalmente, hidráulico, etanol e eólica), enquanto as fontes não renováveis (diesel, gasolina e gás natural) respondem por 52,45%.

⁷ Usualmente, a classificação agregada do setor de agricultura é definida pelos setores 1. Agricultura, Pecuária e Silvicultura, 5. Abate, carne, laticínios, ..., 6. Tabaco, 7. Têxteis, 8. Vestuário, 9. Calçado, 10. Produtos de madeira, 11. Celulose e papel, e 14. Biocombustíveis (Montoya et al., 2021).

desmatamento (GUTSCHOW et al., 2016), mas que, por outro lado, estas emissões acabam não sendo computadas nas métricas de produção e consumo tradicionais, e que, portanto, devem ser complementadas com outros indicadores quantitativos e qualitativos.

Portanto, as trajetórias de Brasil e China assinalam a existência de diferentes mecanismos de transmissão de efeitos ambientais através das relações comerciais e de produção. Nesse sentido, a partir desta perspectiva ambiental sobre as relações de comércio internacional, propomos a análise sobre os fluxos comerciais entre Brasil e China, no ano de 2016, a fim de observar a geração de emissões de GEE nas transações comerciais entre os países e sua distribuição por meio das relações de encadeamentos.

3 Metodologia

Inicialmente, consideramos as noções fundamentais do modelo insumo-produto de Leontief (1936), que expressa todas as relações setoriais necessárias para a produção total da economia. Sinteticamente, como em Miller e Blair (2009), se denotarmos x_i como a produção total do setor i , e por y_i a demanda final pelos produtos do setor i , nós podemos escrever uma equação simples que contabiliza como o setor i distribui seus produtos a outros n setores e a demanda final, tais como:

$$x_i = z_{i1} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + y_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + y_i$$

Em notação matricial:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Z}\mathbf{i} + \mathbf{y},$$

onde $\mathbf{x}$ é o vetor de produção, $\mathbf{Z}$ é a matriz de fluxos de insumos intermediários entre os setores, $\mathbf{y}$ é o vetor de demanda; e o termo i representa um vetor coluna de 1's (para a dimensão apropriada, neste caso, n), que é um componente algébrico para a multiplicação de matrizes.

Na análise de insumo produto, a relação de consumo intermediário entre dois setores, i e j , é medido pelo cálculo do coeficiente técnico a_{ij} , que é expresso como $a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j}$ ou $a_{ij}x_j = z_{ij}$. Então, aplicando as definições para n setores, temos:

$$x_n = a_{n1}x_1 + \dots + a_{ni}x_i + \dots + a_{nn}x_n + y_n = \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + y_i$$

Em termos matriciais:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{y}, \quad (1)$$

no qual a produção total $\mathbf{x}$ é dado pela soma da matriz de coeficientes de insumo $\mathbf{A}$ e pela demanda final $\mathbf{y}$. Partindo deste esquema, o sistema de produção clássico de Leontief pode ser definido como:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} = \mathbf{L}\mathbf{y}, \quad (2)$$

onde $\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ é denominado a matriz inversa de Leontief ou matriz de requisitos totais, que contabiliza todos os efeitos diretos e indiretos intersetoriais para produção. Desta forma, a ideia fundamental do modelo é de que a produção total $\mathbf{x}$ é determinada pelo consumo intermediário como uma proporção fixa do valor da produção, expresso pelo coeficiente técnico $\mathbf{A}$, e variações na demanda final $\mathbf{y}$ (MILLER, BLAIR, 2009).

Considerando estas relações fundamentais, realizamos um exercício matricial que objetiva analisar as interações setoriais produtivas interpaíses, considerando a existência e imersão em sistemas de produção globalmente compartilhados. Neste contexto, o método analítico mais apurado para medir a estrutura e capacidade produtiva dos países está baseado nas relações de comércio em valor adicionado. A condução da análise insumo-produto que incorpora estas questões são aplicadas sobre matrizes insumo-produto multirregionais (MRIO), que apresentam dados sobre os fluxos de bens e serviços transacionados entre setores de diferentes países (JOHNSON, NOGUERA, 2012). As informações são organizadas por uma lógica de destinação (colunas) e origem (linhas), como exemplifica a Tabela 2 abaixo.

Tabela 1 – Estrutura MRIO

Destino		Uso intermediário						Demanda Final			Produto total
		País 1			País G						
Fonte		Setor 1		Setor N	Setor 1		Setor N	País 1		País G	
País 1	Setor 1	Z^{ss}	...	Z^{ss}	Z^{st}	...	Z^{st}	F^{ss}	...	F^{st}	X^s
		$\vdots$	$\backslash$	$\vdots$	$\vdots$	$\backslash$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	Setor N										
País G	Setor 1	Z^{ts}	...	Z^{ts}	Z^{tt}	...	Z^{tt}	F^{ts}	...	F^{ts}	X^t
		$\vdots$	$\backslash$	$\vdots$	$\vdots$	$\backslash$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	Setor N										
V		v^1	...	...	v^t	...	...				
Produto total		$X^{1'}$	...	...	$X^{t'}$	...	...				

Fonte: Elaboração própria baseado em Lalanne (2022).

Como mostra a Tabela 2, considerando um mundo de G países, temos $\mathbf{Z}^{st}$ como uma matriz $n \times n$ de insumos intermediários produzidos no país s e usado no país t; $\mathbf{Y}^{st}$ é um vetor $n \times 1$ de demanda final produzidos no país s e consumido no país t, $\mathbf{X}^s$ é um vetor $n \times 1$ do produto do país s e $\mathbf{V}^s$ é um vetor $1 \times n$ de valor adicionado pelo país s; ' é o operador de transposta (LALANNE, 2022).

Nesta configuração, em termos matriciais, considerando que a produção total, $\mathbf{X}$, pode ser dividida entre bens intermediários e finais, $\mathbf{AX} + \mathbf{Y} = \mathbf{X}$, podemos escrever a equação clássica de Leontief (equação 1), em sua versão MRIO, como:

$$\mathbf{X} = \mathbf{AX} + \mathbf{Y} = \mathbf{A}^D \mathbf{X} + \mathbf{Y}^D + \mathbf{A}^F \mathbf{X} + \mathbf{Y}^F = \mathbf{A}^D \mathbf{X} + \mathbf{Y}^D + \mathbf{E}, \quad (3)$$

onde E são as relações intermediárias e finais externas, e $\mathbf{A}^D$ é uma matriz $NG \times NG$ bloco diagonal de coeficiente de insumo doméstico, dada por:

$$\mathbf{A}^D = \begin{bmatrix} \mathbf{A}^{ss} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mathbf{A}^{ss} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{A}^{gg} \end{bmatrix}$$

Desta forma, podemos definir a matriz bloco de coeficientes de insumo que está fora da diagonal principal como $\mathbf{A}^F$, sendo, portanto, uma a matriz de bloco de coeficientes de insumos importados $NG \times NG$, expressa como:

$$\mathbf{A}^F = \mathbf{A} - \mathbf{A}^D = \begin{bmatrix} 0 & \mathbf{A}^{su} & \dots & \mathbf{A}^{st} \\ \mathbf{A}^{us} & 0 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}^{ts} & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

A divisão entre $\mathbf{A}^D$ e $\mathbf{A}^F$ propicia uma decomposição simultânea da produção, tanto entre bens intermediários e finais, como pela localização da produção e consumo. Então, a partir dessas definições, podemos escrever a versão doméstica e a versão global da matriz inversa de Leontief, de acordo com

suas respectivas matrizes de coeficientes, da seguinte forma:

$$\text{Versão doméstica: } \mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A}^D)^{-1} \quad (4)$$

$$\text{Versão global: } \mathbf{B} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}, \quad (5)$$

Com base nestas definições, o método de estimação do valor adicionado para relações de compra e venda entre setores e países, desenvolvido por Johson e Noguera (2012) e Timmer et al. (2013) é expresso da seguinte forma:

$$\widehat{\mathbf{V}}\mathbf{Y} + \widehat{\mathbf{V}}\mathbf{A}\mathbf{Y} + \widehat{\mathbf{V}}\mathbf{A}\mathbf{A}\mathbf{Y} + \dots = \widehat{\mathbf{V}}(\mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}\mathbf{A} + \dots)\mathbf{Y} = \widehat{\mathbf{V}}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{Y} = \widehat{\mathbf{V}}\mathbf{B}\mathbf{Y} \quad (6)$$

Nesta equação, o termo $\mathbf{V} = \{v_i^k\} = \left\{ \frac{v_i^k}{x_i^k} \right\}$ remete ao vetor de valor adicionado do setor i do país k , em razão do produto total x do mesmo setor; e $\widehat{\mathbf{V}}$ é uma matriz diagonal de $\mathbf{V}$. O termo $\mathbf{B}$ é a versão global da inversa de Leontief e $\mathbf{Y}$ é uma matriz diagonal de demanda final. Cada elemento da matriz $\widehat{\mathbf{V}}\mathbf{B}\mathbf{Y}$ representa o valor adicionado (VA) de um setor de seu país de origem, que é usado direta ou indiretamente na produção de bens e serviços finais em um determinado país/setor. O elemento da linha (s, i) e coluna (r, j) na matriz, $v_i^s b_{ij}^{rs} y_j^r$, é o VA total (direto e indireto) do setor i no país s incorporado nos produtos finais produzidos pelo setor j do país r .

Desta forma, o somatório de linhas e colunas da matriz $\widehat{\mathbf{V}}\mathbf{B}\mathbf{Y}$ representam as ligações pra frente (*forward*) e pra trás (*backward*), entre setores de diferentes países, onde temos:

- *Backward linkages*: $\sum_{i,s} v_i^s b_{ij}^{rs} y_j^r = y_j$, somatório das colunas é igual ao valor dos bens finais produzidos pelo setor j no país r , o que remete as compras deste setor/país de outro setor/país;
- *Forward linkages*: $\sum_{j,r} v_i^s b_{ij}^{rs} y_j^r = v_i$, somatório das linhas é igual ao valor adicionado total imputado pelo setor i no país s , demonstrando as vendas deste setor/país para outro setor/país;

A partir destas definições, propomos a replicação deste exercício para investigação das ligações existentes na relação de comércio entre Brasil e China, considerando apenas os fluxos intersetoriais entre ambos. Para isso, atribuímos como a versão global da matriz inversa de Leontief – ou seja, a matriz $\mathbf{B}$ – a função inversa da matriz de transações do país doméstico com o país parceiro (por exemplo, a função inversa global para o Brasil, foi dada pela função inversa das transações dos setores brasileiros que comercializam bens e serviços com a China, pós-multiplicado pela matriz diagonal de demanda final da China) para encontrarmos a matriz $\widehat{\mathbf{V}}\mathbf{B}\mathbf{Y}$ de cada país. Por fim, calculamos os indicadores *Backward* e *Forward Linkages*, em valor adicionado, desta relação.

Posteriormente, após a obtenção destes resultados para valor adicionado, propomos a estimação de GEE sobre as mesmas transações comerciais. Para isso, consideramos o seguinte coeficiente de emissões (CHEN et al. 2021):

$$\mathbf{C} = \{c_i^k\} = \left\{ \frac{c_i^k}{x_i^k} \right\}, \quad (7)$$

onde, em termos matriciais, temos a matriz de coeficiente de emissões $\mathbf{C}$ em razão do produto total $\mathbf{X}$. Deste modo, substituindo a matriz diagonal $\widehat{\mathbf{V}}$ pela matriz de coeficiente de emissões $\widehat{\mathbf{C}}$, podemos estimar as emissões de GEE incorporadas nos fluxos de bens e serviços comercializados entre os dois países. Fazendo as substituições necessárias, obtemos a equação:

$$\widehat{\mathbf{C}}\mathbf{B}\mathbf{Y} = \widehat{\mathbf{C}}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{Y} \quad (8)$$

Por fim, calculamos os indicadores de *Bakward* e *Forward linkages* para a matriz $\widehat{\mathbf{C}}\mathbf{B}\mathbf{Y}$, no qual o somatório das linhas e colunas demonstra as emissões de gases efeito estufa setoriais que foram incorporadas nas relações intersetoriais de compra e venda entre os dois países.

Portanto, com base neste exercício, a análise observa os resultados dos indicadores de encadeamento, em termos de valor adicionado e emissões de GEE, das relações de comércio entre Brasil e China, a fim de estabelecer relações sobre os impactos das transações em termos econômicos e ambientais.

3.1 Base de dados

A análise matricial é desenvolvida sobre a base de dados UNCTAD-EORA *Global Supply Chain*. A UNCTAD-EORA é uma base MRIO, que teve sua construção motivada pelo estudo da relação entre fragmentação da produção e desenvolvimento econômico (UNCTAD, 2013), somadas às preocupações com questões de mudanças climáticas, identificando a necessidade de inserir a contabilização das emissões de poluentes nas estatísticas de comércio internacional.

A base conta com um quadrante denominado “*Satellite Accounts*” (Contas Satélites), que incorpora um conjunto de *inputs* não-monetários nas relações de produção de cada setor, caracterizando-a como uma MRIO com extensão social e ambiental. A lógica desse procedimento é a seguinte, se um setor adquire um produto A, B ou C de outros setores, a base contabiliza que essa transação teve um consumo de energia W e X, teve um impacto social Y e gerou uma poluição Z.

A composição dos dados apresentados nas Contas Satélites permite a estimação de emissões de GEE associados aos fluxos de comércio intersetoriais-interpaíses, registrando os dados para as principais fontes de GEE – dióxido de carbono (CO₂), gás metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) –, e assumindo como unidade padrão as emissões o Gg (1 Gg = 1 kilotonelada CO₂equivalente), os quais foram contabilizados nesta análise.

A UNCTAD-EORA oferece ainda uma alta resolução de dados para 189 países e uma região agregada como “resto do mundo” (ROW, sigla em inglês), que tem classificação tradicional de 26 indústrias (Apêndice A), e com ampla cobertura temporal (CASELLA et al., 2019).

Portanto, a partir destas informações, o estudo observa as relações comerciais entre 26 setores dos fluxos comerciais bilaterais de Brasil e China, em termos de valor adicionado (à preços básicos, em US\$) e em emissões de GEE (Kt CO₂e por dólar de produção). Os dados observados são referentes a todas as transações, à preços correntes, do ano de 2016, que teve seleção motivada pela disponibilidade de dados divulgados publicamente.

4 Análise dos resultados

4.1 Estimação do valor adicionado nas relações comerciais entre Brasil e China

Inicialmente, apresentamos na Tabela 3 abaixo o valor adicionado estimado na compra (*Backward*) de bens e serviços entre Brasil e China. Para interpretação, a sigla BRA_CHN_2016 indica o valor adicionado (em milhares de USD) incorporado nos bens finais das compras setoriais do Brasil pelos bens e serviços ofertados pela China, em 2016.

Tabela 3 – *Bacward Linkages*, em valor adicionado

BRA_CHN_2016			CHN_BRA_2016		
Setores	UDS (milhares)	Share (%)	Setores	USD (milhares)	Share (%)
Produtos de Metal	1,098,185.14	80.28	Administração Pública	1,511,261,747.47	50.31
Equipamento de Transporte	69,673.81	5.09	Re-exportação e Re-importação	852,204,990.73	28.37
Outras indústria de manufatura	65,161.01	4.76	Construção	510,239,114.63	16.99
Comércio de Varejo	50,433.31	3.69	Alimentos e bebidas	90,088,651.17	3.00
Outros	25,129.75	1.84	Hotéis e Restaurantes	15,842,639.74	0.53
Comércio atacadista	22,675.48	1.66	Transporte	11,086,255.28	0.37
Eletricidade, Gás e água	15,275.80	1.12	Agricultura	5,530,062.09	0.18

Fonte: Elaboração própria, baseado em dados da Eora.

Com base na Tabela 3, observando o Brasil como país doméstico e China como país parceiro (BRA_CHN_2016), temos que o setor *Produtos de Metal* brasileiro é responsável pela incorporação de cerca de 80,28% do valor adicionado dos bens finais produzidos pela China neste ano, o que demonstra que a demanda brasileira por bens finais chineses está bastante concentrada em setores de bens industriais manufaturados. Neste ponto, chama-se atenção novamente ao efeito dual no Brasil causado pela formação de um polo industrial manufatureiro exportador na China. Por um lado, as exportações chinesas contribuem para o desenvolvimento industrial e expansão do crescimento brasileiro, por meio da oferta de bens de capital. Por outro lado, restringem a atuação externa brasileira, devido a sofisticação e maior competitividade dos produtos chineses, principalmente na região sul-americana (OLIVEIRA, 2016)

Ainda na Tabela 3, observando as transações no sentido CHN_BRA_2016, nota-se que o setor *Administração Pública* é responsável por cerca de metade da incorporação de valor adicionado dos bens finais provenientes do Brasil, seguido pelos setores de *Re-exportação e Re-importação* e *Construção*. A predominância dessas atividades se associa tanto à orientação política do Estado chinês, quanto a pauta de importações chinesa dos produtos brasileiros. Primeiro, a postura ativa do Estado frente aos assuntos econômicos é uma característica do processo de desenvolvimento chinês, que foi capaz de criar uma articulação entre empresas estatais e setor privado, através de política industrial e investimento orientado ao crescimento econômico (MEDEIROS, 2006; 2019). Segundo, as importações da China por bens e serviços brasileiros está mais concentrada no setor de commodities, que são absorvidos em etapas primárias ou intermediárias da produção e que, portanto, podem ser orientados ao abastecimento interno ou reexportados.

Em seguida, apresentamos na Tabela 4 a estimação do valor adicionado incorporado nos bens e serviços do setor doméstico ao país estrangeiro, demonstrando a incorporação de valor domésticos dos países por meio das vendas (*Forward*) de bens e serviços.

Tabela 4 – *Forward Linkages*, em valor adicionado

BRA_CHN_2016			CHN_BRA_2016		
Setores	USD (milhares)	Share (%)	Setores	USD (milhares)	Share (%)
Elétrico e Maquinário	3,307,906.13	36.85	Administração Pública	769,026,059.60	25.60
Produtos de Metal	837,997.86	9.33	Atividades financeiras e negócios	573,820,013.24	19.10
Atividades financeiras e negócios	818,087.08	9.11	Serviços de educação, saúde e outros	278,362,361.96	9.27
Comércio atacadista	681,971.19	7.60	Construção	261,404,530.05	8.70
Extração e Mineração	520,775.87	5.80	Comércio atacadista	163,379,914.55	5.44
Petroleo e produtos químicos	478,801.68	5.33	Agricultura	130,025,098.75	4.33
Serviços de educação, saúde e outros	464,232.79	5.17	Transporte	105,570,050.33	3.51
Outros	395,490.88	4.41	Petróleo e produtos químicos	94,886,114.82	3.16

Fonte: Elaboração própria baseado em dados da Eora.

Para as transações BRA_CHN_2016, as vendas do setor de *Elétrico e Maquinário* brasileiro aparece com a maior incorporação de valor adicionado para os bens e serviços exportados para a China. Nesta classificação, este setor é composto por um conjunto de atividades manufatureiras, incluindo o setor de equipamentos elétricos, de comunicação e transporte, que representaram cerca de 3% das exportações brasileira para a China neste ano (WITS, 2016). A maior proporção do valor adicionado nestes setores, apesar da baixa participação relativa nas exportações totais, é explicada pelo conjunto de insumos, processos tecnológicos e serviços que são incorporados neste grupo de bens, contabilizando um nível mais elevado de valor agregado total, em relação, por exemplo, às exportações do grupo de commodities. Em 2016, segundo relatório da Comissão Empresarial Brasil e China (CEBC), tivemos

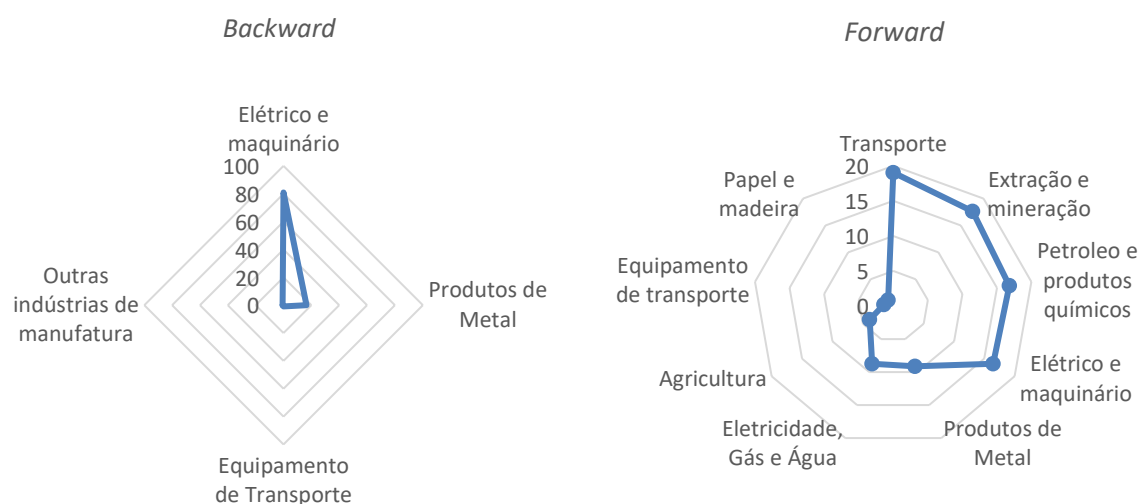
ainda um destaque para as exportações de químicos, minérios e petróleo bruto, que são as categorias de produtos que aparecem como maior incorporação de valor adicionado brasileiro para a China.

No sentido CHN_BRA_2016, cerca de um quarto do valor adicionado chinês foi incorporado nas atividades econômicas dos conglomerados estatais, enquanto os demais são distribuídos entre os setores *Atividades financeiras e negócios* (19,10%), *Serviços de educação, saúde e outros* (9,27%) e *Construção* (8,70%). A participação expressiva do setor de serviços de intermediação financeira e negócios esteve alinhada ao crescimento do investimento direto externo (IDE) chinês no Brasil, que segundo dados da Heritage Foundation, para o período de 2005-2013 o Brasil foi o quarto maior receptor de investimentos externos chineses (OLIVEIRA, 2016). A estratégia de IDE chinês no Brasil diverge do padrão dirigido aos demais países latino-americanos, que tem buscado obter vantagens oriundas do grande mercado interno brasileiro, assim como promover a regionalização chinesa no continente sul-americano (CEPAL, 2013).

4.2 Estimação de GEE nas relações comerciais entre Brasil e China

Seguindo a mesma lógica para a estimação do valor adicionado, estimamos as emissões de GEE incorporadas nos mesmos fluxos comerciais. O Gráfico 5 abaixo representa os resultados obtidos para as relações comerciais no sentido Brasil e China.

Gráfico 5 – *Backward* e *Forward* linkages para emissões de GEE: de Brasil para China, em 2016



Fonte: Elaboração própria.

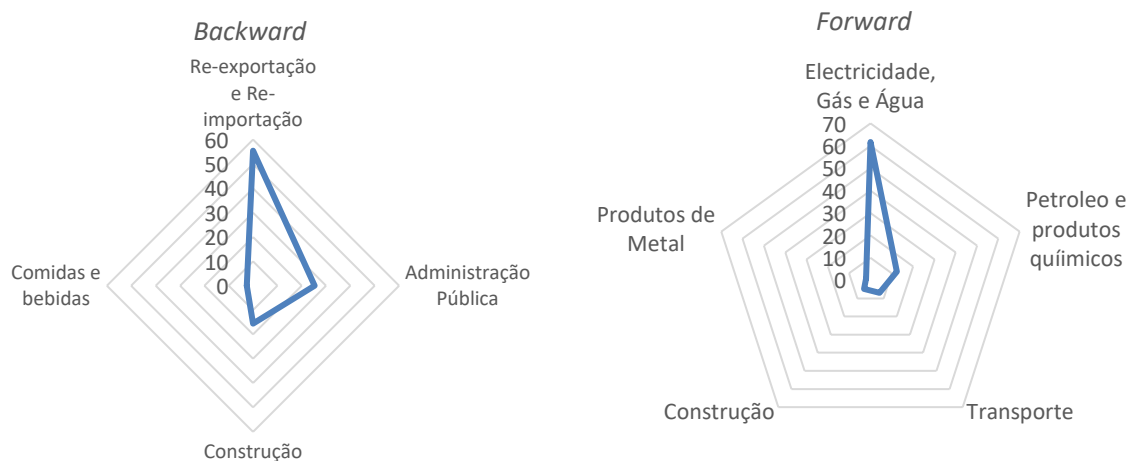
Como mostra o Gráfico 5, nota-se que as emissões de GEE absorvidas por meio da compra (*Bacward*) de bens e serviços chineses é predominante no setor industrial, que se concentram no conjunto *Elétrico e Maquinário* (80,89 %). A intensidade de emissões incorporada nestas atividades é explicada, em partes, pela geração de energia para a produção industrial chinesa ser bastante intensiva em combustíveis fósseis, principalmente, do carvão mineral (OLIVEIRA et al. 2020) e que, portanto, é marcada por níveis mais elevados de emissões de GEE.

Observando agora às emissões brasileiras incorporada nos bens e serviços vendidos para a China (*Forward*), temos uma composição mais desconcentrada, que se dá através dos setores de *Transporte* (19%), *Extração e mineração* (17,6%), *Petróleo e produtos químicos* (16,8%) e *Elétrico e Maquinário* (16,4%). Desta forma, temos que os maiores níveis de emissões brasileiras estão associados aos setores da indústria tradicional e de transporte, enquanto os setores primários registraram uma incorporação menos representativa. Em Zhang et al. (2017), ao verificar a composição das emissões brasileiras em fluxos comerciais, observa que os setores de bens intermediários são mais intensivos em emissões que os bens primários. Entretanto, é importante destacar que as emissões ligadas a mudança de uso da terra, principalmente relacionadas ao desmatamento em áreas de floresta nativa para expansão

agropecuária, são consideradas fontes potenciais de emissões de GEE, mas que não são captadas pelas métricas tradicionais de modelos insumo-produto (ALMEIDA, 2018).

A seguir, demonstramos no Gráfico 6 os resultados obtidos para as emissões no sentido China-Brasil. Para o indicador de *Backward*, os principais setores que absorvem as emissões dos produtos exportados pelo Brasil são o de *Re-exportação e Re-importação* (55,43%), *Administração Pública* (25,29%) e *Construção* (15,5%), que estão associados aos bens do grupo de bens intermediários brasileiros. Como para o caso do valor adicionado, estes setores respondem pelo maior volume de transações de compra, o que justifica a maior incorporação de emissões sobre estes setores.

Gráfico 6 – *Backward e Forward linkages* para emissões de GEE: de China para Brasil, 2016



Fonte: Elaboração própria.

Para o indicador de *Forward*, a questão energética chinesa é evidenciada, de forma que 61,68% das emissões de GEE distribuídas por meio da venda de bens e serviços chineses ao Brasil estão associadas ao setor *Eletricidade, Gás e Água*. A China é considerada o maior consumidor de energia do mundo e que, por isso, além da forte dependência do carvão mineral, é o segundo maior consumidor de petróleo e quarto para o gás natural, sendo o maior emissor de GEE em termos absolutos (OLIVEIRA et al. 2020). Estas características tornam a economia chinesa uma grande potência poluidora mundial, que tenta reverter sua situação por meio de esforços para diversificação da matriz energética, com grandes investimentos em fontes renováveis, como fotovoltaica, hidrelétrica e eólica (GÓMEZ et al. 2012).

5 Considerações finais

Este trabalho teve como principal objetivo analisar as relações intersetoriais do comércio bilateral entre Brasil e China no ano de 2016. Através da modelagem insumo produto desenvolvida em Chen et al. (2021), e aplicada sobre a matriz multirregional UNCTAD-EORA, foi possível estimar o valor adicionado e as emissões de GEE dos fluxos de bens e serviços para 26 setores. A obtenção de resultados para produção e comércio em termos econômicos e ambientais, permite-nos observar os efeitos de forma mais ampla e bidimensional das relações comerciais internacionais.

Para os resultados no sentido Brasil e China, nota-se que o valor adicionado estimado nos bens e serviços que foram comprados (importados) da China são, principalmente, das atividades do grupo de industriais manufaturados. Para os bens e serviços brasileiros exportados para a China, a incorporação de valor adicionado é predominante nos setores industriais – *Elétrico e Maquinário*, *Produtos de Metal* – que apesar da baixa participação relativa nas exportações totais brasileira, apresenta maior nível de valor adicionado.

Em seguida, para as estimativas de emissões de GEE, observamos que, como a matriz energética brasileira é diversificada, com disponibilidade de fontes energéticas renováveis diversas, sua estrutura produtiva é menos dependente de combustíveis fósseis e, portanto, menos emissora de GEE. Apesar

disso, são destacados dois aspectos importantes sobre as emissões de GEE brasileiras: 1) distribuição de emissões brasileiras ligadas ao setor de indústria tradicional e de transportes, o que indica relação com as questões de baixa eficiência energética setorial; 2) emissões ligadas a mudança no uso da terra e desmatamento não são captadas pela modelagem, o que pode subestimar o nível de emissões brasileiras, principalmente nas atividades ligadas a agricultura e pecuária.

Para os fluxos comerciais no sentido de China para o Brasil, os resultados demonstram que os conglomerados estatais e atividades de administração pública chinesas são responsáveis por absorver grande parte do valor adicionado dos bens e serviços brasileiros, que é uma característica do seu processo de desenvolvimento. Com relação ao valor adicionado chinês incorporado nas vendas setoriais ao Brasil, nota-se a forte presença dos setores de bens de capital e de consumo, assim como serviços financeiros e de negócios. Estes dados indicam a ascensão da indústria chinesa, que tem se modernizado e garantindo acesso a mercados variados, assim como aumentando sua inserção através de investimentos direto no Brasil. Diante desta condição, nota-se que os países detêm uma parceria estratégica muito relevante, pois ao mesmo tempo que a China tem uma importância relativa elevada para a absorção das exportações brasileiras e como fornecedora de insumos industriais, o crescimento da indústria chinesa pode impactar a indústria brasileira através do ganho de competitividade e de mercado chinês, principalmente na América do Sul.

Por fim, observando as emissões chinesas embutidas na produção de bens e serviços comercializados com o Brasil, percebemos que a forte dependência de combustíveis de origem fóssil para o suprimento de energia para produção chinesa, tornam sua pauta produtiva exportadora intensiva em emissões de GEE, e que, por sua vez, são incorporados pelo Brasil por meio do consumo.

Nestas condições, destacamos que a existência de uma estrutura de produção e comércio globalizado criam uma dinâmica de transferência e alocação de emissões de GEE associados às relações de encadeamento setoriais deste sistema e que afetam negativamente os esforços globais direcionados para a mitigação de gases efeito estufa. Portanto, com base nesta análise, considerando a forte concentração e fortalecimento da indústria manufatureira em território chinês, a especialização brasileira na comercialização de bens do grupo de commodities e agricultura, a parceria comercial estratégica entre os países e seus respectivos níveis de emissões, destacamos sobre a importância dos formuladores de políticas levarem em consideração não apenas os efeitos das emissões baseadas na produção, mas também nas baseadas em consumo, devido a própria dinâmica de alocação via comércio internacional, para um tratamento mais efetivo às questões de mudanças climáticas.

Referências

- ALMEIDA, M., PELLENZ, J. L. V., ARAUJO, T., DANTAS, J. N. S. Brasil no Acordo de Paris: análise das emissões de gases do efeito estufa. Anais... XXI ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL-ANPEC-SUL, Curitiba-PR, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v42i0.51298>
- BCB, Estatísticas do setor externo **Banco Central do Brasil**, 2021. Disponível em: bcbr.gov.br. Acesso em: 7 de jan. 2023.
- BLOCH, H.; RAFIQ, S.; SALIM, R. Economic growth with coal, oil and renewable energy consumption in China: Prospects for fuel substitution. **Economic Modelling**, v. 44, p. 104-115, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.09.017>.
- CASELLA, B.; BOLWIJN, R.; MORAN, D.; KANEMOTO, K. Improving the analysis of global value chains: the UNCTAD-Eora Database, **Transnational Corporations** 26(3). New York and Geneva: United Nations, 2019. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3624082>. Acesso em: 13 de fev. 2023.
- CEPAL – COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE. La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe 2012. Santiago, 2013. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11362/4572> . Acesso em: 13 fev 2023.
- CEBC – CONSELHO EMPRESARIAL BRASIL E CHINA. Comércio Bilateral Brasil e China, Informativo Nº. 68, dezembro, 2016. Disponível em: https://www.cebc.org.br/sites/default/files/ed_66_comercio_br-china_jan-nov_2016.pdf. Acesso em: 20 de setembro 2022.
- CHEN, S. et al. The sustainability of regional decarbonization through the global value chain analytical

framework: A case study of Germany. *Journal of Cleaner Production*, v. 317, p. 128335, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128335>.

CW, Climatewatch, 2023. Disponível em: climatewatchdata.org. Acesso em: 7 de jan. 2023.

DING, T; NING, Y.; ZHANG, Y. The contribution of China's bilateral trade to global carbon emissions in the context of globalization. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 46, p. 78-88, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2018.04.004>.

DUAN, Y., JI, T., YU, T. Reassessing pollution haven effect in global value chains. *J. Clean. Prod.* 284, 124705, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124705>.

GÓMEZ, J. M., CHAMON, P. H., LIMA, S. B. Por uma nova ordem energética global? Potencialidades e perspectivas da questão energética entre os países BRICS. *Contexto Internacional*, v. 34, n. 2, p. 531-396, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-85292012000200006>.

GUTSCHOW, J.; JEFFERY, L.; GIESEKE, R.; GEBEL, R.; STEVENS, D.; KRAPP, M.; ROCHA, M. The PRIMAP-hist national historical emissions time series, *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 571-603, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-8-571-2016>.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2007: Synthesis Report. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acessado em: 20 de setembro de 2022.

JENKINS, R. China and Brazil: Economic Impacts of a Growing Relationship, in: *Journal of Current Chinese Affairs*, 41, 1, 21-47, 2012. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/186810261204100102>. Acesso em: 13 fev 2023.

JOHSON, R.C., NOGUERA, G. Accounting for intermediates: production sharing and trade in value added. *J. Int. Econ.* 86, 224–236, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2011.10.003>.

KOLKAVA, D., NGUYEN, Q., BERNAUER, T. Does trade liberalization lead to environmental burden shifting in the global economy? *Ecol. Econ.* 163, 98–112, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.006>.

KORSBAKKEN, J. I., PETERS, G. P.; ANDREW, R. M. Uncertainties around reductions in China's coal use and CO2 emissions, *Nature Climate Change*, 6, 687–690, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2963>.

LALANNE, A. Size, Position and Length in Value Chains in Latin America, 2021. Disponível em: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1888>. Acesso em: 13 fev. 2023.

LENZEN, M., MORAN, D., KANEMOTO, K., GESCHKE, A. Building Eora: A Global Multi-regional Input-Output Database at High Country and Sector Resolution. *Economic Systems Research*, 25:1, 20-49, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/09535314.2013.769938>.

LEONTIEF, W. W. Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States. *Review of Economics and Statistics* 18: 105–125, 1936. DOI: <https://doi.org/10.2307/1927837>.

LO, K. A critical review of China's rapidly developing renewable energy and energy efficiency policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 29, p. 508-516, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.006>.

MEDEIROS, C., A China como um duplo pólo na economia mundial e a recentralização da economia asiática, *Revista de Economia Política*, vol. 26, nº 3 (103), pp. 381-400, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31572006000300004>.

MEDEIROS, C., Política industrial e divisão internacional de trabalho, *Revista de Economia Política*, vol. 39, nº 1 (154), pp. 71-87, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0101-35172019-2925>.

MILLER, R.E.; BLAIR, E. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions**. Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

MONTOYA, M. A. et al. Renewable and Non-renewable in the energy-emissions-climate nexus: Brazilian contributions to climate change via international trade. *Journal of Cleaner Production*, v. 312, p. 127700, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127700>.

National Bureau of Statistics of China. **China statistical yearbook 2013**. Beijing: National Bureau of Statistics of China, 2013.

National Bureau of Statistics of China. **China statistical yearbook 2021**. Beijing: National Bureau of Statistics of China, 2021.

OECD. Environmental Performance Reviews: Brazil 2015, **OECD Publishing, Paris**, 2015. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11362/40895>.

OLIVEIRA, H. A. de. Brasil-China: uma parceria predatória ou cooperativa?. *Revista Tempo Do Mundo*, 2(1), pp.143-160, 2016. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/revistas/index.php/rtm/article/view/53>. Acesso em: 13 fev. 2023.

OLIVEIRA, M. M.; DE SANTANA RIBEIRO, L. C.; CARVALHO, T. S. Decomposição estrutural das emissões de gases de efeito estufa dos países do BRIC. *Geosul*, v. 35, n. 75, p. 506-532, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n75p506>.

PETERS, G.P., MINX, J.C., WEBER, C.L., EDENHOFER, O., Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 108 (21), 8903–8908, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1006388108>.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GEE (SEEG) – Observatório do Clima. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil** (1970-2020), 2021.

SETTANNI, E.; TASSIELLI, G.; NOTARNICOLA, B. An input–output technological model of life cycle costing: computational aspects and implementation issues in a generalised supply chain perspective. In: *Environmental management accounting and supply chain management*. Springer, Dordrecht, p. 55-109, 2011. DOI: 10.1007/978-94-007-1390-1_4

STEINBERGER, J. K. et al. Pathways of human development and carbon emissions embodied in trade. *Nature Climate Change*, v. 2, n. 2, p. 81-85, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate1371>.

STURGEON, T. J.; MEMEDOVIC, O. **Mapping global value chains: Intermediate goods trade and structural change in the world economy**. United Nations Industrial Development Organization, 2011. Disponível em: <https://open.unido.org/api/documents/4811381/download/Mapping%20Global%20Value%20Chains%20-%20Intermediate%20Goods%20Trade%20and%20Structural%20Change%20in%20the%20World%20Economy>. Acesso em: 13 fev. 2023.

TIMMER, M.P.; LOS, B.; STEHREST, R.; de VRIES, G.J. Fragmentation, incomes and jobs: an analysis of European competitiveness. *Econ. Pol.* 28, 613–661, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/1468-0327.12018>

TUKKER, A.; DIETZENBACHER, E. Global multiregional input–output frameworks: an introduction and outlook. *Economic Systems Research*, v. 25, n. 1, p. 1-19, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.761179>.

UN COMTRADE – United Nations Commodity Trade Statistics Database, New York, United Nations Statistics Division, 2011. Disponível em: <http://comtrade.un.org/>. Acesso em: 22 de nov. 2022.

WEBER, C. L., MATTHEWS, H. S. Embodied environmental emissions in U.S. international trade, 1997-2004. *Environ. Sci. Technol.* V. 41, n. 14, pp. 4875-4881, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1021/es0629110>.

WIEDMANN, T. Carbon footprint and input-output analysis - an introduction. *Econ. Syst. Res.*, v. 21, n. 3, pp. 175-186, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/09535310903541256>

WITS, World Integrated Solutions, World Bank, 2022. Disponível em: wits.worldbank.org. Acesso em: 7 de jan. 2023.

WTO, **World Trade Report: Climate change and international trade**, World Trade Organization, 2022.

WTO, Trade and climate change: information brief nº4, World Trade Organization, 2021.

XI, J.P. **Speech at the General Debate of the 75th Session of the UN General Assembly**. People's Daily, 2020.

ZANDONAI, R. Os BRICS na arena de mitigação das mudanças climáticas. In: *Anais I Seminário Internacional de Ciência Política*, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/sicp/wp-content/uploads/2015/09/MOREIRA-2015-Os-BRICS-na-Arena-de-Mitiga%C3%A7%C3%A3o-das-Mudan%C3%A7as-Clim%C3%A1ticas.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2023.

ZHANG, Y. The responsibility for carbon emissions and carbon efficiency at the sectoral level: evidence from China. *Energy economics*, v. 40, p. 967-975, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.05.025>.

APÊNDICE A

Classificação setorial para Eora25 compatibilizada com a classificação ISIC Rev.3, ambos em versões desatualizadas. O setor *Re-export & Re-import* foi inserido na atualização da Eora26, e por isso não apresenta compatibilização.

Classificação setorial Eora26	ISIC Rev.3
Agriculture	1,2
Fishing	5
Mining and Quarrying	10, 11, 12, 13, 14
Food & Beverages	15, 16
Textiles and Wearing Apparel	17, 18, 19
Wood and Paper	20, 21, 22
Petroleum, Chemical and Non-Metallic Mineral Products	23, 24, 25, 26
Metal Products	27, 28
Electrical and Machinery	29, 30, 31, 32, 33
Transport Equipment	34, 35
Other Manufacturing	36
Recycling	37
Electricity, Gas and Water	40, 41
Construction	45
Maintenance and Repair	50
Wholesale Trade	51
Retail Trade	52
Hotels and Restaurants	55
Transport	60, 61, 62, 63
Post and Telecommunications	64
Financial Intermediation and Business Activities	65, 66, 67, 70, 71, 72, 73, 74
Public Administration	75
Education, Health and Other Services	80, 85, 90, 92, 93
Private Households	95
Others	99
Re-export & Re-import	

Fonte: Lenzen et al. (2013)