

## CAPÍTULO 9

# IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DO COMÉRCIO EXTERIOR DO BRASIL



<https://doi.org/10.22533/at.ed.268152524019>

*Data de aceite: 13/02/2025*

### **João Vitor Guimarães Ribeiro**

Graduando em Ciências Contábeis,  
Bolsista IC CNPq, Londrina - Paraná

### **Umberto Antonio Sesso Filho**

Docente Departamento de Economia,  
CESA, UEL, Londrina – Paraná

### **Ricardo Luís Lopes**

Doutorado em Economia Aplicada  
Universidade de São Paulo  
Maringá, Paraná, Brasil

### **Carlos Alberto Gonçalves Junior**

Doutorado em Economia  
Instituição de formação: Universidade de  
São Paulo, Toledo, Paraná, Brasil

### **Patrícia Pompermayer Sesso**

Doutorado em Genética e Melhoramento  
de Plantas, Universidade de São Paulo  
Londrina, Paraná, Brasil

### **Emerson Guzzi Zuan Esteves**

Doutorado em Economia  
Universidade Estadual de Maringá  
Londrina, Paraná, Brasil

**RESUMO:** O artigo teve como objetivo estimar os impactos econômicos e ambientais do comércio internacional do Brasil. A metodologia foi baseada na matriz insumo-produto multirregional, a qual

permite estimar os impactos do comércio sobre emprego, renda, gases de efeito estufa e consumo de água azul. Os resultados mostraram que as exportações do Brasil no ano 2020 geraram 209 bilhões de dólares em valor adicionado e cerca de 15 milhões de empregos, valores que representavam cerca de 15% da economia brasileira. Os efeitos das importações brasileiras sobre outros países totalizaram 184 bilhões de dólares em valor adicionado e 7,2 milhões de empregos. Os custos ambientais estimados foram a exportação líquida de cerca de 5,2 bilhões de metros cúbicos de água azul (exportação de 7,4 e 2,2 importados) e geração de 418 Gigatoneladas de CO<sub>2eq</sub> por exportações, sendo que as importações geraram 137 Gigatoneladas de CO<sub>2eq</sub> no restante do mundo. O aumento do valor agregado nas exportações brasileiras por meio da industrialização pode aumentar os benefícios econômicos. A diminuição dos impactos ambientais pode ser obtida pelo desenvolvimento de tecnologias que aumentam a eficiência do uso da água e mitigação das emissões contribuindo para a maior sustentabilidade e competitividade no futuro.

**PALAVRAS-CHAVE:** água virtual; recursos hídricos; pegada de carbono; comércio internacional.

# ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF BRAZIL'S FOREIGN TRADE

**ABSTRACT:** The article aimed to estimate the economic and environmental impacts of Brazil's international trade. The methodology was based on the multiregional input-output matrix, which allows estimating the impacts of trade on employment, income, greenhouse gases, and blue water consumption. The results showed that Brazil's exports in 2020 generated 209 billion dollars in value added and about 15 million jobs, values that represented about 15% of the Brazilian economy. The effects of Brazilian imports on other countries totaled US\$184 billion in value added and 7.2 million jobs. The estimated environmental costs were the net export of about 5.2 billion cubic meters of blue water (exports of 7.4 minus 2.2 imported) and generation of 418 Gigatons of CO<sub>2eq</sub> by exports, with imports generating 137 Gigatons of CO<sub>2eq</sub> in the rest of the world. Increasing the value added in Brazilian exports through industrialization can increase economic benefits. The reduction of environmental impacts can be obtained by the development of technologies that increase the efficiency of water use and mitigation of emissions, contributing to greater sustainability and competitiveness in the future.

**KEYWORDS:** virtual water; water resources; carbon footprint; international trade.

## INTRODUÇÃO

As ações antrópicas desenvolvidas no processo de industrialização, urbanização globalização da produção e aumento da produção de alimentos estão causando impactos ambientais importantes e modificando padrões climáticos e disponibilidade de água em diferentes regiões. Desta forma, o desenvolvimento de estudos que estimam os impactos econômicos e ambientais das diversas atividades humanas são importantes para obter maior conhecimento sobre o tema, realizar previsões e elaborar políticas para mitigar os efeitos negativos.

O comércio internacional traz uma variedade de benefícios para a população tais como o acesso a uma variedade maior de produtos, o desenvolvimento econômico e facilitar relações diplomáticas entre países. Os impactos econômicos incluem a geração de empregos e renda e em relação aos impactos ambientais pode-se destacar a demanda por água e geração de gases de efeito estufa (GEE). No caso do Brasil, as exportações estão concentradas em produtos agropecuários, sendo os principais parceiros comerciais do Brasil considerando as importações são a China, Estados Unidos, Argentina, Holanda, Alemanha, Japão, Chile, México, Itália e a Bélgica (Chinelato e Cruz, 2021).

As relações comerciais Brasil-China representam cerca de um terço das exportações e são na maior parte *commodities* em contrapartida da importação de bens industrializados com saldo favorável ao Brasil. Considerando os impactos sobre o trabalho, o saldo era positivo para a China em 520 milhões de horas com maior participação de média e alta qualificação, principalmente sobre o setor de produtos elétricos e eletrônicos. O trabalho gerado no Brasil por exportações para a China era majoritariamente para pessoas de baixa qualificação com maior impacto na agropecuária (Arboleya-Lopes et al., 2020). Um dos produtos importantes nas exportações é o açúcar, cujos impactos econômicos atingiram valor de R\$ 16,6 bilhões em 2018 contribuindo com R\$ 13 bilhões em renda (Produto

Interno Bruto) e R\$ 1,7 bilhão em impostos líquidos (Oliveira et al., 2024). As exportações de café em grão, um dos cinco produtos mais importantes na pauta brasileira, somaram 13,6 bilhões de reais e geraram 303 mil empregos diretos e indiretos e 11 bilhões de reais de renda. As exportações de café beneficiado somaram 1,5 bilhão de reais gerando 25 mil empregos e 1,2 bilhão de reais de renda (Pompermayer Sesso et al., 2021).

O comércio internacional apresenta conexão importante com os impactos ambientais. Os recursos naturais garantem o funcionamento do sistema e o crescimento econômico com o aumento da disponibilidade de mercadorias por meio do comércio internacional. Segundo o relatório anual da *United Nations Environment Programme* (UNEP), o comércio exterior expandiu de forma importante nas últimas décadas e as nações estão cada vez mais dependentes dele correspondendo cerca de 40% dos recursos extraídos no planeta, tanto direta quanto indiretamente (UNEP, 2015). Neste contexto, o Brasil possui recursos naturais abundantes que são utilizados na produção de bens para exportação, principalmente *commodities* agrícolas. O comércio internacional do Brasil impacta de forma bilateral variáveis econômicas e ambientais, tais como a geração de empregos, emissões de gases de efeito estufa e fluxos de água virtual.

O Brasil é um grande exportador de recursos hídricos para o resto do mundo, pois quase 50% da água consumida no Brasil anualmente está incorporada nas exportações. Devido à esta oferta de água, o Brasil conseguiu formar parcerias com outros países para a exportação de seus produtos, sendo os principais soja, carne bovina e açúcar (Montoya, 2020). O fato de ser um exportador líquido de água traz consequências tais como os potenciais conflitos e negociações devido à abundância de água no Brasil e a importância de uma legislação eficaz para regular o uso da água (Carmo et al., 2008).

O comércio de água virtual ocorre em maior parte na forma da água verde na agropecuária (água da chuva), que apresenta baixo custo de oportunidade em contraposição à água azul que pode ter diversas utilizações tais como a irrigação na agricultura, na indústria, serviços e para consumo humano (Yang et al., 2006). Cerca de 52% da pegada hídrica azul do consumo global e 43% dos fluxos de água virtual azul entre os países tem origem em regiões onde o fluxo ambiental é insustentável. Próximo de 22% da não-sustentabilidade do fluxo ambiental de água azul ocorre fora dos países de origem indicando que diversas nações externalizaram os seus impactos negativos sobre os recursos hídricos (Mekonnen e Hoekstra, 2020).

Impactos ambientais importantes decorrentes do comércio internacional são resultantes da geração de gases de efeito estufa (GEE). A contabilização dos GEE é estimada com base no dióxido de carbono equivalente, as emissões aumentaram desde o período da revolução industrial até os dias de hoje devido à maior utilização dos combustíveis fósseis, cuja queima contribui em 80% das emissões de CO<sub>2</sub> no mundo (Campos, 2011). A agropecuária é responsável por uma parte significativa das emissões dos gases de efeito estufa, ou GEE. Isto se dá pelo fato de existirem várias práticas comuns na agricultura

que contribuem para isto, como a utilização de fertilizantes nitrogenados, a utilização de máquinas que queimam combustíveis fósseis, o tratamento do rebanho e seus dejetos, a queima de restos vegetais e a mudança do uso do solo. A produção de materiais agrícolas, como pesticidas, materiais para irrigação e afins, também contribui para a pegada de carbono de produtos agrícolas. (Santos et al, 2013)

Considerando a importância dos efeitos do comércio sobre a economia brasileira e seus parceiros comerciais, o presente artigo tem como objetivo estimar os impactos do comércio exterior brasileiro sobre variáveis econômicas e ambientais baseando-se na ferramenta insumo-produto. A matriz insumo-produto (MIP) multirregional é um instrumento que permite conhecer os fluxos de bens e serviços produzidos nos setores da economia, a qual permite estimar os impactos das interrelações econômicas e ambientais entre os países. Para o presente estudo, as variáveis em análise são emprego, renda, gases de efeito estufa e consumo de água azul.

Os resultados do estudo tornarão possível melhorar o conhecimento sobre os efeitos do comércio internacional sobre a economia e meio ambiente do Brasil e parceiros comerciais fornecendo informações para elaboração de políticas para melhorar a eficiência do uso da água, mitigação das emissões de carbono e estratégias de geração de emprego e renda. O texto está dividido em cinco seções incluindo a introdução, a segunda seção apresenta conceitos importantes e resultados de estudos empíricos recentes sobre o tema, a terceira seção trata do detalhamento da metodologia proposta para estimar os impactos do comércio internacional sobre a economia. Os resultados são analisados na quarta seção e as principais conclusões estão na quinta e última seção.

## METODOLOGIA

As bases de dados utilizadas foram a OECD (2024) e Gloria (2024), sendo que foram compatibilizadas por meio da agregação de setores, pois a primeira possuía 45 setores e a segunda 120. A OECD (2024) forneceu a matriz insumo-produto e Gloria (2024) as contas satélites econômicas e ambientais com dados sobre emprego, consumo de água azul e emissões de gases de efeito estufa (GEE - *Greenhouse Gases*). A compatibilização das duas bases de dados exigiu que o número final de setores se tornasse 40 e 76 regiões (75 países e restante do mundo).

Considerando as estimativas para um determinado país, os impactos das exportações sobre a variável de interesse no sistema produtivo nacional foram estimados com o multiplicador simples para cada setor da economia, este indicador baseado na matriz insumo-produto mostra a quantidade da variável necessária para atender a uma unidade da demanda final. Os valores obtidos foram multiplicados pelas respectivas exportações setoriais para cada país e os resultados mostram as quantidades da variável necessárias nos próprios setores (efeito direto) e em suas cadeias produtivas (efeito indireto) para

atender as demandas externas dos demais países e restante do mundo. É importante observar que o consumo intermediário de bens e serviços importados não foi considerado no cálculo, pois o objetivo é estimar a quantidade interna da variável necessária para atender as exportações. As estimativas são detalhadas a seguir baseando-se em um determinado país, as quais foram replicadas para todas os países.

A matriz nacional de cada país foi utilizada para estimar o multiplicador simples (ou gerador) da variável baseando-se em Miller e Blair (2009). Iniciando os cálculos para obtenção da matriz inversa de Leontief, deve-se estimar  $A$  denominada matriz de coeficientes técnicos a partir da Equação (1). O elemento  $Z_{nxn}$  (consumo intermediário com  $n$  setores) é a matriz de fluxos monetários do setor  $i$  (linha) para o setor  $j$  (coluna),  $X_n$  é o vetor de produção setorial e seus valores são utilizados para estimar  $(\hat{X})^{-1}$  (matriz inversa diagonalizada) que possui os valores da produção setorial inversos  $(1/X_i)$  na diagonal principal e o restante dos valores zeros.  $A_{nxn}$  é matriz de coeficientes técnicos que pode ser calculada por:

$$A = Z(\hat{X})^{-1} \quad (1)$$

O sistema de insumo-produto pode ser expresso por:

$$(I - A)X = Y \quad (2)$$

A Equação (2) utiliza  $Y$ , que é a demanda final setorial,  $I$  é a matriz identidade que possui os valores um na diagonal principal e restante dos valores zeros e os outros elementos foram definidos anteriormente. Os elementos da equação (2) podem ser rearranjados como segue:

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (3)$$

A matriz inversa de Leontief é dada por:

$$L = (I - A)^{-1} \quad (4)$$

Os elementos da matriz  $L$  (matriz de Leontief) e seus elementos são  $l_{ij}$ .

A partir dos coeficientes diretos e da matriz inversa de Leontief é possível estimar para cada setor da economia o quanto é gerado direta e indiretamente de água para cada unidade monetária produzida para a demanda final (Miller e Blair, 2009). O cálculo do multiplicador simples de água dos setores do Brasil é realizado por:

$$M_j = \sum_{i=1}^n l_{ij} v_i \quad (5)$$

Os coeficientes diretos da variável são estimados por:

$$v_i = \frac{V_i}{X_i} \quad (6)$$

Na Equação (5), tem-se que  $\lambda$  é o multiplicador simples da variável que mostra o impacto total, direto e indireto, sobre a variável de cada setor  $j$ ;  $I_{ij}$  é o  $ij$ -ésimo elemento da matriz inversa de Leontief e  $v_i$  é o coeficiente direto da variável  $V$ . Na Equação (6),  $v_i$  é o coeficiente direto da variável do setor  $i$ ,  $V_i$  o valor atribuído para cada setor  $i$  e  $X_i$  é a produção setorial.

A demanda final possui os componentes Consumo das famílias, Governo, Formação bruta de capital fixo, Instituições civis sem fins lucrativos, Variação de estoque e Exportações. Para o presente estudo, o componente considerado nos cálculos foram as exportações do Brasil para os diversos países. O modelo básico de Leontief e o multiplicador simples de água podem ser usados de forma eficiente para análise do impacto das exportações sobre a demanda por água direto e indireto da economia brasileira. Tem-se que o impacto sobre cada setor é estimado por:

$$V_{cc'} = M_j E_{cc'} \quad (7)$$

Na Equação (7), tem-se que  $V_{cc'}$  é o impacto total sobre a variável do país  $c$  das exportações do país  $c$  para o país  $c'$  e  $E_{cc'}$  é o vetor de exportações do país  $c$  para o país  $c'$ , sendo  $c$  e  $c' = 1, 2, 3, \dots, m$  com  $c \neq c'$  sendo  $m$  o número de países. Para obter os resultados por setor, deve-se utilizar os valores  $W_{kj}$  em uma matriz diagonalizada ( $\widehat{M_j}$ ) na qual os valores dos multiplicadores simples da variável estarão na diagonal principal e restante dos valores serão zeros. Os resultados obtidos se referem à quantidade variável internamente necessária para atender à demanda externa (exportações) setorial para cada país. Os valores possuem os efeitos direto (próprio setor) e indireto sobre a cadeia produtiva nacional. A obtenção dos resultados da Equação (6) torna possível elaborar o Quadro 1, o qual possui os fluxos da variável no comércio internacional com 4 países. Para o presente estudo, existem 75 países e restante do mundo. A elaboração do Quadro 1 para os resultados da pesquisa tornam possível identificar os impactos, assim como os resultados da Equação (7) irão mostrar os valores gerados internamente em cada setor da economia.

Importação de água virtual ( $c'$ )					
Exportação de água virtual ( $c$ )		1	2	3	4
	1	-	$V_{12}$	$V_{13}$	$V_{14}$
	2	$V_{21}$	-	$V_{23}$	$V_{24}$
	3	$V_{31}$	$V_{32}$	-	$V_{34}$
	4	$V_{41}$	$V_{42}$	$V_{43}$	-

Quadro 1. Fluxos de água virtual do comércio internacional para 4 países.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra os resultados das estimativas dos impactos do comércio internacional do Brasil sobre o emprego. Os valores totais mostram que o Brasil gerou internamente cerca de 15,7 milhões de empregos no ano de 2020 por meio de exportações e 7,2 milhões de empregos em outros países por importações. O saldo emprego foi positivo de 8,5 milhões de empregos. O Brasil possui ao todo em torno de 100 milhões de trabalhadores (Lenzen et al., 2017), então os 15 milhões de postos de trabalho exportados representam aproximadamente 15% da força de trabalho do país, gerados para atender as exportações.

O principal parceiro comercial do Brasil em 2020 foi a China, com o qual a balança era superavitária, as exportações para este país geraram 4,4 milhões de empregos internamente e cerca de 1,9 milhões de postos de trabalho para os chineses. O segundo mais importante país em comércio eram os Estados Unidos, as relações comerciais impactaram em dois milhões de empregos para o Brasil e 348 mil para os americanos. Portanto, apesar da balança comercial Brasil-EUA ser deficitária, o saldo emprego foi positivo, pois depende da pauta de produtos e serviços comercializados e estruturas produtivas com diferentes multiplicadores setoriais de empregos. O Brasil possui saldo positivo da geração de empregos com Alemanha, Japão e Argentina, outros três países maiores parceiros comerciais, com 338, 425 e 97 mil postos de trabalho respectivamente.

Os resultados indicam que o Brasil é um importante exportador em nível global, com valores que superam aqueles estimados para a China, com saldo aproximado de 3,5 milhões de postos de trabalho. A exportação de produtos agropecuários beneficia a geração de empregos no país gerando saldos positivos mesmo com países com os quais possui balança comercial negativa, como os Estados Unidos.

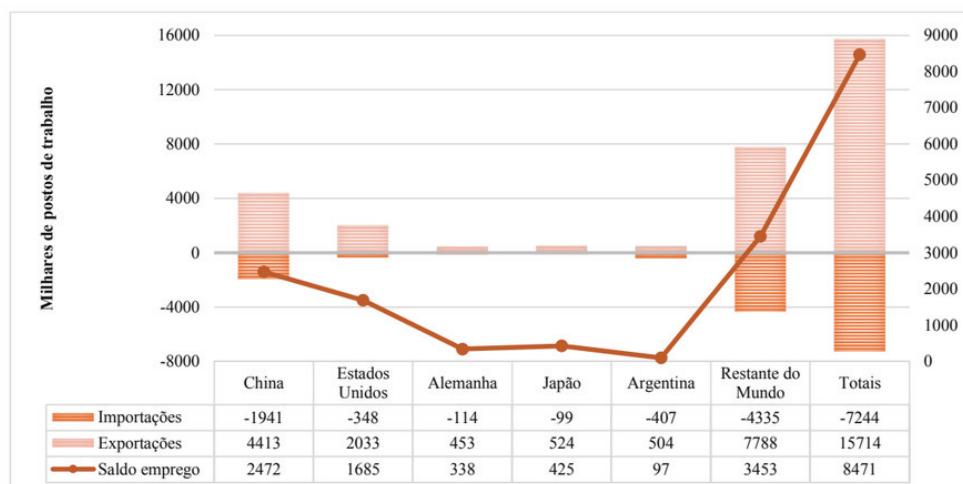


Figura 1. Impactos do comércio exterior do Brasil sobre o emprego, 2020. Valores em milhares de postos de trabalho.

Fonte: resultados da pesquisa.

A Figura 2 ilustra os impactos do comércio internacional do Brasil em relação à renda (valor adicionado). O valor adicionado se refere ao total destinado para pagamento dos fatores de produção capital e trabalho. O Brasil gerou em torno de 209 bilhões de dólares em valor adicionado total internamente, o que equivale a aproximadamente 13% de seu Produto Interno Bruto que foi de 1,5 trilhões de dólares em 2020. O valor adicionado gerado externamente devido às importações foi em torno de 184 bilhões de dólares com saldo foi positivo de 25 bilhões de dólares.

As exportações do Brasil para a China impactaram em 58 bilhões de dólares em valor adicionado e as importações brasileiras geraram cerca de 36 bilhões de dólares em valor adicionado na China com saldo positivo para o Brasil. Porém, os resultados do comércio com os Estados Unidos e Alemanha determinaram saldos negativos, ou seja, maior renda foi gerada externamente do que internamente. A geração de valor adicionado foi menos expressiva do que a geração de empregos por exportações. As discrepâncias se devem ao fato de que as exportações brasileiras possuem baixo valor adicionado comparativamente às importações.

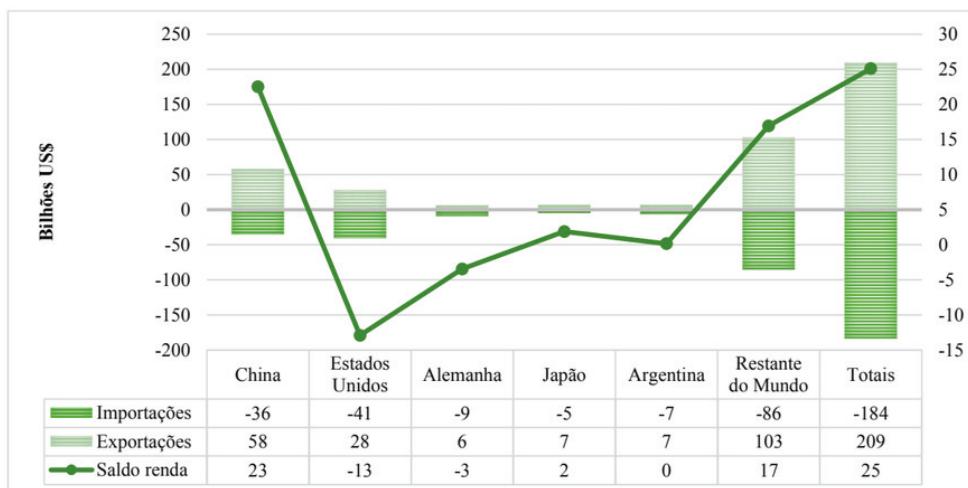


Figura 2. Impactos do comércio exterior do Brasil sobre valor adicionado, 2020. Valores em bilhões de dólares correntes.

Fonte: resultados da pesquisa.

A Figura 3 ilustra os impactos sobre consumo de água azul decorrentes do comércio internacional do Brasil em milhões de m<sup>3</sup>. Nota-se que o saldo foi superavitário para as regiões, com exceção da Argentina. Ao todo, foram exportados cerca de 7,4 bilhões de m<sup>3</sup> de água azul, enquanto foram importados em torno de 2,2 bilhões de m<sup>3</sup> resultando em saldo positivo de aproximadamente 5,2 bilhões de m<sup>3</sup>. Considerando que no ano de 2020 o sistema produtivo do Brasil consumiu cerca de 17,8 bilhões de m<sup>3</sup> (Lenzen et al., 2022), então em torno de 42% desta água foi exportada na forma de produtos e serviços.

A Figura 4 ilustra as exportações de água azul do Brasil. O destaque é para a China como a principal importadora de recursos hídricos do Brasil, com quase 3 bilhões m<sup>3</sup> de água azul sendo destinados a ela, seguida dos Estados Unidos com 381 milhões de metros cúbicos, Japão com 241 milhões m<sup>3</sup> e Alemanha com 228 milhões m<sup>3</sup>. Estes países conseguem economizar água de seu território ao comprar produtos brasileiros possibilitando seu acesso a alimentos que não seria possível produzir domesticamente.

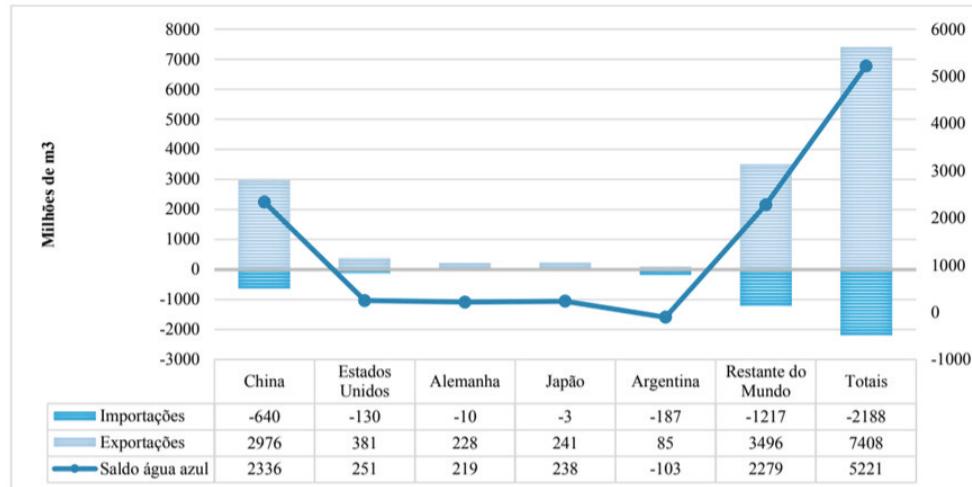


Figura 3. Impactos das exportações, importações e saldo do consumo de água azul do comércio exterior do Brasil e seus principais parceiros comerciais, 2020. Valores em milhões de metros cúbicos.

Fonte: resultados da pesquisa.

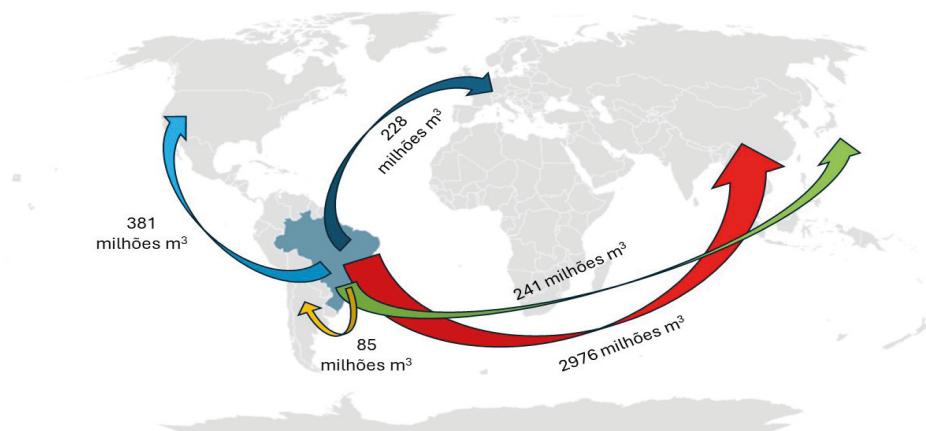


Figura 4. Importações de água virtual dos principais parceiros comerciais do Brasil, 2020.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que o Brasil é um grande exportador de *commodities* agrícolas e de água virtual contribuindo para a segurança alimentar dos países importadores e, de forma conjunta, para o equilíbrio dos recursos hídricos no mundo. No entanto, é importante conhecer e mensurar os fluxos de água a fim de gerenciar adequadamente os próprios recursos hídricos. As mudanças climáticas e seus impactos sobre a disponibilidade de água e modificações dos regimes de chuva podem levar à escassez deste recurso em determinadas regiões do país.

A economia de água e melhor gerenciamento dos recursos hídricos são demandas para todos os setores da economia. Na agropecuária, o desenvolvimento de novas tecnologias tais como irrigação por gotejamento e a manutenção de cobertura do solo reduzem a necessidade de água e melhoram a conservação da umidade. A captação e armazenamento da água da chuva, melhoramento genético obtendo-se cultivares tolerantes à seca podem auxiliar no aumento da eficiência do uso da água. Na pecuária, o tratamento de dejetos, produção de gás, energia e reuso da água podem aumentar a eficiência do uso da água. Nos setores industriais, a reutilização da água, principalmente para atividades não exigentes de potabilidade. Nos setores de serviços, a expansão do uso consciente da água e adoção de práticas sustentáveis como o reuso e torneiras com acionamento automático podem ajudar na economia dos recursos hídricos (Santos e Spolador, 2022; Silveira e Trentin, 2023; Prado et al., 2017; Montoya e Finamore, 2020; Mierzwa e Hespanhol, 2015; Telles e Costa, 2007).

A Figura 5 mostra os impactos estimados do comércio internacional do Brasil em relação às emissões de gases de efeito estufa (GEE). Os valores totais indicam que o Brasil é superavitário em exportações de dióxido de carbono equivalente, exceto com a Argentina. Ao todo, em 2020 foram exportadas cerca de 418 gigatoneladas de GEE e importadas 137 gigatoneladas, gerando um saldo positivo de aproximadamente 281 gigatoneladas de GEE. Ao todo, foram emitidas 1164 gigatoneladas de GEE pelo sistema produtivo do Brasil (Lenzen et al., 2022), o que significa que 36% dessas emissões foram resultado da produção de bens e serviços para as exportações.

A demanda da China, principal importador de produtos brasileiros, gerou cerca de 158 gigatoneladas de CO<sub>2eq</sub> em 2020 e as importações de produtos chineses pelo Brasil geraram 39 gigatoneladas resultando em saldo positivo de cerca de 120 gigatoneladas. A exceção ocorre somente com a Argentina, comércio com saldo negativo para o Brasil em termos de emissões de GEE. Portanto, além de ser exportador de recursos hídricos, o Brasil emite mais carbono internamente com suas exportações do que é emitido com o impacto de suas importações do restante do mundo. Isso inclui a China, apesar de seu grau de industrialização elevado e matriz de energia menos limpa relativamente que o Brasil. Os resultados indicam que fatores como o sistema produtivo, mudança do uso da terra e uso de combustíveis fósseis causam alto impacto na agropecuária, setor que é o principal exportador do Brasil. Ao contrário das variáveis renda e postos de trabalho, as variáveis

ambientais de água azul e emissões de GEE estão mais alinhadas proporcionalmente, ambas estando próximas de 40% dos valores totais do sistema produtivo, o que demonstra que a atividade agrícola demanda uma grande quantidade de recursos ambientais.

Considerando a necessidade da mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), tem-se como principais estratégias na agropecuária a integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) com sistemas produtivos que combinam culturas agrícolas, pecuária e florestas promovendo o sequestro de carbono e melhor qualidade do solo. O uso da técnica de plantio direto reduzindo a movimentação do solo e minimizando a liberação de carbono e a fixação biológica de nitrogênio no solo por meio do cultivo de leguminosas. Na pecuária, a recuperação de pastagens degradadas com restauração de áreas para aumentar o sequestro de carbono. Nos setores industriais, o aumento da eficiência energética pelo desenvolvimento de novas tecnologias que reduzam o consumo de energia e com maior participação de fontes renováveis, além de processos industriais menos poluentes (Manzato et al., 2020; Perosa et al., 2020; Madari et al., 2018; Castro, 2023; Soares e Cunha, 2019).

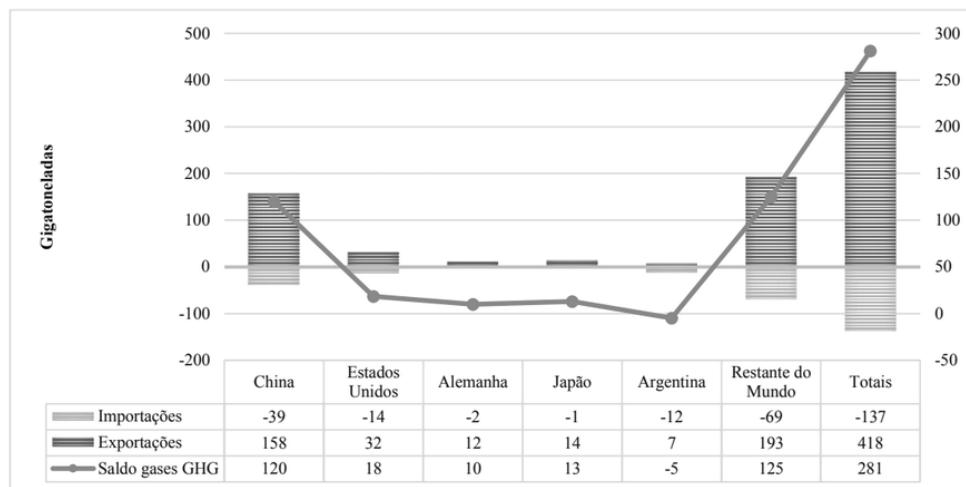


Figura 5. Impactos das exportações, importações e saldo de emissões de GEE do comércio exterior do Brasil e seus principais parceiros comerciais, 2020. Valores em Gigatoneladas.

Fonte: resultados da pesquisa.

## CONCLUSÕES

O saldo positivo da balança comercial do Brasil no ano 2020 determinou benefícios econômicos de geração de valor adicionado em torno de 209 bilhões de dólares e cerca de 15 milhões de empregos, com efeitos das importações em 184 milhões de dólares e 7,2 milhões de empregos nos parceiros comerciais. Os custos ambientais estimados foram a exportação líquida de cerca de 5,2 bilhões de metros cúbicos (exportação de 7,4 menos 2,2 importados) e geração de 418 Gigatoneladas (Gt) de CO<sub>2eq</sub> por exportações, sendo que as importações geraram externamente 137 Gt.

As quantidades de água azul e CO<sub>2eq</sub> exportados para o mundo representaram valores próximos do triplo do que o Brasil importa, sendo que 42% do uso da água azul e 36% das emissões de GEE em 2020 foram resultados das exportações. Os resultados mostraram que o país tem impactos econômicos e ambientais importantes em seus parceiros comerciais, notadamente China e Estados Unidos, ofertando produtos intensivos em trabalho e recursos naturais (*commodities* agropecuárias). Os impactos econômicos representaram aproximadamente 15% da economia (empregos e renda) e os impactos ambientais em valores próximos de 40%.

O aumento do valor agregado nas exportações brasileiras por meio da industrialização é uma forma de potencializar os benefícios econômicos internos. Além disso, a diminuição dos impactos ambientais das exportações com melhor gerenciamento de recursos hídricos, desenvolvimento de tecnologias que aumentam a eficiência do uso da água e mitigação das emissões contribuirão para a melhor sustentabilidade da produção e a competitividade no futuro. Portanto, novos estudos sobre o tema podem focar no custo ambiental das exportações e soluções para aumento da sustentabilidade, principalmente nas cadeias produtivas do agronegócio.

## REFERÊNCIAS

ARBOLEYA-LOPES, W.F.; SESSO FILHO, U.A.; ESTEVES, E.G.Z. Estimativa do impacto do comércio Brasil-China sobre o trabalho por nível de qualificação. **Geosul** (UFSC), v. 35, p. 581, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.5007/2177-5230.2020v35n77p581>. Acesso em: 15 mar. 2024.

CAMPOS, R. F. Pegada de carbono: a relação entre mudanças climáticas e hábitos insustentáveis. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-16, 2011.

CARMO, R.L.; OJIMA, A.L.R.O.; OJIMA, R.; NASCIMENTO, T.T., ABDANUR, E., & BRITO, L. Virtual water, scarcity and management: Brazil as a large water exporter. **Ambiente & Sociedade**, v.4, 2008. Disponível em: [http://socialsciences.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2008000100002&lng=en&tlang=en](http://socialsciences.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2008000100002&lng=en&tlang=en). Acesso em: 15 mar. 2024.

CASTRO, M. M. DE. **Sustentabilidade na pecuária brasileira: o papel da indústria frigorífica no monitoramento de impactos ambientais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/39236/1/SustentabilidadePecuariaBrasileira.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2024.

GLORIA. Global Resource Input Output Assessment (Gloria). Disponível em: <https://ielab.info/labs/ielab-gloria>. Acesso em: 24 jan. 2024.

LENZEN, M.; Geschke, A.; Abd Rahman, M. D.; Xiao, Y.; Fry, J.; Reyes, R.; Dietzenbacher, E.; Inomata, S.; Kanemoto, K.; Los, B.; Moran, D.; Schulte in den Bäumen, H.; Tukker, A.; Walmsley, T.; Wiedmann, T.; Wood, R. and Yamano, N. The Global MRIO Lab – charting the world economy. **Economic Systems Research**, v.29, p.158-186, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/09535314.2017.1301887>. Acesso em: 15 mar. 2024.

LENZEN, M.; Geschke, A.; West, J.; Fry, J.; Malik, A.; Giljum, S.; Milà i Canals, L.; Piñero, P.; Lutter, S.; Wiedmann, T.; Li, M.; Sevenster, M.; Potočnik, J.; Teixeira, I.; Van Voore, M.; Nansai, K. and Schandl, H. Implementing the material footprint to measure progress towards Sustainable Development Goals 8 and 12, **Nature Sustainability**, v.5, p.157-166, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00811-6>. Acesso em: 15 mar. 2024.

MADARI, B.E.; CUADRA, S.V.; OLIVEIRA, P.P.A.; HIGA, R.C.V.; RAMOS, N.P.; DE ANDRADE, C.A.; KEMENES, A. and GONDIM, R.S. O papel da agricultura na mitigação das emissões de gases de efeito estufa. In: CUADRA, S. V.; HEINEMANN, A. B.; BARIONI, L. G.; MOZZER, G. B.; BERGIER, I. (Ed.). **Ação contra a mudança global do clima: contribuições da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

MANZATTO, C. V.; DE ARAUJO, L. S.; ASSAD, E. D.; SAMPAIO, F. G.; SOTTA, E. D.; VICENTE, L. E.; ... & VICENTE, A. K. **Mitigação das emissões de gases de efeitos estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC**: estimativas parciais, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1123612>. Acesso em: 20 abr. 2024.

MEKONNEN, M.M.; HOEKSTRA, A.Y. Blue water footprint linked to national consumption and international trade is unsustainable. **Nature Food**, 1, 792–800, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00198-1>. Acesso em: 21 fev. 2024.

MIERZWA, J.C.; HESPAÑOL, I. **Água na indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MONTOYA, M. A. & FINAMORE, E. B. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: Uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. **Revista Brasileira De Economia**, 74(4), 441–464, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0034-7140.20200021>. Acesso em: 28 abr. 2024.

MONTOYA, M.A. A pegada hídrica da economia brasileira e a balança comercial de água virtual: uma análise insumo-produto. **Economia Aplicada**, v. 24, n. 2, p. 215-248, 2020.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Disponível em: <https://www.oecd.org/en/data/datasets/input-output-tables.html>. Acesso em: 20 jan. 2024.

OLIVEIRA, L.R.; CANQUERINO, Y.K.; SHIKIDA, P.A.; Sesso Filho, U.A. Sizing of the Brazilian Sugar Manufacturing Sector and Economic Impacts of its Exports. **IOSR Journal of Business and Management**, v. 26, p. 1-9, 2024. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol26-issue5/Ser-3/A2605030109.pdf>. Acesso em: 11 de maio 2024.

PEROSA, B.; MANZATTO, C.; VICENTE, L.E.; VICENTE, A.K.; SPINELLI-ARAUJO, L.; ASSAD, E. e GURGEL, A. Emissões de gases do efeito estufa pela agricultura de baixa emissão de carbono. **AgroANALYSIS**, v.40, n.5, p.29-31, 2020. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/view/86350/81292>. Acesso em: 14 abr. 2024.

PRADO, R. B.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; MARQUES, G. Uso e gestão da água: desafios para a sustentabilidade no meio rural. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 43, n. 2, p. 43-48, maio/ago. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/167338/1/2017-043.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2024.

SANTOS, P.F.A.; SPOLADOR, H.F.S. Valoração econômica da água na suplementação hídrica da agricultura brasileira em um modelo multisectorial de crescimento. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. 1, p. e238057, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.238057>. Acesso em: 12 abr. 2024.

SANTOS, T. de L.; BARROS, V. da S.; FIGUEIREDO, M. C. B. de; NUNES, A. B. de A.; GONDIM, R. S.; ARAGAO, F. A. S. de; SOUSA, J. A. de. **Pegada de carbono de produtos agrícolas: estudo de caso do melão Cantaloupe**. 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/982137>. Acesso em: 07 abr. 2024.

POMPERMAYER SESSO, P.; SESSO FILHO, U.A.; PEREIRA, L.F.P. Dimensionamento do agronegócio do café no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 38, p. 1-17, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2021.v38.26901>. Acesso em: 05 mar. 2024.

SILVEIRA, M. C. T.; G. TRENTIN. **Manejo da água na pecuária: aplicação de conceitos, princípios e práticas para racionalizar seu uso**, Embrapa, 2023. 73p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1152726/1/LivroAguanaPecuaria.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2024.

SOARES, T. C., & CUNHA, D. A. Emissões de gases de efeito estufa e eficiência ambiental no Brasil. **Nova Economia**, v.29, n.2, p.429–458, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-6351/3795>. Acesso em: 18 mar. 2024.

TELLES, D.D.; COSTA, R.H.P.G. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. Editora Blucher, 2007.

YANG, H., WANG, L., ABBASPOUR, K. C., AND ZEHNDER, A. J. B. Virtual water trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade, **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, v.10, p.443–454, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/hess-10-443-2006>. Acesso em: 25 mar. 2024.