

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

MARCO ANTÔNIO ARROYO SANTOS

EXPORTAÇÃO DE ÁGUA VIRTUAL E ESTRESSE HÍDRICO NO BRASIL

Campinas

2025

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

ESCOLA DE ECONOMIA E NEGÓCIOS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM SUSTENTABILIDADE

MARCO ANTÔNIO ARROYO SANTOS

EXPORTAÇÃO DE ÁGUA VIRTUAL E ESTRESSE HÍDRICO NO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sustentabilidade (PPGS) da Escola de Economia e Negócios da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas) como exigência para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade.

Área de Concentração: Sustentabilidade

Linha de Pesquisa: Planejamento, Gestão e Indicadores de Sustentabilidade.

Orientadora: Profa. Dra. Bruna Angela Branchi

Campinas

2025

S237e	Santos, Marco Antônio Arroyo Exportação de água virtual e estresse hídrico no Brasil / Marco Antônio Arroyo Santos. - Campinas: PUC-Campinas, 2025. 113 f. Orientador: Bruna Angela Branchi. Dissertação (Mestrado em Economia) - Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Economia e Negócios, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2025. Inclui bibliografia. 1. Comércio internacional. 2. Água virtual. 3. Sustentabilidade hídrica. I. Branchi, Bruna Angela. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Escola de Economia e Negócios. Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade. III. Título.
-------	---

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

ESCOLA DE ECONOMIA E NEGÓCIOS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM SUSTENTABILIDADE

MARCO ANTÔNIO ARROYO SANTOS

EXPORTAÇÃO DE ÁGUA VIRTUAL E ESTRESSE HÍDRICO NO BRASIL

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado em Sustentabilidade da PUC-Campinas, e aprovada pela Banca Examinadora.

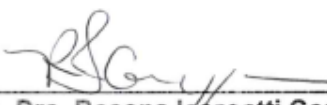
APROVADO: 29 de agosto de 2025.



Profa. Dra. Bruna Angeia Branchi
(Orientadora - PUC-CAMPINAS)



Profa. Dra. Denise Helena Lombardo Ferreira
(PUC-CAMPINAS)



Profa. Dra. Rosana Grassatti Corazza
(UNICAMP)

AGRADECIMENTOS

Essa dissertação é o resultado de uma rica caminhada de mais de dois anos.

Deixo meus sinceros agradecimentos às pessoas que contribuíram para que esse estudo fosse finalizado.

Agradeço inicialmente minha orientadora - Profa. Dra. Bruna Angela Branchi – pela sua dedicação ao logo desses dois anos de curso! Ela participou de cada etapa. Elaboração de cronogramas, acompanhamento das etapas, discussão de temas, indicação de livros, indicação de ferramentas de pesquisa e de busca, indicação de artigos, enfim, tudo o que se pode esperar de alguém que se dedica de corpo e alma à pesquisa e que tem inegavelmente vocação para ensinar como pesquisar.

Agradeço minha esposa, Cynthia Arroyo, que me deu o suporte necessário para ler o que precisei ler e que, com paciência, ouviu teorias sobre assuntos que estão distantes do nosso cotidiano.

Agradeço a bibliotecária Elaine de Aquino, uma das pessoas que revisou o escrito, pelas observações feitas e correções sugeridas com o objetivo de deixar a dissertação dentro das normas de formalização da PUC-Campinas.

Agradeço por fim a todas os funcionários da universidade, da biblioteca, da coordenação de pós-graduação e do corpo docente que me deram o suporte material e intelectual para concluir esta dissertação.

Agradeço à PUC-Campinas pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* como aluno bolsista-parcial.

RESUMO

O estudo aborda os efeitos da expansão da fronteira agroexportadora brasileira, que se baseia em uma inserção internacional fortemente dependente da exportação de produtos de alta intensidade hídrica. Essa estratégia tem gerado crescentes tensões entre desenvolvimento econômico, conservação dos recursos hídricos e justiça socioambiental, em um cenário de aumento da demanda global por *commodities*. O Brasil se consolida como um dos principais exportadores líquidos de água virtual no mundo, com destaque para os volumes incorporados em produtos agropecuários como soja, carne bovina, milho, cana-de-açúcar e algodão. Essa dinâmica, no entanto, tem ocorrido em detrimento da sustentabilidade hídrica de algumas regiões produtoras, afetando negativamente comunidades vulneráveis, contribuindo para o agravamento das desigualdades territoriais e exigindo o alinhamento entre políticas de comércio exterior e sustentabilidade ambiental. O objetivo geral da pesquisa é analisar o modelo de inserção do Brasil no comércio internacional a partir da relação entre a exportação de produtos de alta intensidade hídrica e a conservação dos recursos hídricos nacionais, com enfoque nos aspectos econômicos, ambientais e sociais. A metodologia empregada é qualitativa e exploratória, composta por revisão sistemática da literatura e pesquisa documental. Foram selecionados e analisados 38 documentos provenientes de bases científicas internacionais e nacionais, utilizando-se técnicas adaptadas de análise de conteúdo. A pesquisa documental incluiu a consulta a fontes oficiais, bases de dados acadêmicas e documentos institucionais, especialmente aqueles relacionados aos instrumentos de incentivo e às políticas comerciais voltadas ao agronegócio. Os resultados da revisão sistemática e da pesquisa documental apontam que a exportação de produtos agropecuários de elevado consumo hídrico impacta fortemente regiões como o Cerrado, MATOPIBA, Oeste Baiano e Amazônia. Nessas áreas, observam-se escassez hídrica, degradação dos sistemas de bacias hidrográficas e conflitos pelo uso da água, em um contexto marcado pela falta de articulação entre as políticas comerciais e a governança hídrica, com impactos sociais negativos sobre comunidades vulneráveis. Além disso, identificou-se que essas cadeias produtivas concentram o acesso a crédito subsidiado, isenções fiscais e investimentos em infraestrutura, frequentemente sem contrapartidas ambientais relevantes, o que contribui para a perpetuação de um padrão exportador intensivo em água e para a externalização dos custos ambientais e sociais. A conclusão é a de que o modelo brasileiro de inserção internacional compromete a sustentabilidade dos recursos hídricos, aprofunda desigualdades socioambientais e impõe custos não internalizados às regiões produtoras. Recomenda-se, portanto, a incorporação da variável hídrica nas avaliações de impacto comercial; a vinculação de incentivos públicos à adoção de tecnologias sustentáveis; e o alinhamento efetivo entre as políticas de comércio exterior e a Política Nacional de Recursos Hídricos, como caminhos para promover um desenvolvimento ambientalmente mais responsável.

Palavras-chave: Comércio internacional. Água virtual. Sustentabilidade hídrica. Agronegócio brasileiro. Políticas públicas.

ABSTRACT

The study addresses the effects of the expansion of the Brazilian agro-export frontier, which is based on an international insertion strongly dependent on the export of high water-intensity products. This strategy has generated increasing tensions among economic development, water resource conservation, and socio-environmental justice, amid growing global demand for *commodities*. Brazil has established itself as one of the world's leading net exporters of virtual water, especially through the volumes embedded in agricultural products such as soybeans, beef, corn, sugarcane, and cotton. This dynamic, however, has taken place to the detriment of water sustainability in certain producing regions, negatively affecting vulnerable communities, deepening territorial inequalities, and demanding alignment between foreign trade policies and environmental sustainability. The general objective of the research is to analyze Brazil's model of integration into international trade, focusing on the relationship between the export of high water-intensity products and the conservation of national water resources, with an emphasis on economic, environmental, and social dimensions. The methodology used is qualitative and exploratory, comprising a systematic literature review and a documentary research. A total of thirty-eight documents from international and national scientific databases were selected and analyzed, using adapted content analysis techniques. The documentary research included consultation of official sources, academic databases, and institutional documents, especially those related to incentive instruments and commercial policies targeting agribusiness. The results of the systematic review and documentary research indicate that the export of water-intensive agricultural products strongly impacts regions such as the Cerrado, MATOPIBA, Western Bahia, and the Amazon. In these areas, there is evidence of water scarcity, degradation of river basin systems, and conflicts over water use, within a context marked by a lack of coordination between trade policies and water governance, with negative social impacts on vulnerable communities. Furthermore, the study identified that these production chains concentrate access to subsidized credit, tax exemptions, and infrastructure investments, often without significant environmental counterparts, which contributes to perpetuating a water-intensive export pattern and the externalization of environmental and social costs. The conclusion is that the Brazilian model of international integration undermines the sustainability of water resources, deepens socio-environmental inequalities, and imposes unaccounted costs on producing regions. It is therefore recommended to incorporate the water variable into trade impact assessments; to link public incentives to the adoption of sustainable technologies; and to pursue effective alignment between foreign trade policies and the National Water Resources Policy, as pathways to promote a more environmentally responsible development model.

Keywords: International trade. Virtual water. Water sustainability. Brazilian agribusiness. Public policies.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resultados preliminares da busca em bases de dados selecionadas – documentos publicados a partir do ano de 2005.....	32
Quadro 2 – Acordos comerciais celebrados pelo Brasil/Mercosul	68
Quadro 3 – Alocação e concentração dos recursos de crédito rural no Brasil (2023-2025)....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa temático mundial de fluxos de água virtual	23
Figura 2 - Matopiba em relação ao Brasil.....	55
Figura 3 - Matopiba e os estados que a formam.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AAP** – Acordo de Alcance Parcial
- ABC** - Agricultura de Baixo Carbono
- ALADI** – Associação Latino-Americana de Integração
- ANA** – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
- BDia** – Banco de Informações Ambientais
- BDTD** – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
- BNB** – Banco do Nordeste do Brasil
- BNDES** – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
- CAPES** – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CDA** – Certificado de Depósito Agropecuário
- CDCA** – Certificado de Direitos Creditórios do Agronegócio
- CEAA** – Contas Econômicas Ambientais da Água
- CEPEA** - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
- CMN**- Conselho Monetário Nacional
- CPR**- Cédula de Produto Rural
- CPT** – Comissão Pastoral da Terra
- CRA**- Certificado de Recebíveis do Agronegócio
- CSLL** - Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
- CWR** – Requisito Hídrico das Culturas
- EFTA** – *European Free Trade Association*
- FAMPE**- Fundo de Aval às Micro e Pequenas Empresas
- FAO** – *Food and Agriculture Organization*
- FNE** – Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
- FNO** – Fundo Constitucional de Financiamento do Norte
- FCO** – Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste
- FIAGRO** – Fundo de Investimento nas Cadeias Produtivas Agroindustriais
- GIRH** – Gestão Integrada de Recursos Hídricos
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICMS** – Imposto sobre Circulação de Mercadorias
- IPEA** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- IPI** – Imposto sobre Produtos Industrializados

IRPJ – Imposto de Renda Pessoa Jurídica

LCA- Letra de Crédito do Agronegócio

MAPA –Ministério da Agricultura e Pecuária

MATOPIBA – Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

MEI – Microempreendedor Individual

MEMP- Ministério do Empreendedorismo, da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte

MERCOSUL – Mercado Comum do Sul

NAFTA – *North American Free Trade Agreement*

NIB – Nova Indústria Brasil

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*

OMC – Organização Mundial do Comércio

ONU – Organização das Nações Unidas

PCA - Programa para Construção de Armazéns

PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas

PH – Pegada Hídrica

PIB – Produto Interno Bruto

PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

PROINFA- Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

PRONAFE – Programa nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

PSA – Pagamento por Serviços Ambientais

PTA – *Preferential Trade Agreement*

RTA – *Regional Trade Agreement*

RSL – Revisão Sistemática da Literatura

SciELO – *Scientific Electronic Libray Online*

SEEA-Water – *System of Environmental-Economic Accounting for Water*

Siscomex – Sistema Integrado de Comércio Exterior

SNCR- Sistema nacional de Crédito Rural

TI- Tecnologia da Informação

TPP – *Trans-Pacific Partnership*

TSD – *Trade and Sustainable Development*

UE – União Européia

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNDP – *United Nations Development Programme*

UNEP – *United Nations Environment Programme*

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

USMCA - Acordo Estados Unidos – México – Canadá

USP – Universidade de São Paulo

WoS – *Web of Science*

WTO – *World Trade Organization*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Problema de pesquisa	13
1.2	Hipóteses	13
1.3	Objetivos	13
1.4	Justificativas	14
1.5	Estrutura da dissertação	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Água virtual: conceito e importância	16
2.1.1	Introdução ao conceito de água virtual e sua relevância no comércio internacional	16
2.1.2	Metodologias de cálculo da água virtual e respectivos indicadores	18
2.2	Relação entre comércio exterior e recursos hídricos	20
2.2.1	Conexões entre exportação e impactos nos recursos hídricos	20
2.2.2	Externalidades positivas e negativas relacionadas ao comércio exterior	24
2.3	Comércio internacional, dependência hídrica e a governança hídrica	26
2.3.1	Dependência hídrica e comércio internacional	26
2.3.2	Governança hídrica e dependência hídrica	27
3	METODOLOGIA	31
3.1	Revisão sistemática de literatura	31
3.2	Pesquisa documental e bibliográfica	34
4	RESULTADOS - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	37
4.1	Cenário internacional	
4.2	Cenário brasileiro	37
4.3	Regiões críticas brasileiras	50
4.4	A exportação de commodities intensivas em água	53
4.5	Discussão	56
4.5.1	Convergências entre produção para exportação e escassez hídrica	57
4.5.2	Desconsideração dos custos ambientais e ausência de mecanismos de compensação	59
4.5.3	Fraquezas institucionais na governança da água	60
4.5.4	Lacunas e limitações na produção científica	
4.6	Considerações finais da revisão sistemática de literatura	62
5	RESULTADOS – PESQUISA DOCUMENTAL E BIBLIOGRÁFICA	65

5.1	Acordos comerciais celebrados pelo Brasil.....	65
5.2	A legislação de proteção dos recursos hídricos	71
5.3	A aplicação de sanções comerciais ao Brasil.....	72
5.4	Incentivos à produção de commodities intensivas em recursos hídricos	73
5.5	Discussão	84
5.6	Considerações finais da pesquisa documental e bibliográfica.....	88
6	CONCLUSÃO	90
	REFERÊNCIAS	94

1 INTRODUÇÃO

A gestão sustentável dos recursos hídricos é um dos maiores desafios do século XXI, sendo central para a consecução do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6) da Organização das Nações Unidas (ONU), que visa "assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos" (ONU, 2015, p. 18). A crescente pressão sobre os recursos hídricos decorre do aumento populacional, da urbanização acelerada, das mudanças climáticas e da intensificação das atividades agrícolas e industriais, resultando em *déficits* hídricos críticos em diversas regiões do mundo (Siefert; Góes, 2023). Essa desigualdade na distribuição territorial da água intensifica a vulnerabilidade socioeconômica dos países e regiões com escassez hídrica, os quais enfrentam desafios mais severos na garantia da segurança alimentar, no abastecimento de água potável e no desenvolvimento sustentável (Hoekstra; Chapagain; Van Oel, 2017).

Na confluência dessas circunstâncias, que tensionam os recursos hídricos, o conceito de “água virtual” ganha relevância por se referir à quantidade de água utilizada no processo de produção de bens agrícolas ou industriais, incorporada indiretamente no produto (Allan, 1998). Esse conceito destaca o consumo de água que, embora invisível ao consumidor, está embutido nos bens. Por exemplo, a produção de um quilo de grão pode demandar de 1 a 5 metros cúbicos de água, dependendo das condições climáticas e do nível de evapotranspiração (Hoekstra; Hung, 2002).

Uma ferramenta desenvolvida sobre o conceito de água virtual é a pegada hídrica de um país, assim definida como a soma do consumo doméstico de água e a importação líquida de água virtual, funcionando como um indicador abrangente do uso global de recursos hídricos. Assim como a pegada ecológica mensura o impacto territorial da produção de bens e serviços, a pegada hídrica engloba o uso de águas superficiais, subterrâneas e pluviais, embora os dados sobre o uso da água das chuvas sejam muitas vezes limitados (Hoekstra; Hung, 2002).

No cenário do comércio internacional, enquanto algumas nações dependem da importação de produtos agrícolas e industriais intensivos em água — refletindo no comércio de água virtual — outras exportam grandes volumes desses produtos, sem internalizar os custos ambientais dessa prática (Yueyue *et al.*, 2022). O comércio virtual de água é uma ferramenta com potencialidade para mitigação da escassez hídrica global, permitindo que países com recursos limitados importem produtos de regiões com maior disponibilidade de água, redistribuindo recursos hídricos, aliviando o estresse hídrico e fortalecendo a gestão sustentável

(Fu; Xu; Huang, 2021). Observa-se na União Europeia, a influência de fatores econômicos nesse comércio de água, cuja contribuição cumulativa para exportações de água virtual atingiu 1 936 milhões de m³ (Fu; Xu; Huang, 2021). Essa interdependência entre países no comércio de água virtual reflete a diversidade de estratégias adotadas: enquanto algumas nações priorizam a exportação para capitalizar sua abundância hídrica, outras optam pela importação para conservar seus recursos, realçando o papel do comércio virtual no equilíbrio entre as necessidades nacionais e as demandas internacionais, daí a importância da cooperação internacional e da transferência de tecnologia são elementos para aprimorar a governança da água mediante a promoção de práticas hídricas mais eficientes e o fomento de esforços colaborativos (Fu; Xu; Huang, 2021).

O Brasil situa-se como um dos países ricos em recursos hídricos, sendo um dos grandes exportadores de água virtual e enfrenta grandes desafios relacionados à distribuição desigual da água e à gestão integrada de recursos hídricos (Siefert; Góes, 2023). A exportação de água virtual se dá por meio das exportações de *commodities* agropecuárias, produtos primários de origem agrícola ou pecuária, produzidos em larga escala, padronizados e com baixo grau de industrialização, negociados principalmente no mercado internacional (Sesso Filho *et al.*, 2006). Entre as agrícolas, destacam-se soja, milho, trigo, açúcar, café e algodão, enquanto as pecuárias incluem carnes e leite (Plata; Conceição, 2021). A exportação desses produtos está diretamente relacionada ao conceito de água virtual, que representa o volume de água incorporado nos bens exportados — desde a irrigação até a criação animal (Carmo *et al.*, 2007), estimando-se que, em 2015, o país tenha exportado cerca de 230,8 bilhões de metros cúbicos de água virtual, principalmente para Europa, Ásia e América do Norte (Sesso Filho *et al.*, 2024).

Por sua vez, o Brasil é um país que enfrenta grandes desafios relacionados à distribuição desigual da água e à gestão integrada de recursos hídricos (Siefert; Góes, 2023). A desigualdade da distribuição da água no território brasileiro é notada quando se constata que a maior parte da disponibilidade hídrica do país se concentra na região Norte, enquanto o semiárido nordestino e grandes centros urbanos do Sudeste sofrem com a escassez (Santos; Alves, 2020). Em paralelo, a intensificação da demanda hídrica pelo agronegócio, que representa a principal fonte de consumo de água no país, impõe dificuldades à governança e à formulação de políticas públicas voltadas à conservação dos recursos hídricos (Siefert; Góes, 2023). No que concerne ao desafio de gestão integrada, a contabilidade hídrica e a adoção de ferramentas como o *System of Environmental-Economic Accounting for Water* (SEEA-Water) podem contribuir para aprimorar a gestão dos recursos hídricos e alinhar as práticas comerciais com a sustentabilidade

ambiental (Siefert; Góes, 2023), mas, para que essas abordagens sejam eficazes, o país deve implementar políticas que incentivem o uso eficiente da água na produção agrícola e industrial, promovendo a exportação de produtos menos intensivos em recursos hídricos e reduzindo o impacto ambiental das atividades econômicas (Hoekstra; Chapagain; Van Oel, 2017; JianMarggraf, 2023).

1.1 Problema de pesquisa

Diante da interdependência entre comércio internacional e gestão hídrica, este estudo busca responder à seguinte questão: quais os impactos do comércio internacional brasileiro de *commodities* agropecuárias sobre a conservação dos recursos hídricos nacionais?

1.2 Hipóteses

Partindo dessa pergunta, as hipóteses que norteiam a investigação são as seguintes:

- a) a primeira aponta que as *commodities* agropecuárias exportadas pelo Brasil, com alto uso de água virtual, agravam o estresse hídrico em regiões críticas, comprometendo os recursos hídricos locais;
- b) a segunda aponta que as políticas comerciais brasileiras, como incentivos fiscais e acordos internacionais, favorecem a exportação de produtos intensivos em água virtual, ampliando os impactos negativos sobre os recursos hídricos nacionais.

1.3 Objetivos

Tendo como base a questão de pesquisa, define-se como objetivo geral deste estudo analisar o modelo de inserção brasileira no comércio internacional, a partir da conexão entre a exportação de produtos com alta intensidade hídrica e a conservação dos recursos hídricos nacionais, considerando aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Para alcançar esse objetivo, fixam-se objetivos específicos que buscam:

- a) analisar o impacto da exportação de produtos com maior intensidade hídrica sobre a disponibilidade de água em regiões críticas no território brasileiro; e

b) examinar as políticas comerciais vigentes no Brasil, especialmente no que se refere a incentivos, acordos comerciais e regulações ambientais, a fim de identificar como elas influenciam a exportação de produtos intensivos no uso de recursos hídricos.

1.4 Justificativas

Do ponto de vista social e ambiental, destaca-se a importância de buscar um equilíbrio à exportação de água virtual com a conservação dos recursos hídricos nacionais, especialmente em um cenário de crescente demanda mundial por produtos brasileiros, eventos climáticos extremos e escassez hídrica em regiões críticas do país. Estudos apontam que países não desenvolvidos, que exportam grandes volumes de água virtual, enfrentam custos ambientais e sociais desproporcionais dessa prática devido à ausência de políticas integradas e estratégias sustentáveis (D'Odorico *et al.*, 2019; Hoekstra; Chapagain, 2002; Hoekstra; Hung, 2002). Nesta linha, o Brasil, como um dos maiores exportadores globais de produtos agrícolas e industriais, desempenha papel de peso no comércio internacional de água virtual, sendo importante investigar como as práticas de comércio impactam a disponibilidade hídrica e os ecossistemas locais em ordem a alinhar sustentabilidade ambiental e gestão eficiente dos recursos naturais. Além disso, é grande a relevância política porque a adoção de práticas sustentáveis do ponto de vista hídrico pode contribuir para o cumprimento de compromissos internacionais, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, em especial o ODS 6, que trata da gestão sustentável da água.

De uma perspectiva acadêmica, a pesquisa contribui para a área de economia ao explorar as interconexões entre comércio internacional, gestão hídrica e sustentabilidade ambiental, ao analisar o modelo de inserção brasileira no comércio internacional, a partir da conexão entre a exportação de água virtual e a conservação dos recursos hídricos nacionais, considerando aspectos econômicos, ambientais e sociais, mormente quando a literatura acadêmica registra a carência de políticas integradas e incentivos à exportação de produtos de baixo consumo de água, cuja produção poderiam reduzir o impacto sobre os recursos hídricos locais e mitigar o estresse hídrico em regiões críticas (Balogh; Jámbor, 2020; Chouchane; Krol; Hoekstra, 2020; Rosa *et al.*, 2019). Além disso, a integração de países em desenvolvimento nas cadeias globais de suprimento, como o Brasil, muitas vezes intensifica os problemas de água por conta de modelos econômicos focados em recursos naturais.

A justificativa pessoal é a vontade de conhecer uma parte da relação entre exploração hídrica e o comércio exterior, especialmente sobre a possível existência de escassez hídrica em

algumas regiões do Brasil em decorrência das demandas internacionais. Subvalorizada em análises econômicas tradicionais, a água é um recurso finito cuja gestão inadequada compromete tanto os ecossistemas quanto a sustentabilidade econômica. A convergência entre o interesse acadêmico pela economia internacional e a preocupação ambiental torna essa pesquisa uma oportunidade para unir sustentabilidade e análise econômica em uma abordagem interdisciplinar que seja capaz de demonstrar a importância da água aos formuladores de políticas de exportação e importação.

1.5 Estrutura da dissertação

Para alcançar os objetivos propostos, a presente pesquisa será estruturada em quatro partes principais:

- pesquisa bibliográfica em bases de dados nacionais e estrangeiras abrangente sobre o tema em questão, com o objetivo de mapear os estudos existentes, analisar a evolução dos conceitos. Essa análise permitirá construir uma base sólida para a compreensão do estado da arte sobre exportação de água virtual e políticas de conservação hídrica, estabelecendo os fundamentos teóricos necessários para as etapas subsequentes;
- apresentação da metodologia usada na investigação, sendo que a escolha da revisão sistemática da literatura, da análise documental e da análise bibliográfica permitem selecionar, com procedimento científico, os artigos e documentos que analisam os impactos da exportação de produtos com maior intensidade hídrica sobre a disponibilidade de água em regiões críticas no território brasileiro;
- apresentação dos resultados da revisão sistemática da literatura, de textos acadêmicos e de documentos de instituições internacionais e da pesquisa documental e bibliográfica sobre políticas comerciais e ambientais, externas e internas, envolvendo o Brasil;
- na última parte são apresentadas as conclusões com o intuito de verificar se os objetivos foram atingidos total ou parcialmente e se houve contribuições da pesquisa para o estudo dos temas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Água virtual: conceito e importância

A água virtual é um conceito fundamental para compreender as interações entre recursos hídricos e comércio internacional. Esse conceito será explorado nos tópicos a seguir sob duas perspectivas complementares: primeira, discutindo-se sua definição e sua relevância no contexto global, destacando o papel do Brasil como um dos maiores exportadores líquidos e, segunda, apresentando-se as metodologias de cálculo e os principais indicadores para mensurar os impactos econômicos e ambientais do uso e consumo da água.

2.1.1 Introdução ao conceito de água virtual e sua relevância no comércio internacional

O conceito de água virtual refere-se à quantidade de água incorporada em bens e serviços ao longo de sua produção até o consumo final, embora essa água não esteja fisicamente presente no produto. Introduzido no início dos anos 1990, o termo rapidamente se consolidou como uma ferramenta essencial para compreender a interconexão entre o comércio internacional e a gestão dos recursos hídricos, sendo sua principal característica é a invisibilidade nos produtos e serviços (Allan, 2011). Esse conceito possibilita quantificar a pressão exercida sobre os recursos hídricos em diferentes localidades e avaliar as trocas hídricas indiretas entre países mascaradas pelos fluxos de produtos no mercado global (Hoekstra; Hung, 2002).

A relevância do conceito de água virtual é acentuada em contextos de escassez hídrica, uma vez que países com disponibilidade limitada de água podem importar produtos com alta demanda hídrica em vez de produzi-los internamente, aliviando a pressão sobre seus próprios recursos (Hoekstra; Hung, 2002). Consequentemente a globalização econômica tem reflexos também na transferência de recursos naturais, especialmente a água, com impactos particularmente negativos quando interessa regiões que já enfrentam estresse hídrico — situação que ocorre quando a demanda por água excede a disponibilidade, ou quando a má qualidade restringe seu uso. Os efeitos desse fenômeno incluem a superexploração de aquíferos, secamento de rios, eutrofização, poluição por matéria orgânica e intrusão salina (EEA, 1999; Xu *et al.*, 2018; Dandan *et al.*, 2019).

No plano internacional, cerca de 20% a 24% da água usada globalmente na produção de alimentos é comercializada de forma indireta por meio de produtos, o que demonstra o papel crítico do setor agrícola nesse contexto (Rosa *et al.*, 2019). Entretanto, os fluxos de água virtual nem sempre seguem uma lógica de transferência de água de regiões abundantes para regiões escassas. Fatores econômicos e políticos muitas vezes definem os padrões de comércio, ignorando a distribuição desigual dos recursos hídricos (Dandan *et al.*, 2019). Com isso, o comércio pode tanto mitigar *déficits* hídricos, como ocorre no Egito com a importação de produtos agrícolas, quanto ocultar impactos ambientais severos, postergando a adoção de políticas eficazes de conservação (Allan, 2011).

Além disso, a água virtual constitui um indicador relevante para avaliações ambientais e econômicas. Por meio da análise da pegada hídrica, é possível compreender as consequências do uso de um recurso natural escasso, considerando sua distribuição geográfica desigual (Montoya, 2020). Nesse sentido, o conceito torna-se fundamental para mensurar os impactos ambientais associados ao comércio internacional e embasar a formulação de políticas comerciais voltadas ao uso eficiente e sustentável da água.

O Brasil ocupa um papel de destaque nesse cenário global. Como um dos maiores exportadores de produtos agrícolas, é também um dos maiores exportadores líquidos de água virtual. Estima-se que o saldo exportador anual brasileiro seja suficiente para abastecer quase 80 milhões de pessoas em outros países (Montoya, 2020). Esse dado expressivo revela como o país contribui para o equilíbrio global do abastecimento hídrico, ao mesmo tempo em que deve enfrentar o desafio de alinhar crescimento econômico com sustentabilidade ambiental.

A importância da água virtual também se projeta sobre a necessidade de instrumentos técnicos e políticos para mitigar seus impactos negativos. Uma das abordagens propostas por Namany *et al.* (2020) é a utilização do *Crop Water Requirement* (CWR), um indicador que quantifica a demanda hídrica das culturas e pode servir como base para a tomada de decisões no setor agrícola. Tal proposta reforça a importância de estratégias que integrem sustentabilidade ambiental à formulação de políticas públicas, sobretudo em regiões vulneráveis à escassez.

Como advertido por White *et al.* (2017), a especialização regional em determinados produtos pode gerar externalidades ambientais negativas para os países exportadores. O desmatamento, a degradação dos ecossistemas e a sobreutilização de recursos hídricos são exemplos de efeitos colaterais que comprometem a sustentabilidade a longo prazo, sobretudo em áreas ambientalmente frágeis.

2.1.2 Metodologias de cálculo da água virtual e respectivos indicadores

Os principais indicadores para mensurar a água virtual estão relacionados à quantificação do consumo hídrico em processos produtivos e ao impacto do comércio internacional sobre os recursos hídricos. Os mais utilizados são:

1. Pegada Hídrica (*Water Footprint*), que mede o volume total de água consumida, evaporada ou poluída para a produção de um bem ou serviço, e é composta por água azul (*blue water*): água retirada de rios, lagos e aquíferos, água verde (*green water*): água da chuva utilizada na produção, e água cinza (*grey water*): volume necessário para diluir poluentes até atingir padrões de qualidade aceitáveis (Hoekstra; Chapagain, 2007);

2. Intensidade Hídrica (*Water Intensity*), que mede a quantidade de água utilizada por unidade de produção agrícola ou industrial (litros/kg, m³/tonelada) e que faz a comparação entre diferentes culturas e produtos para avaliar sua eficiência hídrica (Chapagain; Hoekstra, 2004);

3. Balanço Hídrico Comercial (*Water Balance in Trade*), que calcula a diferença entre importação e exportação de água virtual por um país ou região (Dalin *et al.*, 2012);

4. Índice de Escassez Hídrica Ajustado pelo Comércio (*Trade-Adjusted Water Scarcity Index*), que avalia como o comércio internacional de água virtual afeta a escassez hídrica de uma região, identificando se um país está exportando produtos intensivos em água enquanto sofre com escassez hídrica interna (Oki; Kanae, 2004); e

5. Índice de Dependência de Água Virtual (*Virtual Water Dependency Index*), que mede a porcentagem de consumo hídrico interno suprida por importações de água virtual, permitindo ter uma ideia da vulnerabilidade de um país à disponibilidade hídrica externa (Hong; Lei; Zehnder, 2006).

Nesse tema, metodologias como a Pegada Hídrica (PH) e o Requisito Hídrico das Culturas (CWR) emergem como instrumentos fundamentais para mensurar os impactos ambientais e econômicos do uso da água (Namany *et al.*, 2020). O cálculo da água virtual envolve etapas metodológicas que incluem a análise da evapotranspiração de culturas, coeficientes de colheita e consumo de água por hectare.

A Pegada Hídrica é um dos principais indicadores nesse contexto, medindo o consumo total de água doce, abrangendo tanto o uso direto quanto o virtual, associado à produção de bens e serviços (Hoekstra, Huang, 2002). É composta da pegada hídrica verde, relacionada à chuva armazenada no solo; da pegada hídrica azul, retirada de corpos superficiais e

subterrâneos; e da pegada hídrica cinza, que mede o volume necessário para diluir poluentes e atender aos padrões de qualidade da água (Chapagain; Tickner, 2012). A distinção entre água verde e azul é relevante na análise da eficiência hídrica em setores como a agricultura, onde a transpiração das plantas e a evaporação desempenham papéis cruciais na produtividade (Hoekstra, 2019).

Dentro da atividade econômica, Hirschman (1958), propôs os conceitos de encadeamento para trás, que ocorre quando uma atividade econômica estimula investimentos em setores que fornecem insumos para ela, e encadeamento para frente, que se refere ao impacto na criação de indústrias que utilizam seus produtos como insumos. O uso desses conceitos no estudo da pegada hídrica permite mapear os fluxos de água incorporada em produtos ao longo das cadeias produtivas (Naspolini; Libra; Pérez-Urdiales, 2024). Uma abordagem similar foi usada por Hoekstra *et al.* (2011) quando afirmam que a pegada hídrica de um produto considera tanto o uso direto de água quanto o indireto, integrando os impactos hídricos em cada etapa da produção. No contexto da América Latina, Naspolini, Libra e Pérez-Urdiales (2024) analisam essas interconexões usando matrizes insumo-produto e destacam a relevância da agricultura para os fluxos de água virtual na região, revelando que setores agrícolas geram pressões intensas sobre os recursos hídricos devido a demandas crescentes de água direta e indiretamente incorporada em produtos exportados.

No Brasil, por exemplo, a Pegada Hídrica Nacional revelou um consumo de 22.012 hm³/ano, demonstrando a grande contribuição do setor agrícola na estimativa de água virtual para exportação (Montoya, 2020). Esses dados destacam a complexidade de integrar o consumo direto e indireto de água nas análises econômicas e ambientais, especialmente em economias exportadoras de *commodities* agropecuárias.

Sinisgalli e Tadeu (2012) ressaltam que a pegada hídrica contribui para compreender os impactos ambientais associados ao uso da água, incluindo a contaminação, possibilitando uma gestão mais sustentável. Indicadores específicos, como a razão entre a transpiração de água azul e a irrigação aplicada, ampliam essa análise, auxiliando na formulação de estratégias de manejo hídrico mais eficientes (Hoekstra, 2019).

A aplicação dessas metodologias no comércio internacional tem gerado discussões sobre a redistribuição global da água por meio da exportação de produtos. Estudos indicam que cerca de 15% da água consumida em irrigação insustentável é exportada virtualmente, o que exige a formulação de políticas integradas de segurança hídrica e alimentar (Rosa *et al.*, 2019). Como grande exportador de água virtual, o Brasil apresenta um saldo exportador líquido de 8.542

hm³/ano, em 2015, o que corresponde ao abastecimento de milhões de pessoas ao redor do mundo (Montoya, 2020). Assim, o cálculo da água virtual e da pegada hídrica fornece uma base sólida para a formulação de estratégias sustentáveis no comércio global e na gestão de recursos hídricos.

2.2 Relação entre comércio exterior e recursos hídricos

A relação entre o comércio exterior e os recursos hídricos têm despertado crescente atenção devido aos impactos ambientais e econômicos associados aos fluxos de água virtual. Este tópico aborda, primeiramente, como as exportações podem influenciar a disponibilidade hídrica em países exportadores, com ênfase nos desafios enfrentados pelo Brasil. Em seguida, são discutidas as externalidades positivas e negativas decorrentes do comércio, destacando tanto as oportunidades para conservação hídrica quanto os riscos ambientais e sociais que emergem dessa dinâmica.

2.2.1 Conexões entre exportação e impactos nos recursos hídricos

O aumento do volume de exportações tem amplificado os desafios relacionados ao consumo de água, tais como:

a) o esgotamento de aquíferos e sustentabilidade hídrica, situação decorrente do aumento da produção agrícola para exportação, especialmente em regiões como Índia, China e EUA, tem levado ao rápido esgotamento de aquíferos, ameaçando a sustentabilidade de longo prazo da produção de alimentos e da segurança hídrica global (Dalin *et al.*, 2017);

b) o uso intensivo de água azul em exportações de alto valor, como frutas e vegetais, aumenta o estresse hídrico em regiões produtoras, especialmente em países de baixa e média renda (Schwarz; Mathijs; Maertens, 2019);

c) a pressão regional causada por setores intensivos em água na China, grande exportadora de água virtual que enfrenta desafios devido à alta dependência de setores intensivos em água, como alimentos e bebidas, que amplifica o estresse hídrico em regiões específicas do país (Weiming *et al.*, 2017);

d) os impactos das exportações em regiões de escassez hídrica, tal é o caso da produção de arroz na Índia, especialmente das variedades basmati e não-basmati, que aumentou o uso de água em regiões já afetadas por estresse hídrico (Gowri; Shivakumar, 2021), e

e) a redistribuição da pressão hídrica global, em que mudanças nos padrões de comércio global de alimentos estão deslocando a pressão sobre os recursos hídricos para novas regiões (África Subsaariana e partes do Sudeste Asiático), exacerbando a pressão em áreas nos EUA, Índia e China que continuarão a servir como grandes exportadoras no futuro (Tuninetti; Ridolfi; Laio, 2020).

No Brasil também se percebe a pressão hídrica decorrente da produção de *commodities* agropecuárias para exportação produzidas pelo agronegócio, conceito que, no Brasil, incorpora a totalidade da cadeia produtiva - setor primário, secundário e terciário – na medida em que conecta fornecedores de insumos, agropecuária, segmentos industriais de processamento e ramos de serviços e comercialização, conectando os três setores e se materializando como um conjunto interligado de cadeias produtivas que se inicia no fornecimento de insumos e se conclui na entrega do produto elaborado ao consumidor final, seja no mercado interno ou internacional (Barros, 2022; Vieira Filho, 2023). O setor primário envolve a extração direta de recursos naturais, agricultura, pecuária, pesca, extrativismo vegetal e mineral, sendo responsável por bens de baixo valor agregado; já o setor secundário agrega valor às matérias-primas por meio da industrialização e transformação e o setor terciário oferece serviços como comércio, logística, transporte e assistência técnica, essenciais ao funcionamento das cadeias produtivas (Almeida; Silva; Angelo, 2013)

Desde os anos 1970, o Brasil vivencia intensa modernização agrícola financiada e impulsionada por ações estatais, políticas de crédito, pesquisas públicas, infraestrutura e incentivos que permitiram a criação de um complexo sistema agroindustrial e, posteriormente, do chamado agronegócio (Barros, 2022; Heredia *et al.*, 2010). Essa estrutura moderna e integrada, como argumentam Barros (2022) e Vieira Filho (2023), não apenas elevou a produtividade e a competitividade do país nas cadeias globais de alimentos, energia e fibras, como promoveu grande reorganização espacial da produção, interiorização de fronteiras agrícolas e novos desafios em termos de logística, inovação, sustentabilidade e inclusão socioeconômica.

Ao mesmo tempo que se criava esse complexo agroindustrial surgiam questões relativas concentração fundiária, desigualdade social, impactos ambientais e ao papel central das políticas públicas nessa configuração (Almeida; Silva; Angelo, 2013; Heredia *et al.*, 2010), tornando esse cenário palco para disputas por recursos, influência e políticas específicas envolvendo, por exemplo, crédito, infraestrutura, regulação ambiental, entre diversos grupos

sociais, desde grandes corporações e produtores empresariais até segmentos da agricultura familiar e trabalhadores migrantes (Heredia *et al.*, 2010; Vieira Filho, 2023).

O Estado aparece como agente regulador e promotor do acesso ao crédito e pesquisa, ou aparece como negociador de demandas do setor, figurando como elemento integrante e essencial para entender o poder e os limites do agronegócio brasileiro, especialmente frente à sua enorme importância para o saldo comercial do país e para a geração de riquezas e empregos (Barros, 2022; Vieira Filho, 2023).

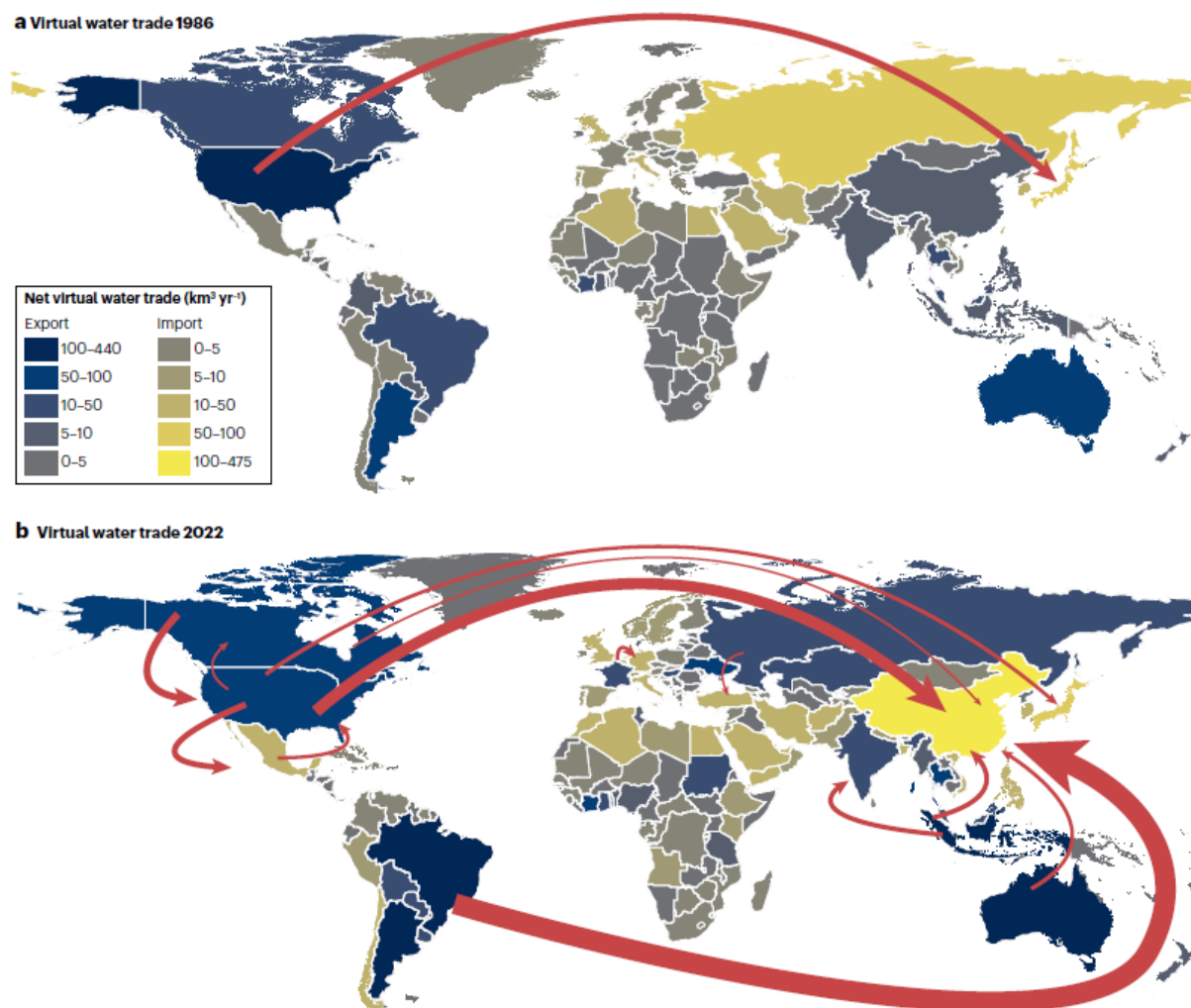
Neste passo, o avanço das exportações brasileiras de *commodities* agrícolas produzidas pelo agronegócio, como soja e cana-de-açúcar, está diretamente relacionado ao aumento da pressão sobre os recursos hídricos nacionais, sobretudo em regiões já vulneráveis do ponto de vista ambiental, como afirma Herrera *et al.* (2019), autores que relataram que em 2014 o Brasil utilizou cerca de 191 bilhões de metros cúbicos de água por ano apenas para atender a demanda dos principais produtos de exportação, sendo que *commodities* como soja, milho, carne bovina e açúcar responderam por 95% desse volume.

Esse quadro confirma que a maior parte da pressão hídrica se concentra exatamente nos principais polos produtores e exportadores do país, como Centro-Oeste, Sudeste e partes do Nordeste e Norte, onde os cultivos de larga escala e a expansão das áreas irrigadas resultam em retirada maciça de água superficial e subterrânea, muitas vezes superior à demanda de abastecimento urbano nacional. Tuninetti *et al.* (2020) acrescentam que a tendência global de incremento das exportações de grãos e açúcar impulsionará ainda mais o consumo e a transferência internacional de água virtual a partir do Brasil, o que pode acentuar a vulnerabilidade das bacias hidrográficas e ecossistemas locais caso não haja gestão integrada e sustentável dos recursos.

O mapa temático de fluxos de água virtual (Figura 1) retrata como o comércio internacional tem deslocado, ao longo das últimas décadas, volumes crescentes de água embutida nos produtos transacionados entre diferentes regiões do globo, destacando o papel de grandes exportadores como Brasil, Estados Unidos e Austrália, e dos principais importadores, com a China assumindo progressivamente a liderança nessa posição (Mekonnen *et al.*, 2024). Esse mapa exhibe de forma simplificada tanto o saldo entre exportação e importação de água virtual por país quanto às rotas e magnitudes dos fluxos globais em dois momentos, um em 1986 e outro em 2022, revelando o aumento da interdependência hídrica entre nações e o enorme fluxo de água que sai do Brasil por meio das exportações constituída em grande parte – mas não somente - de *commodities*, sugerindo uma forte relação entre a intensificação das

exportações brasileiras de *commodities* e o peso do país como grande fornecedor global de água virtual.

Figura 1 – Mapa temático mundial de fluxos de água virtual



Fonte: Mekkonen *et al.* (2024, p. [895]).

As conexões entre exportação e impactos nos recursos hídricos revelam uma relação intrínseca entre a intensificação da produção agrícola para mercados externos e a amplificação da pressão sobre os recursos hídricos locais (Weiming *et al.*, 2017; Dalin *et al.*, 2017). Esse fenômeno ocorre devido à dinâmica dos fluxos de água virtual, que transfere o consumo de

água das regiões importadoras para as regiões exportadoras (Weiming *et al.*, 2017) e a forma de se fazer essas transferências é por meio de exportações de *commodities* agrícolas que, enquanto economicamente vantajosa, redistribui os impactos ambientais, concentrando-os em áreas produtoras com infraestrutura hídrica limitada ou já sob pressão (Dalin *et al.*, 2017; Schwarz; Mathijs; Maertens, 2019; Tuninetti; Ridolfi; Laio, 2020).

2.2.2 Externalidades positivas e negativas relacionadas ao comércio exterior

As externalidades ambientais podem ser classificadas como positivas ou negativas (Thomas; Callan, 2010), sendo positivas as que trazem benefícios a terceiros, como no caso da instalação de equipamentos de redução de poluição, como depuradores em usinas termoelétricas que melhoram a qualidade do ar para toda a comunidade local, mas os benefícios gerados não são incluídos no custo do equipamento, e negativas as que causam danos à qualidade de vida, recursos naturais e meio ambiente, como ocorre no caso do transporte aéreo, que gera poluição sonora, prejudica a qualidade do ar e reduz o valor das propriedades residenciais próximas aos aeroportos, efeitos negativos que não são absorvidos pelas empresas aéreas nem repassados aos passageiros.

Dentro do estudo das externalidades positivas geradas pelo comércio internacional, Tuninetti, Ridolfi e Laio (2020) demonstram como as trocas comerciais podem promover uma alocação mais eficiente de recursos naturais. Os citados autores estimam que o comércio global pode economizar anualmente entre 40 e 60 m³ de água por pessoa, transferindo a produção agrícola para regiões mais eficientes no uso de recursos hídricos, o que reduz a pressão sobre os recursos locais nos países importadores.

Essa dinâmica distributiva, dizem Dalin *et al.* (2017), beneficia especialmente regiões com escassez hídrica, como o Oriente Médio e o Norte da África, que dependem enormemente de importações de arroz e trigo, culturas de alta demanda hídrica, para atender suas necessidades locais. Debaere (2014), Hoekstra (2010) e Hoekstra e Chapagain (2007) sustentam que a importação de produtos intensivos em água, além de aliviar a pressão sobre os recursos locais, contribui para a redistribuição global da água, promovendo sustentabilidade econômica e ambiental. Além disso, há casos em que os mercados de água, como os do Oregon, incentivaram práticas agrícolas mais eficientes, reduzindo a poluição hídrica associada à irrigação (Connor; Perry, 1999).

No que concerne às externalidades negativas, o aumento das exportações de culturas de alta demanda hídrica, como o arroz e o algodão na Índia e no Paquistão, tem causado a rápida exaustão de aquíferos, levando a problemas como subsidência do solo e intrusão de água salgada (Dalin *et al.*, 2017). Da mesma forma, a produção de *commodities* agrícolas para exportação, como soja e carne, em países como Brasil e Argentina, tem contribuído para o desmatamento, a perda de *habitat* e a degradação do solo, causando impactos ecológicos expressivos (Grenz *et al.*, 2007). No Sul da China, a exportação de produtos intensivos em água em regiões já afetadas por escassez hídrica agrava questões ambientais, incluindo a poluição de rios e a redução da qualidade da água devido à sobrecarga agrícola (Hui; Ai; Yuling, 2017). Além disso, a desigualdade no consumo de água virtual, como observado na Bacia do Rio Amarelo, localizada na China, onde regiões mais desenvolvidas se beneficiam às custas de áreas menos favorecidas, exemplifica como essas externalidades podem aumentar diferenças regionais e dificultar o desenvolvimento sustentável (Qi *et al.*, 2021).

D’Odorico *et al.* (2019) pontuam ser necessário integrar os fluxos de água virtual nas avaliações de estresse hídrico global para equilibrar os custos e benefícios do comércio internacional e isso requer esforços coordenados para garantir que o comércio não intensifique a escassez de água nas regiões exportadoras, alinhando políticas públicas e acordos internacionais que incorporem a escassez hídrica como um fator crítico nas práticas comerciais. Nesta linha, experiências de países como China e Peru poderiam contribuir para formulação de políticas comerciais sustentáveis no contexto brasileiro (Jianyue; Chengjia; Jinglin 2023; Schwarz; Mathijs; Maertens, 2019).

Segundo Schwarz, Mathijs e Maertens (2019), o governo peruano adota políticas voltadas para a promoção de exportações de alto valor, como uvas, aspargos e abacates, que possuem alta eficiência econômica no uso da água. Prosseguem os autores registrando que essas exportações geram receitas de monta com consumo relativamente menor de água verde e azul, enquanto o Peru importa produtos básicos, como trigo e milho, de regiões mais ricas em água, aliviando a pressão hídrica interna, tudo em paralelo com a priorização do uso de técnicas de irrigação mais eficientes e incentivos à localização estratégica da produção agrícola em regiões com melhor disponibilidade de água como forma de mitigar a escassez hídrica em áreas áridas, como a costa do Pacífico.

Ji, Wang e Zhou (2023) relatam que a China adotou políticas envolvendo comércio internacional e água virtual com foco na conservação hídrica e na sustentabilidade, dentre as quais a recomendação de reduzir a exportação de produtos industriais intensivos em água, como

têxteis, produtos químicos e papel, ao mesmo tempo em que se mantém a importação de matérias-primas e produtos de mineração provenientes de países ricos em água. Além disso, prosseguem os autores Ji, Wang e Zhou (2023), o governo chinês promove a otimização da estrutura de comércio internacional com base na gestão de água virtual, integrando estratégias que equilibram os fluxos de recursos e os benefícios econômicos, citando como exemplo dessa estratégia o incentivo à modernização tecnológica em indústrias intensivas em água, como a química, reduzindo a quantidade de água consumida por unidade de produto, enquanto direciona a produção para itens de maior valor agregado e menor impacto ambiental.

2.3 Comércio internacional, dependência hídrica e a governança hídrica

A relação entre o comércio internacional, dependência hídrica e a governança da água envolve uma série de dificuldades e oportunidades para a gestão sustentável dos recursos hídricos, já que o comércio global de bens e produtos exerce influxos diretos sobre a disponibilidade e o uso da água, especialmente em países exportadores de *commodities* intensivas nesse recurso.

2.3.1 Dependência hídrica e comércio internacional

A dependência hídrica de um país pode ser analisada a partir de sua capacidade de suprir internamente suas demandas por água e da necessidade de importar produtos que exigem grande volume de água em sua produção. O conceito de água virtual é importante para essa discussão, pois possibilita que países com escassez hídrica compensem suas limitações por meio da importação de alimentos e produtos industriais que incorporam grandes volumes de água em sua cadeia produtiva, fenômeno já identificado e discutido por diferentes autores, os quais também destacam o uso desse conceito na gestão dos recursos hídricos globais e nas relações de dependência entre países exportadores e importadores de água virtual (Boelens; Perreault; Vos, 2018; Gupta; Pahl-Wostl, 2013; Hoekstra, 2015; Vos; Hinojosa, 2016).

A crescente interconexão global dos mercados ampliou os fluxos de água virtual, tornando a dependência hídrica um fenômeno econômico e político na medida em que, para alguns países, importar produtos intensivos em água se tornou uma estratégia de segurança hídrica (Hoekstra, 2015), enquanto para outros, a exportação de *commodities* agrícolas representa uma ameaça à disponibilidade de água para consumo local (Pahl-Wostl; Gupta; Petry, 2008). Nessa linha de pensamento, evidencia-se que a globalização comercial acentuou

a interdependência dos países no que diz respeito ao consumo de água virtual, destacando-se que países como Índia, Austrália, Cazaquistão e Tanzânia, que sofrem com escassez hídrica, ainda são exportadores líquidos de água virtual, enquanto Países Baixos, Reino Unido e Suíça são grandes importadores (Boelens; Perreault; Vos, 2018).

Essa dependência hídrica ocorre devido a fatores como: a) especialização agrícola e industrial, uma vez que os países exportadores focam em *commodities* intensivas em água, como soja e algodão, muitas vezes em detrimento da segurança hídrica interna (Vos; Hinojosa, 2016); b) políticas de comércio internacional, consubstanciadas em acordos comerciais, tal como é o caso do NAFTA, que levou à exportação de água virtual do México para os Estados Unidos e vem impactando as comunidades locais mexicanas (Boelens; Perreault; Vos, 2018); e c) infraestrutura e incentivos econômicos, já que países produtores muitas vezes recebem subsídios para expandir exportações agrícolas, sem uma avaliação criteriosa dos impactos hídricos (Vos; Hinojosa, 2016).

2.3.2 Governança hídrica e dependência hídrica

A governança da água é um conceito amplamente discutido na literatura acadêmica e institucional, refletindo a complexidade da gestão dos recursos hídricos em diferentes escalas. Sua definição evoluiu ao longo dos anos, passando de uma visão centrada na administração dos recursos hídricos para uma abordagem mais ampla, que considera os aspectos políticos, econômicos, sociais e ambientais que influenciam essa gestão. O *United Nations Development Programme* (UNDP) define esse conceito como um conjunto de sistemas políticos, sociais, econômicos e administrativos que regulam o desenvolvimento e a gestão dos recursos hídricos, bem como a provisão de serviços de água em diferentes níveis da sociedade (Baumgartner; Pahl-Wostl, 2013).

Autores como Hoekstra, Chapagain e Van Oel (2019) ampliam essa definição ao ressaltar que a governança da água envolve não apenas a formulação de políticas e ações voltadas à sustentabilidade hídrica, mas também a necessidade de equilibrar as demandas sociais, econômicas e ambientais em diferentes níveis de tomada de decisão. Para Pahl-Wostl, Gupta e Petry (2008), esse modelo de regulação deve ter um caráter multinível, incorporando uma dimensão global para garantir maior efetividade na gestão dos recursos hídricos.

Por seu turno, Gawel e Bernsen (2011) destacam que a administração da água não pode se restringir às escalas local ou regional, pois é necessário lidar com as complexidades das

interdependências hídricas e seus impactos internacionais. Essa perspectiva é reforçada por Dellapenna *et al.* (2013), que reconhecem a existência de esforços para estruturar essa gestão em âmbito internacional, mas argumentam que ainda há desafios a serem superados diante da crescente pressão sobre os recursos hídricos.

Baumgartner e Pahl-Wostl (2013) alertam para a existência de lacunas entre a produção de conhecimento e sua efetiva incorporação nas políticas e normas institucionais, o que dificulta avanços mais concretos nesse campo. Apesar dessas diferentes abordagens, há um consenso entre os pesquisadores de que a governança da água deve ser multidimensional e multinível, abrangendo aspectos políticos, econômicos e sociais. Também se reconhece que sua regulação não pode ser tratada isoladamente, sendo necessário integrá-la a outras áreas, como mudanças climáticas, comércio e segurança alimentar (Baumgartner; Pahl-Wostl, 2013; Dellapenna *et al.*, 2013; Gawel; Bernsen, 2011; Hoekstra, Chapagain; Van Oel, 2019).

A governança global da água enfrenta desafios para garantir um uso sustentável dos recursos hídricos, especialmente em um cenário onde a dependência hídrica de diversos países é intensificada pelo comércio de produtos que exigem alto consumo de água. O comércio internacional pode tanto atenuar quanto agravar a escassez hídrica, dependendo da forma como é regulamentado e dos incentivos que direcionam a produção agrícola e industrial (Dellapenna *et al.*, 2013).

Analisando a questão, Gawel e Bernsen (2011) sustentam que a falta de um sistema global de governança da água leva a uma regulação inadequada dos fluxos de água virtual, favorecendo práticas insustentáveis e incentivando o consumo excessivo de recursos hídricos em regiões vulneráveis.

As dificuldades da governança global da água também foram abordadas por Gupta e Pahl-Wostl (2013), que destacam a fragmentação das políticas de governança hídrica, com diversos organismos internacionais operando sem uma coordenação eficaz, dificultando a formulação de políticas globais mais sustentáveis.

Um dos problemas envolvendo o tema escassez de água no contexto do comércio internacional é a ausência de mecanismos regulatórios que considerem o conteúdo de água dos produtos comercializados (Boelens; Perreault; Vos, 2018). Muitos países exportam *commodities* agrícolas intensivas em água mesmo quando enfrentam escassez hídrica interna e, para evitar essa situação, alguns autores sugerem a implementação de políticas de incentivo à importação de produtos altamente dependentes de água, ao invés de sua produção local (Boelens; Perreault; Vos, 2018).

Para mitigar os impactos negativos da exportação de água virtual e reduzir a dependência hídrica global, algumas estratégias vêm sendo discutidas:

a) instrumentos econômicos para controle da exportação de água virtual: a literatura sobre governança hídrica argumenta que a exportação de produtos intensivos em água pode ser desestimulada por meio de tarifas diferenciadas ou restrições comerciais, medidas que poderiam ser aplicadas especialmente em regiões que enfrentam severa escassez hídrica e onde a extração excessiva do recurso ameaça à segurança ambiental e social (Gupta; Pahl-Wostl, 2013);

b) incentivos para diversificação econômica em regiões áridas: em contextos nos quais a produção agrícola consome volumes excessivos de água, políticas públicas poderiam incentivar a migração para setores econômicos menos intensivos no uso hídrico, contudo, a transição para um modelo econômico mais sustentável requer um planejamento de longo prazo e investimentos em infraestrutura e capacitação (Hoekstra, 2015);

c) acordos comerciais: a necessidade de incluir a gestão sustentável da água em tratados comerciais internacionais tem sido destacada como uma alternativa para mitigar os impactos da exportação descontrolada de água virtual, sugerindo Dellapenna *et al.*, (2013) que cláusulas hídricas sejam incorporadas em acordos multilaterais, garantindo que as trocas comerciais levem em consideração a sustentabilidade dos recursos hídricos nos países exportadores e importadores;

d) gestão integrada de recursos hídricos (GIRH): um modelo para aprimorar a governança da água buscando considerar, de forma sistemática, as interconexões entre seus diferentes usos: ambiental, agrícola, industrial e doméstico (Kramer; Pahl-Wostl, 2014). Essa abordagem visa garantir o equilíbrio entre a produção agrícola e a sustentabilidade hídrica global. No setor agropecuário, a governança eficiente da água exige um planejamento estruturado que considere tanto a disponibilidade local do recurso quanto sua renovação sustentável ao longo do tempo, além de promover maior cooperação entre diferentes atores da governança da água, como governos nacionais, organismos multilaterais e empresas do setor agrícola (Dellapenna *et al.*, 2013);

e) transparência na pegada hídrica dos produtos (Hoekstra, 2015): ampliar a disponibilidade de informações sobre a quantidade de água utilizada ao longo das cadeias produtivas, possibilitando que consumidores e governos adotem decisões mais sustentáveis. Para tanto, destacam-se três frentes: i) o monitoramento da pegada hídrica para conhecer a distribuição do consumo de água entre diferentes setores (Hoekstra, 2015); ii) a divulgação do

consumo hídrico de bens comercializados (Gupta; Pahl-Wostl, 2013); iii) a implementação de políticas de incentivo, como tarifas diferenciadas para produtos com menor pegada hídrica ou subsídios para práticas sustentáveis na agropecuária (Baumgartner, Pahl-Wostl, 2013).

3 METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem qualitativa e exploratória, combinando revisão sistemática da literatura, pesquisa documental e pesquisa bibliográfica para investigar a relação entre comércio internacional e conservação dos recursos hídricos no Brasil. A revisão sistemática tem como objetivo analisar a literatura acadêmica que aborda os impactos da exportação de produtos com elevada intensidade hídrica sobre a disponibilidade de água em regiões brasileiras que sofrem com escassez de água, enquanto a pesquisa documental e bibliográfica tem como objetivo examinar as políticas comerciais vigentes no Brasil, especialmente no que se refere a incentivos, acordos comerciais e regulações ambientais, a fim de identificar como elas influenciam a exportação de produtos intensivos no uso de recursos hídricos.

3.1 Revisão sistemática de literatura

A revisão sistemática da literatura (RSL) seguiu a metodologia *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Page *et al.*, 2021) com adaptações necessárias para o campo das ciências sociais, já que, originariamente, é uma metodologia desenvolvida para o campo da saúde.

Considerando que o objetivo da RSL é selecionar a literatura que analisa o impacto da exportação de produtos com maior intensidade hídrica sobre a disponibilidade de água em regiões críticas, formulam-se as seguintes perguntas orientadoras da pesquisa: a) Como a exportação de produtos agrícolas impacta a disponibilidade de recursos hídricos nas regiões produtoras? b) Quais são os produtos agropecuários brasileiros que mais contribuem para a exportação de água virtual e como isso afeta a gestão hídrica? c) Existe uma correlação entre o aumento das exportações de *commodities* e a intensificação do estresse hídrico em determinadas regiões do Brasil?

A busca de documentos foi limitada aos últimos vinte anos. Os critérios de inclusão foram: artigos científicos, revisões sistemáticas, estudos de caso, relatórios técnicos da literatura nacional e estrangeira, escritos em português e inglês. As bases de dados usadas na busca foram: Web of Science, Scopus e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Os descritores usados foram agrupados em quatro categorias principais para garantir a abrangência da revisão sistemática: a) País/Contexto geográfico:

Brazil; b) Conceitos relacionados à água virtual e pegada hídrica: "virtual water", "water footprint", "embedded water"; c) Políticas comerciais e sustentabilidade: "trade policies", "sustainability policies", "economic impact".

Os resultados de uma primeira busca realizada em 01 de fevereiro de 2025 encontram-se no Quadro 1. Como pode ser observado, a busca na base SciELO necessitou de uma modificação dos descritores.

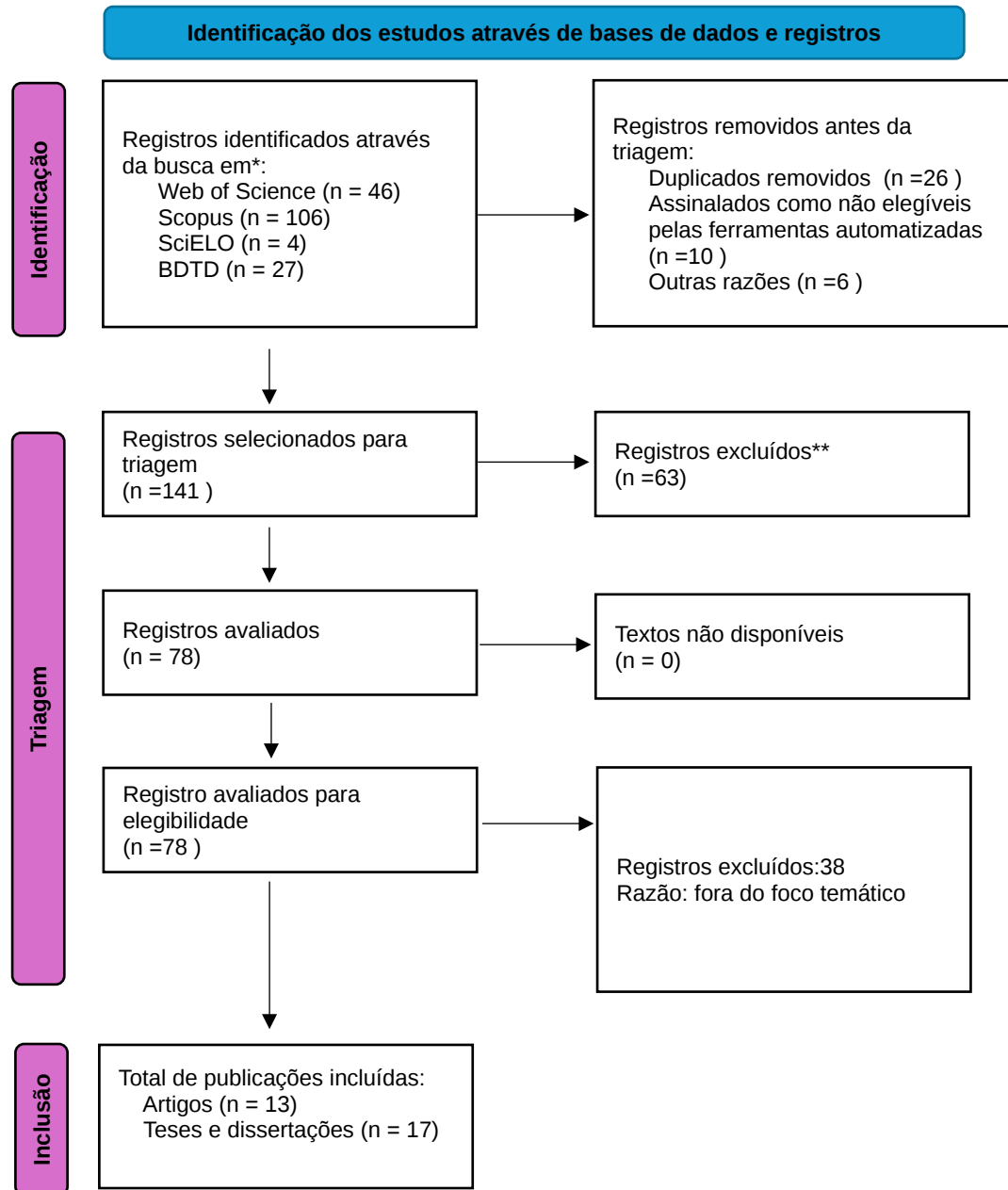
Quadro 1 - Resultados preliminares da busca em bases de dados selecionadas – documentos publicados a partir do ano de 2005.

Base de dados	Descritores	Resultados
Web of Science	("virtual water" OR "water footprint" OR "embedded water") (Topic) AND ("trade policies" OR "sustainability policies" OR "economic impact") (Topic)	44
	("virtual water" OR "water footprint", OR "embedded water") (Topic) AND ("trade policies" OR "sustainability policies" OR "economic impact") (Topic) AND Brazil* (Topic)	2
SCOPUS	(TITLE-ABS-KEY (("virtual water" OR "water footprint" , OR "embedded water")) AND TITLE-ABS-KEY (("trade policies" OR "sustainability policies" OR "economic impact")))	102
	(TITLE-ABS-KEY (("virtual water" OR "water footprint" , OR "embedded water")) AND TITLE-ABS-KEY (("trade policies" OR "sustainability policies" OR "economic impact"))) AND TITLE-ABS-KEY (brazil*))	4
SciELO	("virtual water" OR "water footprint" OR "embedded water") AND ("water conservation" OR "water resources management") AND ("trade policies" OR "sustainability policies" OR "economic impact")	0
	("virtual water" OR "water footprint" OR "embedded water") AND ("international trade")	4
	((("virtual water" OR "water footprint" OR "embedded water") AND ("international trade")) AND (Brazil*)	0
BDTD	("virtual water" AND "sustainability policies") OR ("economic impact")	27

Fonte: Elaboração própria (2025).

Os documentos selecionados foram analisados visando evitar a inclusão de registros duplicados e impertinentes. Após a exclusão dos resultados repetidos e dos impertinentes, a

amostra final é de treze da base Scopus e dezessete documentos (oito teses e nove dissertações) da BDTD.



Foram incluídos na revisão sistemática oito documentos de outras bases que se enquadravam completamente nos critérios de inclusão.

Assim, a amostra final é de treze da base Scopus, dezessete documentos da BDTD e de oito documentos de outras bases, resultando num total de trinta e oito documentos.

Em seguida, os resultados são apresentados exclusivamente no formato narrativo, devido à natureza qualitativa da pesquisa e à abordagem baseada na Análise de Conteúdo

(Bardin, 2011). A escolha por esse formato visa explorar a interseção entre políticas de comércio internacional e gestão hídrica, priorizando a compreensão dos impactos em regiões críticas e a proposição de pontos de partida para discussão dos problemas que mesclam as políticas de comércio internacional e a escassez hídrica.

3.2 Pesquisa documental e bibliográfica

Esta metodologia foi elaborada para garantir tanto a rastreabilidade das fontes quanto a profundidade analítica necessárias à compreensão da interface entre políticas comerciais, incentivos públicos e privados, e os impactos ambientais decorrentes dessas políticas sobre os recursos hídricos no Brasil.

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, fundamentada em pesquisa documental e bibliográfica. Essa estratégia permitiu analisar documentos oficiais, como tratados, acordos e relatórios governamentais, revisar literatura acadêmica recente e relevante sobre políticas comerciais e ambientais, e integrar múltiplas fontes para promover uma compreensão multidimensional do tema investigado.

Diferentemente das revisões sistemáticas, que privilegiam síntese quantitativa a partir de protocolos rígidos, esta pesquisa priorizou a análise crítica contextualizada, permitindo certa flexibilidade interpretativa e maior profundidade temática.

As fontes primárias se constituem de acordos comerciais e documentos relativos aos incentivos estatais e privados. Os acordos comerciais foram encontrados em sites oficiais como Portal Siscomex do Governo Federal, Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), ALADI (Associação Latino-Americana de Integração), IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), Agência Brasil e CNN Brasil e em sites de organismos internacionais. Os documentos relativos aos incentivos estatais e incentivos privados foram encontrados também em sites oficiais como o do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), e sites de instituições da administração indireta como o do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), do Banco do Nordeste do Brasil (BNB), da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

As fontes secundárias consultadas para a pesquisa foram organizadas em diferentes categorias, cada uma com suas bases de dados específicas e critérios de busca utilizados para garantir a abrangência e relevância das informações. Na categoria de bases acadêmicas

multidisciplinares, foram consultadas as seguintes bases: SciELO, Web of Science, Scopus, CAPES/Periódicos, Google Scholar, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), Academic Search Ultimate (EBSCO), CAB Abstracts, Environment Index, GreenFILE, Compendex (Engineering Village) e PubMed. Os critérios de busca aplicados incluíram termos como "trade agreements" AND "environment".

Na categoria Repositórios Universitários e Institucionais foram utilizadas bases como Repositório UFAL, Repositório USP, Repositório UFRGS, Repositório UFMG, Repositório UNICAMP e a BDTD, com buscas por termos como "incentivos fiscais" AND "agronegócio".

Na categoria de Revistas Acadêmicas e Científicas, as bases consultadas incluíram Revista de Economia e Sociologia Rural, Revista de Política Agrícola, Revista Brasileira de Economia, Estudos Avançados (USP), Acta Paulista de Enfermagem, Revista Enfoques e Revista Brasileira de História & Ciências Sociais, utilizando critérios de busca como "instrumentos financeiros" AND "setor agro".

Nos repositórios universitários encontram-se trabalhos de conclusão de cursos (por exemplo UFAL, USP, UNICAMP), dissertações e teses (BDTD, CAPES) e relatórios técnicos de pesquisa (IPEA, IBGE, ANA), com buscas por "sustentabilidade ambiental" AND "comércio exterior".

Quanto à categoria Fontes de Dados Ambientais e Econômicas, foram acessados o Banco de Informações Ambientais (BDiA/IBGE), Contas Nacionais do IBGE, CEAA (Contas Econômicas Ambientais da Água), ANA (Agência Nacional de Águas) e IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), utilizando termos como "financiamento e agronegócio". Por fim, nas Bases de Dados Internacionais, as fontes consultadas foram OECD iLibrary, UNEP Publications, WTO Documents Online, FAOStat e World Bank Open Knowledge Repository, com critérios de busca como "water footprint".

Quanto ao detalhamento dos critérios de busca, foram usadas palavras-chave que viabilizaram a busca em português e inglês para abranger literatura nacional e internacional; utilizaram-se os operadores booleanos: AND, OR, NOT para refinar resultados; usaram-se filtro: temporais (período de 2010-2025), tipo de publicação (artigos revisados por pares, relatórios técnicos, dissertações e teses), e na seleção foram priorizados estudos com metodologia clara, dados atualizados, relevância temática e acesso integral ao texto.

No que diz respeito aos critérios de inclusão e de exclusão, a seleção dos documentos que compõem o *corpus* desta pesquisa obedeceu a critérios previamente definidos, com o intuito de garantir a qualidade, a confiabilidade e a relevância das fontes consultadas. Foram incluídos,

prioritariamente, documentos oficiais com autoria identificada, como relatórios técnicos, legislações e publicações institucionais, além de artigos revisados por pares disponíveis em bases acadêmicas reconhecidas.

Também foram aceitos dados com referência metodológica clara, permitindo a rastreabilidade e verificação das informações apresentadas. Outro critério essencial de inclusão foi o foco em políticas brasileiras, assegurando que os achados estejam diretamente vinculados ao contexto nacional e à realidade hídrica e comercial do Brasil.

Foram excluídas da análise: fontes não verificadas, a exemplo de blogs ou sites sem respaldo institucional; estudos anteriores ao ano de 2010, exceto nos casos de legislações ainda em vigor ou relevantes para o marco legal da pesquisa; análises centradas em contextos geográficos distintos, como estudos aplicados exclusivamente a países com características muito diferentes das do Brasil, o que comprometeria a comparabilidade e a aplicabilidade dos resultados.

O processo de análise ocorreu em diferentes etapas: a pré-análise, com triagem temática e elaboração de matriz categórica; exploração do material, com leitura flutuante e identificação de núcleos temáticos, fichamento e categorização dos dados; e a etapa de interpretação, dedicada à análise comparativa entre políticas e impactos ambientais, com síntese crítica e triangulação de fontes. Para mitigar o viés decorrente da predominância de fontes governamentais documentais, foram integrados documentos de crítica acadêmica para ampliar a validação e a confiabilidade dos dados.

Assim, a metodologia adotada assegurou rigor e transparência em todas as fases, desde a seleção até a análise dos dados, fundamentando a discussão e as conclusões nos objetivos da pesquisa e possibilitando a reprodutibilidade e o aprofundamento dos resultados em investigações futuras

4 RESULTADOS - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

A análise dos trinta e oito documentos selecionados na revisão sistemática revelou um panorama abrangente dos impactos gerados pela exportação de produtos agropecuários com alta intensidade hídrica sobre a disponibilidade de água nas regiões produtoras brasileiras. Os resultados foram sistematizados em três blocos principais de análise: impactos ambientais, impactos sociais e impactos econômicos, conforme as categorias previamente definidas.

4.1 Cenário internacional

A análise consolidada dos vinte e um artigos científicos demonstra que a exportação de produtos agrícolas com alta demanda hídrica representa um dos principais fatores de pressão sobre os recursos de água doce nas regiões produtoras. O fenômeno é apresentado sob vários enfoques dentre os quais o da intensificação do estresse hídrico, da redução da disponibilidade de água para outros usos, da exploração excessiva de aquíferos e do aumento de conflitos sociais.

Impactos ambientais

A produção de *commodities* para exportação tem provocado impactos ambientais profundos e recorrentes em diversos contextos geográficos, particularmente em regiões frágeis do ponto de vista hídrico. Os estudos mostram que a intensificação da exportação de culturas como trigo, arroz, milho, soja, maçã, flores e abacate está diretamente associada ao consumo de grandes volumes de água superficial e subterrânea, frequentemente em escala superior à capacidade de reposição natural dos aquíferos, lagos e rios, o que leva à degradação acelerada de aquíferos, redução de níveis de corpos hídricos e ameaça o abastecimento futuro dessas regiões produtoras, como observado no Irã, Iraque, Índia, Paquistão, Quênia e na bacia do Lago Naivasha, além de *hotspots* agrícolas da China, México e Brasil (Al-Badri; Mohammad; Khalid, 2023; Ashktorab; Zibaei, 2022; Elfetyany; Farag; Abd el Ghany, 2021; Konar *et al.*, 2016; Mekonnen; Hoekstra; Becht, 2012; Muzammil; Zahid; Breuer, 2020; Qasemipour *et al.*, 2020; Salari *et al.*, 2023; Sun *et al.*, 2019).

Outro impacto ambiental recorrente é a salinização dos solos e recursos hídricos, bem como a subsidência do solo, fenômenos amplificados em ambientes áridos sujeitos à produção para exportação em larga escala, como nas áreas produtoras da Índia e do Iraque. Esse processo resulta em perda de fertilidade das terras e em degradação da qualidade das águas, agravando a

vulnerabilidade ambiental dessas regiões (Al-Badri; Mohammad; Khalid, 2023; Bai *et al.*, 2021; Bhavana *et al.*, 2024; Muzammil; Zahid; Breuer, 2020; Qasemipour *et al.*, 2020).

A literatura também documenta o aumento da poluição difusa por fertilizantes, pesticidas e outros insumos agrícolas, o que acelera processos de eutrofização em corpos d'água e eleva a chamada pegada cinza da água. Esse fenômeno foi identificado sobretudo em cadeias exportadoras de grãos e frutas, onde o manejo intensivo de nutrientes altera fluxos ecológicos, prejudica a resiliência de lagos e rios e compromete a biodiversidade aquática das regiões produtoras (Bai *et al.*, 2021; Bhavana *et al.*, 2024; Mekonnen; Hoekstra; Becht, 2012; Muzammil; Zahid; Breuer, 2020; Sun *et al.*, 2019).

Os artigos apontam, ainda, para o agravamento do estresse hídrico regional em virtude das exportações massivas de água virtual. Países como Brasil, China, Índia, Egito, México e Paquistão, além de exportarem volumes significativos de *commodities*, transferem a pressão ambiental para dentro de suas próprias fronteiras, colocando em risco a sustentabilidade do uso da água e expondo comunidades e sistemas produtivos a choques ambientais, especialmente em contextos de mudanças climáticas (Chapagain; Hoekstra; Savenije, 2006; ElFetyany; Farag; Abd El Ghany, 2021; Qasemipour *et al.*, 2020; Salari *et al.*, 2023; Sun *et al.*, 2019).

Outro aspecto recorrente na produção voltada à exportação é a transformação do uso da terra e a degradação de ecossistemas naturais, com conversão de áreas de vegetação nativa em monoculturas, simplificação da paisagem, redução da biodiversidade e alteração dos regimes hidrológicos. O caso do Lago Naivasha (Quênia) é emblemático quanto ao risco de colapso de sistemas aquáticos provocado pela exploração intensiva voltada ao mercado internacional, como o cultivo de flores cortadas (Mekonnen; Hoekstra; Becht, 2012).

A literatura examinada aponta ainda para externalização dos impactos ambientais. Países importadores de *commodities* agrícolas acabam por transferir a pressão hídrica e os danos ecológicos aos exportadores, consumindo produtos sem internalizar as consequências ambientais dos processos produtivos, o que acarreta concentração dos efeitos negativos nos países de origem dos fluxos de água virtual (Bai *et al.*, 2021; Bhavana *et al.*, 2024; Dalin *et al.*, 2012; Deng; Di, 2024).

Embora alguns trabalhos indiquem o potencial do comércio internacional para gerar economias globais de água ao direcionar a produção para regiões de maior eficiência hídrica, a realidade observada é que muitos fluxos ainda ocorrem entre regiões vulneráveis, ampliando a destinação de recursos hídricos finitos para o abastecimento externo e agravando desafios locais (Chapagain; Hoekstra; Savenije, 2006; Konar *et al.*, 2016).

As mudanças climáticas emergem como fator multiplicador dos riscos ambientais. Eventos extremos, seca e variações na precipitação aumentam a instabilidade dos sistemas de produção de exportação dependentes de irrigação, acentuando a probabilidade de colapso dos recursos naturais e a redução da produtividade em áreas estratégicas para o comércio global de alimentos (Ashktorab; Zibaei, 2022; Konar *et al.*, 2016; Salari *et al.*, 2023).

A relação entre a produção e exportação de *commodities* agrícolas e o agravamento dos impactos ambientais é caracterizada de diferentes formas pelos autores dos artigos analisados, uns afirmando que há relação de causalidade, a grande maioria afirmando que há correlação ou consequencialidade.

Alguns estudos apontam para uma relação de causalidade, especialmente ao descrever casos em que o aumento das exportações ou a priorização da produção para exportação antecede ou motiva diretamente danos ambientais mensuráveis, tais são os casos de: Konar *et al.* (2016), que indicam que o aumento da exportação de produtos agrícolas leva diretamente a uma maior pressão sobre os recursos hídricos regionais, caracterizando uma relação causal; Mekonnen, Hoekstra e Becht (2012), que relacionam especificamente a floricultura exportadora ao declínio do Lago Naivasha, reforçando o nexos causal. Bai *et al.* (2021), Dalin *et al.* (2012), Deng e Di (2024), trazem análises em que a intensificação das exportações está associada à degradação dos recursos hídricos e ao aumento de emissões e poluição, também sinalizando vínculos causais, especialmente em regiões de intensa produção.

A maioria dos autores, dentre os quais Al-Badri, Mohammad e Khalid (2023), Ashktorab e Zibaei (2022), Bhavana *et al.* (2024), ElFetyany, Farag e Abd El Ghany (2021), Jeehan e Al-Badri (2024), Masud *et al.* (2019), Muzammil, Zahid e Breuer (2020), Qasemipour *et al.* (2020), Salari *et al.* (2023), Sommaruga e Eldridge (2020), Sun *et al.* (2019) e Zhao e Yang (2024), afirma que as exportações e o modelo produtivo voltado ao mercado externo estão correlacionados ao aumento dos impactos ambientais, e frequentemente levam, como consequência, ao agravamento desses efeitos, sobretudo em áreas carentes de governança integrada e políticas de manejo sustentável. Esses autores adotam uma linguagem que alude à consequencialidade ou correlação, sugerindo que o crescimento das exportações está associado ou traz como consequência aumentos mensuráveis de consumo de água, degradação ambiental, salinização dos solos ou intensificação do *déficit* hídrico, sem afirmar de modo categórico uma relação causal exclusiva ou única.

Por outro lado, autores como Aivazidou *et al.* (2015), Berrittella *et al.* (2008) e Chapagain, Hoekstra e Savenije (2006), também tendem a enfatizar relações de correlação ou

identificar padrões consequenciais (externalidades negativas do comércio), conectando estatisticamente ou descritivamente os fluxos de exportação agrícola à pressão sobre recursos naturais, mas situando a exportação como um dos fatores relevantes dentre um conjunto mais amplo de determinantes.

Impactos econômicos

A consolidação dos impactos econômicos decorrentes da produção e exportação de *commodities* agrícolas, conforme achados nos vinte e um artigos, delineia um cenário marcado por ambivalência entre ganhos imediatos (curto prazo) e custos ocultos crescentes (longo prazo) para os territórios exportadores.

Diversos autores convergem ao destacar que as receitas geradas pelas exportações de *commodities*, como grãos, frutas, flores, arroz, milho e produtos agroindustriais, são relevantes para a balança comercial e dinamismo econômico de regiões produtoras no curto prazo. Países como Egito, Irã, China, Brasil, Índia, Canadá, Quênia, México e Chile figuram entre os exportadores-chave, experimentando entrada de divisas, geração de empregos e expansão das cadeias produtivas locais (Bhavana *et al.*, 2024; Elfetyany; Farag; Abd El Ghany, 2021; Masud *et al.*, 2019; Mekonnen; Hoekstra; Becht, 2012; Sommaruga; Eldridge, 2020).

Entretanto, praticamente todos os trabalhos ressaltam que este benefício líquido imediato é comprometido por custos econômicos de longo prazo derivados do manejo insustentável dos recursos naturais. Um dos impactos recorrentes é o aumento estrutural do custo local da água: em função da priorização do uso hídrico para a produção de *commodities* exportadas, observa-se elevação dos preços para demais setores e para o consumo doméstico, além de necessidade crescente de investimentos em infraestrutura para garantir a oferta de água, elevando o custo sistêmico da produção (Ashktorab; Zibaei, 2022; Konar *et al.*, 2016; Muzammil; Zahid; Breuer, 2020). Em regiões como a Índia, China e Iraque, essa pressão exportadora também força a importação de alimentos essenciais para o abastecimento interno, reduzindo a margem de segurança e autonomia alimentar (Al-Badri; Mohammad; Khalid, 2023; Jeehan; Al-Badri, 2024; Sun *et al.*, 2019).

Outro custo importante é a perda de competitividade decorrente da degradação dos recursos naturais. O ciclo de sobre-exploração hídrica e degradação ambiental deteriora a produtividade agrícola ao longo do tempo, gera necessidade de recuperação ambiental e pode determinar redução de ganhos futuros para os produtores regionais (Bai *et al.*, 2021; Salari *et al.*, 2023; Qasemipour *et al.*, 2020). No contexto mundial, a crescente dependência de mercados externos e de fluxos de “água virtual” expõe economias regionais a choques globais de preço,

instabilidades dos mercados internacionais e oscilações climáticas, ampliando o risco econômico e financeiro (Deng; Di, 2024; Chapagain; Hoekstra; Savenije, 2006; Salari *et al.*, 2023).

Adicionalmente, estudos sobre políticas de precificação da água, como simulações de taxaço ou tarifas progressivas, sugerem que, embora tais medidas possam estimular maior eficiência no uso do recurso, elas tendem a comprometer a competitividade do setor agrícola nos mercados internacionais, especialmente em países cuja produção depende fortemente da irrigação (Berrittella *et al.*, 2008). Isso pode redesenhar os fluxos de comércio e deslocar ainda mais os custos para regiões e segmentos vulneráveis.

Outro ponto recorrente é a desigualdade na valoração econômica da água virtual exportada. Diversos artigos identificam que países exportadores transferem grandes volumes de água incorporada sem retorno proporcional em valor agregado, o que configura uma assimetria econômica prejudicial ao desenvolvimento local e à sustentabilidade das regiões produtoras (Bai *et al.*, 2021; Deng; Di, 2024). Na China, por exemplo, o fluxo de recursos ambientais valiosos dos interiores pobres para regiões industrializadas e exportadoras não é compensado economicamente, conduzindo à perda de capital natural e econômico dos territórios menos desenvolvidos (Bai *et al.*, 2021; Zhao; Yang, 2024).

Por fim, a literatura aponta que as vantagens comparativas de preços e disponibilidade hídrica podem gerar economias globais ou regionais, desde que o comércio seja direcionado das regiões mais eficientes para as menos eficientes. Contudo, tal racionalidade nem sempre é observada na prática, muitas vezes invertendo-se a lógica e aumentando o risco de perdas econômicas estruturais (Chapagain; Hoekstra; Savenije, 2006; Konar *et al.*, 2016).

Os artigos analisados apresentam diferentes níveis de relação entre a intensificação das exportações de *commodities* agropecuárias e o aumento dos custos econômicos ocultos ou retardados que recaem sobre as regiões exportadoras.

Alguns dos autores destacam correlações estatísticas, apontando que à medida que o volume das exportações cresce, observa-se um aumento paralelo dos custos econômicos, como maior vulnerabilidade a oscilações de mercado e dependência da importação de alimentos. Ashktorab e Zibaei (2022), Bhavana *et al.* (2024), Salari *et al.* (2023), Salari *et al.* (2023), Jeehan e Al-Badri (2024), Masud *et al.* (2019), Muzammil, Zahid e Breuer (2020), Qasemipour *et al.* (2020), Sommaruga e Eldridge (2020) e Sun *et al.* (2019), exemplificam essa tendência, evidenciando que a intensificação exportadora aparece como um elemento entre vários associados ao agravamento dos custos econômicos regionais.

Outros estudos vão além e enfatizam a consequencialidade do processo exportador, mostrando que a priorização da produção voltada ao mercado externo acarreta efeitos concretos, como elevação de preços locais, maior dependência externa, redução da competitividade agrícola futura e menor resiliência econômica, especialmente em contextos de desequilíbrio entre produção para exportação e abastecimento interno. Essa abordagem é adotada por autores como Elfetyany, Farag e Abd El Ghany (2021), Bai *et al.* (2021), Chapagain, Hoekstra e Savenije (2006), Jeehan e Al-Badri (2024), Muzammil, Zahid e Breuer (2020), Qasemipour *et al.* (2020), Salari *et al.* (2023) e Sun *et al.* (2019), que ressaltam as consequências práticas da expansão exportadora.

Em casos específicos, alguns pesquisadores sugerem uma relação de causalidade entre o aumento das exportações de *commodities* e o agravamento dos custos econômicos e das vulnerabilidades estruturais. Bai *et al.* (2021), Dalin *et al.* (2012), Deng e Di (2024), Mekonnen, Hoekstra e Becht (2012), e, em certa medida, Konar *et al.* (2016) identificam que o padrão exportador pode atuar como agente imediato desses custos, com base em análises de casos particulares e modelagens econômicas precisas.

Por fim, há estudos que abordam sob o ponto de vista das políticas públicas e dos modelos econômicos, como Aivazidou *et al.* (2015) e Berrittella *et al.* (2008), ressaltam que os custos econômicos são externalidades advindas das dinâmicas de exportação, embora não exclusivamente causadas por ela, tratando-os como consequências indiretas das práticas comerciais globais.

Impactos sociais

Os achados nos artigos analisados demonstram que a produção e exportação de *commodities* agrícolas exerce efeitos sociais profundos e multifacetados sobre as regiões produtoras. Estes impactos seguem marcadamente interligados à dinâmica global das cadeias de valor e evidenciam uma constante assimetria entre ganhos econômicos e custos sociais internalizados nos territórios exportadores.

Os estudos confirmam a intensificação de conflitos sociais pelo acesso à água quando a produção é voltada majoritariamente ao mercado externo, principalmente quando grandes empreendimentos exportadores de grãos, frutas, flores e outras *commodities* muitas vezes monopolizam os recursos hídricos, marginalizando agricultores familiares, comunidades tradicionais e pequenos produtores rurais, os quais se tornam vulneráveis à redução da oferta de água para consumo próprio e práticas de subsistência, como relatado no Iraque, Índia, México, Quênia e zonas áridas do Irã (Al-Badri; Mohammad; Khalid, 2023; Bhavana *et al.*,

2024; Elfetyany; Farag; Abd El Ghany, 2021; Mekonnen; Hoekstra; Becht, 2012; Muzammil; Zahid; Breuer, 2020; Qasemipour *et al.*, 2020; Sommaruga; Eldridge, 2020; Sun *et al.*, 2019)

Outros trabalhos identificam que a destinação hídrica para grandes lavouras voltadas à exportação amplia desigualdades sociais e territoriais, ao permitir que os benefícios econômicos permaneçam concentrados nos setores exportadores, enquanto comunidades locais experimentam deterioração dos modos de vida tradicionais, perda de acesso a recursos naturais essenciais e aumento da insegurança hídrica e alimentar (Aivazidou *et al.*, 2015; Ashktorab; Zibaei, 2022; Bai *et al.*, 2021; Bhavana *et al.*, 2024; Salari *et al.*, 2023; Muzammil; Zahid; Breuer, 2020).

Outros autores afirmam que a pressão exercida sobre os recursos hídricos, aliada à priorização de culturas exportadoras, tem como efeito o deslocamento ou migração de populações rurais. São identificadas perdas na diversidade socioeconômica de comunidades, agravamento do êxodo rural e transformação forçada do tecido social, principalmente onde pequenos produtores não conseguem competir com grandes agronegócios e acabam abandonando suas terras ou mudando sua forma de vida (Al-Badri, 2024; Bhavana *et al.*, 2024; Salari *et al.*, 2023; Jeehan; Al-Badri, 2024; Mekonnen; Hoekstra; Becht, 2012; Qasemipour *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2019).

A especialização produtiva para exportação pode gerar contradições no campo da insegurança alimentar quando regiões produtoras de *commodities* tornam-se progressivamente dependentes da importação de alimentos essenciais ou apresentam menor oferta de alimentos básicos localmente. Isso foi reportado em contextos como Iraque, Egito e regiões rurais da China, onde um volume crescente de recursos naturais é alocado às cadeias globais de valor, em detrimento da segurança alimentar das próprias populações (Bai *et al.*, 2021; Elfetyany; Farag; Abd El Ghany, 2021; Jeehan; Al-Badri, 2024; Muzammil; Zahid; Breuer, 2020; Sun *et al.*, 2019).

Existem trabalhos que assinalam o recrudescimento de vulnerabilidades em situações de escassez hídrica, desastres ambientais, crises alimentares e instabilidades climáticas, já que as populações locais das regiões exportadoras, sem articulação adequada para influenciar políticas de distribuição ou mecanismos de compensação, ficam mais suscetíveis a crises do que aquelas inseridas em cadeias alimentares mais diversificadas e integradas a políticas públicas inclusivas (Aivazidou *et al.*, 2015; Ashktorab; Zibaei, 2022; Salari *et al.*, 2023).

Alguns artigos científicos ressaltam limitações institucionais recorrentes, pontuando que faltam mecanismos eficazes de governança participativa dos recursos hídricos e da cadeia

de produção/exportação, o que impede que os segmentos sociais mais afetados influenciem decisões estratégicas e acessem soluções que promovam justiça social e acesso equitativo à água (Bai *et al.*, 2021; Mekonnen; Hoekstra; Becht, 2012; Sommaruga; Eldridge, 2020).

A análise de cada artigo demonstra que os autores utilizam diferentes termos e abordagens para descrever a relação entre a expansão da exportação de *commodities* e os impactos sociais, sendo fundamental distinguir entre correlação, consequencialidade e causalidade, conforme cada fonte indica explicitamente em seus resultados e discussões.

Numa grande parte dos estudos predomina a indicação da existência de correlação ou associação. Autores como Al-Badr, Mohammad e Khalid (2023), Ashktorab e Zibaei (2022), Bai *et al.* (2021), Bhavana *et al.* (2024), Chapagain, Hoekstra e Savenije (2006), ElFetyany, Farag e Abd El Ghany (2021), Salari *et al.* (2023), Jeehan e Al-Badri (2024), Masud *et al.* (2019), Muzammil, Zahid e Breuer (2020), Qasemipour *et al.* (2020), Salari *et al.* (2023), Sun *et al.* (2019) e Zhao e Yang (2024) afirmam, com base em resultados estatísticos, análises de tendência ou descrição qualitativa, que existe uma relação associativa entre a intensificação das exportações e fenômenos como aumento das desigualdades no acesso à água, deslocamento de pequenas comunidades, insegurança alimentar local e ampliação de conflitos. Nestes trabalhos, a exportação aparece como um dos fatores que acompanham esses impactos sociais, sem afirmar que ela sozinha seja causa determinante.

Em outro grupo de pesquisas, o enfoque está na consequencialidade. Em Bai *et al.* (2021), Dalin *et al.* (2012), Jeehan e Al-Badri (2024), Muzammil, Zahid e Breuer (2020), Sommaruga e Eldridge (2020), Salari *et al.* (2023), e Sun *et al.* (2019), os autores descrevem os efeitos sociais como consequências diretas das dinâmicas exportadoras, principalmente quando há ausência ou falha de mecanismos compensatórios e de políticas inclusivas. Relatam intensificação de vulnerabilidades e exclusão decorrentes do modelo exportador, mas sempre pontuam que o fenômeno resulta da interação entre exportação e o contexto institucional e local.

Um grupo menor afirma que há relação de causalidade, ou seja, o reconhecimento da exportação de *commodities* como causa direta e principal dos impactos sociais negativos, tais são estudos de casos detalhados levados a cabo por Mekonnen, Hoekstra e Becht (2012) sobre o Lago Naivasha e Sommaruga, e Eldridge (2020) sobre a produção de abacate no México e Chile. Nesses dois exemplos, após análise empírica e acompanhamento temporal dos processos, os autores indicam que a intensificação exportadora precede ou motiva diretamente conflitos sociais e exclusão, aproximando-se de uma relação causal explícita, sem excluir, entretanto, a contribuição de outros fatores, como políticas públicas e regulações locais inadequadas.

Alguns estudos internacionais e modelos teóricos (Aivazidou *et al.*, 2015; Berrittella *et al.*, 2008; Deng; Di, 2024; Konar *et al.*, 2016) se limitam a indicar padrões de correlação ou observação de externalidades sociais no comércio global, evitando atribuir causalidade exclusiva à exportação e reconhecendo sempre a multiplicidade de variáveis envolvidas.

4.2 Cenário brasileiro

A análise dos dezessete trabalhos científicos (oito teses e nove dissertações) demonstra que a exploração intensiva dos recursos hídricos para produção e exportação de *commodities* agrícolas e pecuárias gera impactos ambientais, econômicos e sociais em múltiplas escalas no Brasil. As pesquisas aqui analisadas cobrem soja, milho, carne bovina e de frango, frutas irrigadas, algodão, café e biocombustíveis, entre outras cadeias exportadoras, destacando principalmente regiões do Nordeste, Cerrado, Sul, Sudeste, Centro-Oeste e estados como Ceará, Bahia, Tocantins e Paraná.

Impactos ambientais

A maior parte dos estudos selecionados na BDTD relata de forma recorrente a pressão sobre recursos hídricos locais decorrente do cultivo intensivo de *commodities* agropecuárias, com redução e, em alguns casos, esgotamento da disponibilidade de água em áreas de escassez, como Ceará, Oeste da Bahia, Tocantins, Cerrado e partes do Sul e Nordeste (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Moraes, 2015; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Ribeiro, 2014; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Silva Neto, 2023; Soares, 2023; Visentin, 2017). A expansão da irrigação, notada em setores como fruticultura, soja, milho, cana, aves e carne, eleva a pegada hídrica azul e acentua a pressão sobre os mananciais dessas regiões (Coin, 2022; Farias, 2023; Kotsuka, 2013; Ribeiro, 2014; Rocha, 2014; Santos, 2022).

Além disso, nota-se a poluição hídrica resultante do uso intenso de fertilizantes e agrotóxicos, o que aumenta a pegada hídrica cinza e ameaça a qualidade dos recursos hídricos, com riscos de eutrofização e comprometimento da potabilidade das águas (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gessi, 2023; Kotsuka, 2013; Moraes, 2015; Ostroski, 2019; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Soares, 2023; Visentin, 2017).

A degradação ambiental também se materializa por meio de desmatamento, fragmentação de *habitats* e perda de biodiversidade, fenômenos observados no Cerrado baiano, Tocantins e regiões de expansão da soja e da pecuária (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Maracajá, 2013; Moraes, 2015; Ostroski, 2019; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Silva

Neto, 2023; Visentin, 2017). O uso intensivo de solo, com maquinário pesado em monoculturas, contribui para erosão e degradação, particularmente no Oeste da Bahia e áreas tradicionais de produção (Ostroski, 2019; Santos, 2022).

Os autores explicitam ainda as alterações dos ciclos hidrológicos, com maior escoamento superficial, assoreamento, redução da infiltração e formação de microclimas, especialmente em áreas de irrigação intensiva e expansão agropecuária como Tocantins e Oeste da Bahia. A gravidade desses efeitos cresce em períodos de estiagem, afetando diretamente a resiliência dos ecossistemas locais e o equilíbrio hídrico de bacias (Ostroski, 2019; Rocha, 2014; Santos, 2022; Silva Neto, 2023).

Por outro lado, certos estudos ressaltam a adoção de métodos de irrigação mais eficientes e a racionalização do consumo de água, mitigando parte dos danos ambientais. Tecnologias como gotejamento e microaspersão na fruticultura, soja e avicultura paranaense têm sido capazes de reduzir o volume de água utilizado por tonelada produzida (Coin, 2022; Farias, 2023; Gessi, 2023; Ribeiro, 2014). Em algumas regiões, o predomínio do uso de água da chuva (“água verde”) também atenua a extração direta de aquíferos e rios (Bergmann, 2019; Gelain, 2018; Maracajá, 2013; Moraes, 2015).

Para alguns dos trabalhos científicos analisados, as relações entre a produção de *commodities* agrícolas para exportação e os impactos ambientais são, na maioria dos casos, correlações estatísticas ou relações de consequencialidade, ficando a afirmação da existência de causalidade explícita reservada para situações que tiveram observação empírica. Os autores reiteram que regiões brasileiras de forte vocação exportadora, como o Cerrado, o Oeste da Bahia, Tocantins, partes do Sul e Nordeste, experimentam redução significativa na disponibilidade de água superficial e subterrânea, fenômeno amplificado pelo cultivo extensivo de soja, milho, algodão, cana, frutas e carnes voltados ao mercado externo (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Gessi, 2023; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Moraes, 2015; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Ribeiro, 2014; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Silva Neto, 2023; Soares, 2023; Visentin, 2017).

A produção para exportação aparece como indicador correlacionado à intensificação da irrigação e aumento da pegada hídrica azul, além de estar consequentemente relacionada ao esgotamento dos mananciais e à deterioração dos ciclos hidrológicos (Coin, 2022; Farias, 2023; Kotsuka, 2013; Ribeiro, 2014; Rocha, 2014; Santos, 2022; Silva Neto, 2023). A poluição hídrica por fertilizantes e agrotóxicos, com elevação da pegada hídrica cinza, aparece majoritariamente como consequência previsível do manejo intensivo para exportação (Bergmann, 2019; Coin,

2022; Gessi, 2023; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017). Desmatamento e fragmentação dos *habitats* também acompanham a expansão territorial das monoculturas exportadoras, especialmente no Cerrado e regiões de fronteira agrícola, reforçando o nexo consequencial entre exportação e perda de biodiversidade (Bergmann, 2019; Farias, 2023; Maracajá, 2013; Ostroski, 2019; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017);

Uma parte da literatura examinada sustenta que o uso de tecnologias mais eficientes de gestão da irrigação e maior participação da água verde podem mitigar ou até inverter essa correlação, sem, contudo, anular o padrão predominante de associação negativa nas áreas de maior dinamismo exportador (Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Gessi, 2023; Maracajá, 2013; Ribeiro, 2014).

Impactos econômicos

Alguns trabalhos salientam que a produção e exportação de *commodities* intensivas em água impulsionam as economias locais e regionais, gerando renda, emprego e fortalecendo cooperativas e cadeias produtivas, especialmente soja, carne bovina, frango, frutas, milho, cana e algodão (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Maracajá, 2013; Moraes, 2015; Kotsuka, 2013; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Ribeiro, 2014; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Soares, 2023; Visentin, 2017). Isso reflete-se em aumentos do Produto Interno Bruto (PIB) regional e nacional, sendo esses efeitos notados tanto no Vale do São Francisco quanto em grandes polos do Centro-Oeste, Sul e Sudeste (Farias, 2023; Ostroski, 2019; Ribeiro, 2014; Rowiechi, 2021; Soares, 2023).

A competitividade internacional dos produtos brasileiros é atribuída à disponibilidade de recursos hídricos e elevada produtividade em cultivos como grãos, carne e açúcar, tornando o país referência mundial (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Moraes, 2015; Rowiechi, 2021; Soares, 2023).

No entanto, essa dinâmica traz riscos: a dependência de água de determinadas regiões, a baixa rentabilidade econômica por volume exportado (em relação a parceiros internacionais) e a exposição a crises globais e secas podem comprometer a sustentabilidade econômica, em especial para pequenos produtores (Bergmann, 2019; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Rocha, 2014; Santos, 2022; Visentin, 2017).

Adicionalmente, há desigualdade na apropriação dos ganhos. Grandes empresas e cooperativas concentram benefícios, enquanto custos ambientais e sociais são socializados localmente, como acontece em regiões do Oeste baiano e Tocantins, onde vulnerabilidades

ficam evidentes em tempos de crise (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017). A falta de cobrança efetiva e a subavaliação da água intensificam tais descompassos (Coin, 2022; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Moraes, 2015; Santos, 2022).

No aspecto econômico, o conjunto dos artigos demonstra que a exportação de *commodities* agrícolas estabelece predominantemente relações de correlação direta e de consequencialidade concreta com o desempenho socioeconômico das regiões produtoras. Diversos autores desenham um quadro em que o crescimento das exportações alavanca o PIB local, aumenta a geração de renda, amplia o emprego e fortalece as cadeias produtivas vinculadas à soja, carne bovina, grãos, algodão, frutas, milho e cana-de-açúcar (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Gessi, 2023; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Moraes, 2015; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Ribeiro, 2014; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Soares, 2023; Silva Neto, 2023; Visentin, 2017).

Em paralelo aos efeitos positivos, os artigos apontam consequências negativas estruturais, como a dependência de recursos hídricos limitados, a baixa rentabilidade econômica relativa das exportações—quando comparada a outros países—e a exposição dos setores produtivos a choques climáticos e instabilidades do mercado global (Bergmann, 2019; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Rocha, 2014; Santos, 2022; Visentin, 2017). A literatura dá ênfase à consequencialidade entre exportação em larga escala e concentração dos ganhos nas mãos de grandes empresas e cooperativas, enquanto os custos econômicos dos efeitos ambientais e sanitários recaem sobre populações locais (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017).

Além disso, a ausência de instrumentos de cobrança justa e valoração adequada da água é amplamente referida como elemento que reforça o descompasso entre ganhos econômicos privados e custos socioambientais públicos (Coin, 2022; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Moraes, 2015; Santos, 2022; Moraes, 2015).

Impactos sociais

Quanto aos impactos sociais, observa-se que os setores exportadores de *commodities* respondem pela geração de empregos e fixação da população rural, especialmente nas cadeias de soja, frutas irrigadas, café, milho, carne e algodão, fortalecendo cooperativas e reduzindo o êxodo rural em regiões do Ceará, Paraná, Bahia, Tocantins e Vale do São Francisco (Bergmann,

2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Kotsuka, 2013; Moraes, 2015; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Ribeiro, 2014; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017).

Entretanto, esse modelo incentiva a concentração fundiária e de renda, bem como a exclusão de pequenos agricultores, comunidades tradicionais e agricultores familiares dos principais ganhos econômicos, como evidenciado no Oeste da Bahia, Tocantins, Sul e Centro-Oeste (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Santos, 2022; Rowiechi, 2021; Visentin, 2017).

Os conflitos pelo uso da água são recorrentes, em especial em regiões com irrigação intensiva, infraestrutura hídrica precária ou em períodos de seca, envolvendo grandes exportadores, pequenos agricultores, usuários urbanos e comunidades tradicionais (Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Moraes, 2015; Oliveira, 2015; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017). A saúde pública é outra preocupação crescente, devido à exposição a resíduos de agrotóxicos e fertilizantes em áreas rurais e urbanas, aumentando incidências de intoxicação e vulnerabilidade sanitária, especialmente no Sudoeste e Oeste do Paraná, Oeste da Bahia, Tocantins e Ceará (Farias, 2023; Gelain, 2018; Gessi, 2023; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Rowiechi, 2021; Santos, 2022).

Os trabalhos apontam que os custos sociais e ambientais recaem, sobretudo, sobre as populações mais vulneráveis, pequenos agricultores, comunidades tradicionais, trabalhadores rurais e moradores de pequenas cidades agrícola, ao passo que os benefícios econômicos se concentram entre grandes grupos da cadeia exportadora (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Moraes, 2015; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017).

Os autores dos trabalhos nacionais analisados apontam, na sua grande maioria, para relações de correlação e consequencialidade, com menções pontuais à causalidade apenas em casos detalhados de exclusão social ou conflito, conforme se detalhará a seguir.

Alguns autores afirmam que a produção de *commodities* exportadoras está vinculada à geração de empregos e fixação da população rural, fortalecendo cooperativismo e reduzindo o êxodo rural (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Kotsuka, 2013; Moraes, 2015; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Ribeiro, 2014; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017).

Por outro lado, as consequências adversas mais recorrentes são a concentração fundiária e de renda, a marginalização de pequenos produtores, comunidades tradicionais e famílias agrícolas, e a intensificação dos conflitos pelo acesso à terra e à água nas regiões com irrigação

ou infraestrutura precária (Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017).

Os conflitos pelo uso da água e as disputas territoriais aparecem como consequências diretas da pressão exercida pelo modelo de produção orientado à exportação, frequentemente agravadas por secas ou ausência de regulação eficiente (Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Moraes, 2015; Oliveira, 2015; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017).

Outros trabalhos ainda expõem o agravamento da vulnerabilidade sanitária de trabalhadores e comunidades locais, sobretudo nos polos exportadores intensos em uso de agrotóxicos (Farias, 2023; Gelain, 2018; Gessi, 2023; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Rowiechi, 2021; Santos, 2022).

Outros estudos apontam que os custos sociais e ambientais são absorvidos de forma desproporcional pelas populações mais vulneráveis, pequenos agricultores, comunidades tradicionais, trabalhadores rurais, enquanto os ganhos se concentram nos polos mais capitalizados das cadeias produtivas exportadoras (Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Moraes, 2015; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Visentin, 2017).

4.3 Regiões críticas brasileiras

Os trabalhos científicos analisados esclarecem que os impactos da exportação de água virtual no Brasil não se distribuem de forma homogênea pelo território nacional. Diversamente, algumas regiões, adiante tratadas e classificadas aqui como *críticas*, concentram de maneira expressiva tanto a produção de *commodities* agrícolas quanto os efeitos ambientais, sociais e econômicos da pressão sobre os recursos hídricos.

Brasil — Macrorregiões e Bacias Produtoras

Bergmann (2019) discute que as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste concentram volumes expressivos de produção agrícola e pecuária que impulsionam o Brasil ao posto de grande exportador mundial de “água virtual” incorporada em *commodities* como açúcar, soja, milho, arroz, café, carne bovina e aves. O setor agropecuário consome cerca de 67% da água superficial e subterrânea nacional. A intensificação agrícola nessas regiões, principalmente para exportação, está associada à exportação líquida de água virtual (aprox. 130 bilhões de m³/ano de “água verde”, 12 bilhões de “água azul” e 7 bilhões de “água cinza” ao ano). Bacias hidrográficas como a do Paraná (23% do consumo nacional) e Tietê (14% da

pegada hídrica nacional) são identificadas como áreas críticas pela concentração produtiva e pressão hídrica. Apesar de o país, em termos agregados, não viver estresse hídrico estrutural, já se identifica que regiões com agricultura irrigada intensiva, uso não planejado ou baixa taxa de retorno das águas captadas enfrentam restrições crescentes.

Oeste do Paraná — Cadeia Avícola e *Commodities*

Farias (2023) detalha o polo avícola do Oeste do Paraná, região com 54 municípios, mais de 97.000 km², cerca de 6.000 aviários e um rápido crescimento dos abates de frango. A pegada hídrica do frango de corte é de 1.611,14 L/kg (verde) e 8,02 L/kg (azul), refletindo a dependência de milho e soja (611,11 L/kg para farelo de soja e 1.030,69 L/kg para milho na ração). Apesar da aparente segurança hídrica regional (3.600 m³/hab/ano), há relatos de pressão crescente sobre poços e mananciais superficiais devido ao aumento da produção e à exportação. A análise regional/municipal mostra que o crescimento acelerado e falta de planejamento buscam soluções como poços profundos e reuso, mas coexistem riscos ambientais (contaminação por efluentes, uso de agrotóxicos e resíduos industriais) e enormes volumes de água virtual exportada sem precauções para futuras escassezes.

Sudoeste do Paraná — Sojicultura Intensiva

Gessi (2023) mostra que a região sudoeste do Paraná, com 612.400 ha de soja em 2021, apresenta pegada hídrica cinza média de 129 m³/t, em razão do uso intensivo de insumos químicos. Apesar da alta pluviosidade, episódios de crise hídrica e a expansão da monocultura de exportação têm levado ao aumento da poluição difusa e problemas de saúde pública. O modelo de produção vigente eleva o volume total de água poluída/necessitando diluição, e o recorte regional/municipal evidencia paradoxos ambientais: expansão produtiva com impactos graves sobre a qualidade dos recursos hídricos e aumento dos riscos sociais.

Região de Maringá e Norte do Paraná

De acordo com Kotsuka (2013), a produção de soja (2.209 m³/t de pegada total na região de Maringá) e óleo de soja (6.201 m³/t em Araucária) se destaca entre as cadeias mais integradas globalmente no Brasil. O Paraná não vive, por ora, escassez hídrica crônica, mas a expansão do uso de irrigação e pressões pela exportação podem alterar esse quadro. A pegada cinza é significativa — 417 m³/t atribuídos ao uso de fertilizantes nitrogênicos. O recorte estadual/nacional destaca o crescimento da agroindústria e a necessidade de políticas para controle da faixa de uso da água e dos fluxos de água virtual entre bacias.

Centro-Oeste, Sul e Sudeste — Fronteira Agrícola e Exportação

Maracajá (2013) e Moraes (2015) sustentam que as regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste lideram tanto na produção de *commodities* exportadas (soja: 2.000 L/kg; milho: 650 L/kg; carne bovina: 19.400 L/kg; arroz: 1.600 L/kg; leite: 1.000 L/kg) quanto nos riscos de pressão sobre estoques hídricos em polos produtivos irrigados ou de elevada exportação. Nessas macrorregiões, há clara correlação entre padrão de exportação das *commodities*, aumento da pegada hídrica per capita, renda e IDH. A análise, de amplitude nacional, estadual e municipal, mostra que a intensificação dessas cadeias resulta em aumento das áreas pressionadas, maior poluição cinza (por fertilizantes e defensivos) e conflitos entre setores produtivos e demandas urbanas. O crescente volume de água virtual exportado via *commodities* pode comprometer a resiliência hídrica e acirrar desigualdades.

Tocantins — Nova Fronteira do Cerrado (MATOPIBA)

Silva Neto (2023) destaca o Tocantins como eixo emergente do agronegócio brasileiro (soja, milho, arroz, cana, pecuária bovina). Grandes áreas produtivas (superiores a 200 mil ha em alguns municípios) e projetos de irrigação estratégicos no sudoeste e centro-norte colocam pressão considerável sobre recursos hídricos superficiais e subterrâneos, inclusive onde a disponibilidade agregada é elevada. A expansão acelerada demanda atenção à desigualdade de acesso e ocorrência de escassez local, especialmente em municípios do Sudeste. O uso crescente de agrotóxicos, erosão, sedimentação e degradação ambiental são desafios constatados no recorte estadual e municipal, exigindo políticas focalizadas para sustentabilidade e justiça ambiental.

Oeste Baiano (Bahia/MATOPIBA)

Segundo Santos (2022), o Oeste da Bahia — Barreiras, Luís Eduardo Magalhães, São Desidério, Formosa do Rio Preto — é polo de sojicultura, milho, algodão e feijão, inserido na fronteira do MATOPIBA. Com áreas produtivas extensivas e uso intensivo de irrigação e agrotóxicos, há crescimento de sinais de estresse hídrico local associados à competição entre grandes projetos agrícolas e comunidades tradicionais, agravados por conflitos fundiários e degradação do solo e das águas. O recorte regional-municipal evidencia pressões ambientais, desigualdades sociais e desafios para a sustentabilidade, sendo necessária a reorientação do modelo produtivo e políticas integradas.

Submédio do Vale do São Francisco (Juazeiro/BA e Petrolina/PE)

Ribeiro (2014) enfatiza a dependência da irrigação na produção de manga (359 m³/t, sendo 74% de água azul), numa região semiárida marcada pelo estresse hídrico, baixa precipitação e alta evaporação. Embora a área irrigada monitorada por Ribeiro seja de 807,2

hectares (perímetro Mandacaru), o polo engloba mais de 46 mil km² em fruticultura irrigada. A pressão sobre o rio São Francisco, aliado ao aumento de exportações, agrava conflitos pelo uso da água, e problemas ambientais como poluição por fertilizantes/nitrogênio e salinização do solo se intensificam.

Ceará — Baixo e Médio Jaguaribe

Trabalhos de Rocha (2014) e Soares (2023) mostram o Ceará como área clássica de estresse hídrico, fortemente dependente da agricultura irrigada para exportação de frutas e castanha de caju (PH de até 39.549,9 L/kg). Baixo e Médio Jaguaribe concentram mais de 60% da área irrigada estadual, com severa pressão sobre bacias hidrográficas. Relata-se uma forte correlação entre produção/exportação e vulnerabilidade hídrica, agravada por poluição difusa, pressão sobre nascentes, necessidade de eficiência e integração de políticas públicas para adaptação e racionalização do uso.

4.4 A exportação de *commodities* intensivas em água

A exportação de água virtual no Brasil está profundamente relacionada ao perfil de produção agropecuária nacional, que apresenta forte concentração em culturas altamente demandantes de recursos hídricos. Conforme analisado anteriormente, diversos estudos acadêmicos comprovam a centralidade de algumas *commodities*, como soja, carne bovina, milho, cana-de-açúcar, café, algodão, frutas irrigadas e carnes de frango e suína, no papel de vetores do consumo e exportação de grandes volumes de água. A seguir, apresentam-se os principais produtos, suas características hídricas e as regiões mais relevantes de produção, acompanhados das respectivas fontes.

A soja é apontada como a principal *commodity* associada ao fluxo de água virtual exportada pelo Brasil. Sua cadeia produtiva, posicionada como estratégica para a balança comercial, consome volumosos recursos hídricos, especialmente “água verde” (chuvas), mas também água azul, em áreas de irrigação, além de gerar significativa pegada hídrica cinza devido ao uso intensivo de fertilizantes e defensivos agrícolas. A pegada hídrica média da soja no Brasil é de 1.731 m³ por tonelada, composta majoritariamente por 94,2% de água verde, 2,4% de água azul e 3,4% de água cinza, sendo inferior à média global de 2.145 m³/tonelada (Oliveira, 2015). Sua exportação ocorre em larga escala, tanto diretamente (em grão, farelo ou óleo) quanto indiretamente (via ração animal utilizada na produção de frango e bovinos). As maiores áreas produtoras de soja estão localizadas no Mato Grosso, Goiás, Paraná, Rio Grande

do Sul, Bahia e Minas Gerais, com destaque para as regiões do Cerrado, Matopiba e Sul do país. A expansão da soja nestas áreas reforça a pressão sobre as bacias hidrográficas locais, sobretudo em períodos de seca ou onde a infraestrutura hídrica é precária (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Ribeiro, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Soares, 2023; Visentin, 2017).

A carne bovina é o segundo produto mais relevante no contexto da exportação de água virtual. O ciclo produtivo de carne bovina consome volumosas quantidades de água para criação e dessedentação dos animais, ração (demanda indireta de milho e soja), pastagens e processamento, sendo especialmente expressivo em regiões do Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás) e partes do Sudeste e Norte. A pegada hídrica da carne bovina no Brasil é extremamente elevada, atingindo 15.400 m³ por tonelada, composta majoritariamente por água verde (93%), seguida de água azul (1%) e água cinza (6%), refletindo os impactos hídricos da pecuária extensiva e intensiva (Oliveira, 2015). A pegada hídrica total da carne bovina é destaque no conjunto das exportações do Brasil, tendo como destinos principais China, União Europeia e Norte da África (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Gelain, 2018; Maracajá, 2013; Oliveira, 2015; Santos, 2022; Soares, 2023; Visentin, 2017).

O milho, embora apresente pegada hídrica inferior à carne bovina em termos unitários, é fundamental na composição da cadeia do agronegócio voltada à exportação, servindo majoritariamente como insumo (ração) para a pecuária (aves e suínos). Seu cultivo é intensivo em água, com pegada hídrica média de 1.222 m³/tonelada no Brasil, sendo composta majoritariamente por água verde (90%), seguida por água azul (6%) e água cinza (4%) (Oliveira, 2015). O cereal demanda grandes volumes hídricos especialmente em regiões de dupla safra e em áreas do Mato Grosso, Goiás, Paraná e sul do país (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Maracajá, 2013; Moraes, 2015; Santos, 2022; Soares, 2023; Visentin, 2017).

A cana-de-açúcar é apontada como uma das maiores responsáveis pelo consumo de água do país nas regiões de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Nordeste (Zona da Mata). Sua produção contribui enormemente para o fluxo de água virtual via exportação de açúcar e etanol, tendo participação relevante na geração de água cinza devido ao uso de fertilizantes e defensivos, além de recorrer crescentemente à irrigação em certas regiões (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Gelain, 2018; Moraes, 2015; Ribeiro, 2014; Santos, 2022; Visentin, 2017). A pegada hídrica média nacional da cana-de-açúcar é de 1.569 m³ por tonelada,

sendo composta por 68,6% de água verde, 21,2% de água azul e 10,2% de água cinza (Oliveira, 2015, *apud* Soares, 2023).

O café, tradicional cultura de exportação, apresenta elevada pegada hídrica, principalmente verde, e é produzido majoritariamente em Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia e Paraná. A água utilizada na irrigação e no processamento, aliada ao uso de defensivos, contribui para o saldo de água virtual exportado. Os principais destinos do café brasileiro são Europa, Estados Unidos e Ásia (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Gelain, 2018; Maracajá, 2013; Visentin, 2017). A pegada hídrica média nacional do café é de 9.485,89 m³ por tonelada (Ostrolki, 2019).

O algodão, particularmente relevante no MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia), Centro-Oeste e Oeste baiano, apresenta expressivo consumo de água, notadamente azul, além de resultar em elevada produção de água cinza devido ao uso de defensivos. O produto vai tanto para exportação “in natura” como para insumos industriais (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Maracajá, 2013; Santos, 2022).

O arroz é uma das culturas mais demandantes em água no Brasil, especialmente na forma irrigada, que consome cerca de 7,9 bilhões de m³ e representa 13% da captação agrícola total (Visentin, 2017). Seu coeficiente hídrico é oito vezes superior ao da fruticultura (Farias, 2023), com variações regionais: 3.082 m³/t no país e 1.116,61 m³/t na Bahia (Oliveira, 2015; Santos, 2022). O cultivo por inundação apresenta baixa eficiência (0,54), dependendo exclusivamente de água azul (Rocha, 2014). O Rio Grande do Sul lidera a produção, com 78% da área irrigada estadual dedicada à rizicultura (ANA¹, 2017, *apud* Gelain, 2022). Tocantins destaca-se como terceiro maior produtor (Santos, 2022). No comércio internacional, o Brasil exporta arroz para países africanos, como Senegal e Nigéria, transferindo 598 milhões m³/ano de água virtual (Oliveira, 2015), embora enfrente sazonalmente *déficits* produtivos e precise importar, sobretudo da Argentina e Uruguai.

O trigo no Brasil tem baixa expressão na irrigação, mas grande importância no comércio de água virtual. Com apenas 19% da sua pegada hídrica composta por água azul (Ribeiro, 2014), o país ainda depende fortemente de importações, com saldo líquido de 6.833 Gm³/ano, sobretudo da Argentina e Paraguai (Oliveira, 2015). A pegada hídrica do trigo no Brasil é de 1.616 m³/t (Oliveira, 2015). A produção nacional concentra-se na região Sul, com destaque para Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Embora importador líquido, o Brasil também

¹ ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <http://www.arquivos.ana.gov.br>. Acesso em: 22 nov. 2017.

exporta trigo para países com escassez hídrica, como Argélia, Arábia Saudita e Bangladesh (Oliveira, 2015), o que evidencia um papel estratégico duplo: dependente de água virtual externa e, ao mesmo tempo, provedor desse recurso incorporado para regiões semiáridas.

A fruticultura irrigada, manga, uva, melão, melancia, banana, mamão, abacaxi, especialmente no Vale do São Francisco (BA/PE), Ceará e Rio Grande do Norte, destaca-se pelo altíssimo consumo de água azul. A região do Submédio do Vale do São Francisco é responsável por mais de 90% das exportações nacionais de manga, sendo a irrigação fator determinante para o sucesso exportador, mas também para situações de sobrecarga hídrica e estresse das bacias (Coin, 2022; Ribeiro, 2014; Rocha, 2014; Soares, 2023).

A avicultura é especialmente relevante no Oeste do Paraná, maior polo exportador nacional, com grande volume de produção de carne de frango voltado ao mercado internacional. Embora o consumo direto de água por ave seja relativamente baixo, o volume total, considerando ração (milho e soja), infraestrutura e exportação, representa significativa pegada hídrica regional e local, agravando potenciais quadros de estresse hídrico (Coin, 2022; Farias, 2023; Maracajá, 2013; Ostroski, 2019). A suinocultura, igualmente concentrada na Região Sul, é associada a elevada carga poluidora dos resíduos líquidos da atividade, que ampliam a pegada hídrica cinza e pressionam mananciais locais (Coin, 2022; Farias, 2023; Ostroski, 2019).

A produção e exportação de água virtual no Brasil são guiadas por um pequeno conjunto de *commodities*, distribuídas em polos produtivos com diferentes graus de disponibilidade e gestão do recurso hídrico. Os impactos associados a esta dinâmica, tanto positivos (renda, emprego e divisas) quanto negativos (pressão sobre bacias, degradação ambiental e conflitos sociais), são amplamente evidenciados na literatura científica e demandam respostas localizadas e políticas de uso racional da água (Bergmann, 2019; Coin, 2022; Farias, 2023; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013; Moraes, 2015; Oliveira, 2015; Ostroski, 2019; Ribeiro, 2014; Rocha, 2014; Rowiechi, 2021; Santos, 2022; Soares, 2023; Visentin, 2017).). A pegada hídrica média nacional da avicultura é de 4.474 m³ por tonelada (Chapagain; Hoekstra², 2004, *apud* Oliveira, 2015)

4.5 Discussão

² CHAPAGAIN, A.K.; HOEKSTRA, A.Y. *Water footprints of nations*. Volume 2: appendices. Value of Water Research Report Series n. 16. Delft: U*NESCO-IHE, 2004. 240 p.

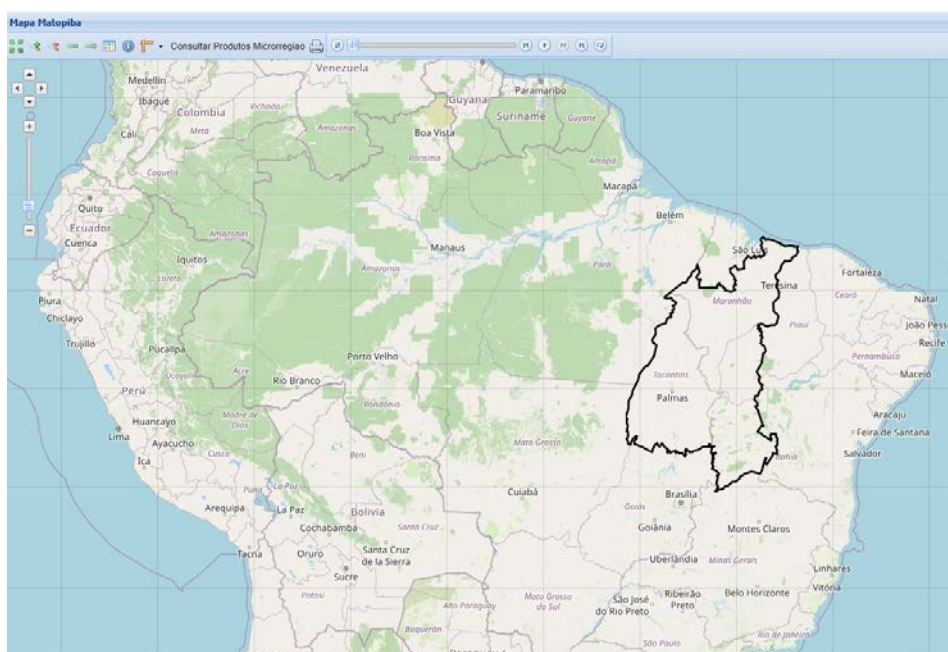
A revisão sistemática revelou um conjunto consistente de evidências que apontam para uma relação estrutural entre o modelo agroexportador brasileiro e a intensificação da pressão sobre os recursos hídricos em regiões estratégicas. O Brasil, ao consolidar-se como um dos principais exportadores mundiais de *commodities* como soja, carne bovina, milho e algodão, assume simultaneamente o papel de grande exportador de água virtual, com implicações diretas e indiretas sobre a sustentabilidade hídrica.

4.5.1 Convergências entre produção para exportação e escassez hídrica

Os estudos apresentam uma convergência marcante entre a destinação da produção agropecuária para exportação e o cenário de pressão ou escassez hídrica em importantes polos do agronegócio brasileiro. Em distintas regiões, a intensificação de monoculturas e da pecuária voltadas a mercados externos tem aprofundado conflitos pelo uso da água e agravado a vulnerabilidade de bacias hidrográficas, muitas delas já naturalmente sensíveis ao *déficit* hídrico.

O caso de MATOPIBA é um exemplo por se tratar de fronteira agrícola que engloba Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Os mapas das Figuras 2 e 3, extraídos do Projeto Matopiba (EMBRAPA, 2015), mostram o tamanho dessa região em relação ao resto do país e os estados que dela fazem parte.

Figura 2 – Matopiba em relação ao Brasil



Fonte: EMBRAPA (2015).

Figura 3 – Matopiba e os estados que a formam



Fonte: EMBRAPA (2015).

Segundo Coin (2022), essa região apresenta expansão acelerada do cultivo de soja e algodão, associada à crescente dependência de irrigação em áreas de cerrado. O estudo destaca que a concentração de grandes empreendimentos voltados à exportação neste território ocorre em ambientes já predispostos à escassez, tornando recorrentes situações de pressão sobre os mananciais e desequilíbrio hídrico em bacias como a do Rio Formoso, no Tocantins (Coin, 2022; Silva Neto, 2023). Silva Neto (2023) reforça que a intensificação do uso da água, especialmente para soja, milho, arroz, cana-de-açúcar e pecuária bovina, resulta na outorga de volumes para irrigação superiores à capacidade de reposição natural em vários trechos do estado, agravando a vulnerabilidade ambiental e potencializando conflitos pelo acesso ao recurso.

O cenário no Submédio do Vale do São Francisco é igualmente ilustrativo. Ribeiro (2014) aponta que a fruticultura irrigada, especialmente a manga produzida em Juazeiro (BA) e Petrolina (PE), embora gere divisas importantes via exportação, consome volumosas quantidades de água do Rio São Francisco. O contexto de clima semiárido com alta evapotranspiração torna o consumo ainda mais crítico, e os impactos ambientais do uso intensivo da água não são devidamente internalizados na lógica de produção local, o que eleva a sobrecarga nos sistemas de irrigação e a vulnerabilidade hídrica regional (Ribeiro, 2014).

Esses exemplos são confirmados e ampliados por outros estudos, como Gelain (2018), que menciona que as regiões de maior exportação, como o Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás), Sul (Paraná, Rio Grande do Sul), Oeste da Bahia e Tocantins, enfrentam a sobreposição entre a

expansão do complexo agroexportador e quadros de estresse hídrico local, em especial durante períodos de seca ou em áreas de infraestrutura insuficiente para a gestão sustentável da água. Santos (2022), por sua vez, destaca o caso do Oeste baiano, onde o avanço da soja irrigada para exportação está associado ao esgotamento de aquíferos e à intensificação dos conflitos entre grandes produtores, pequenos agricultores e comunidades tradicionais.

O quadro de convergência entre produção de exportação e pressão hídrica não é pontual ou esporádico: trata-se de um fenômeno sistemático, identificado em bacias hidrográficas críticas (Bergmann, 2019; Visentin, 2017) e reconhecido até mesmo em setores como a fruticultura irrigada do Nordeste (Ribeiro, 2014; Rocha, 2014) e a avicultura de corte do Oeste do Paraná (Farias, 2023). Nessas áreas, a dinâmica produtiva prioriza o rendimento econômico e a inserção em cadeias globais, muitas vezes em detrimento da resiliência dos sistemas naturais e da segurança hídrica de usos múltiplos locais.

Ademais, os dados analisados revelam que tal convergência resulta de políticas públicas que historicamente favoreceram o crescimento do agronegócio exportador sem articulação efetiva com a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos (Coin, 2022; Gelain, 2018; Santos, 2022). Isso reforça a condição de que a sobreposição entre fronteiras de exportação e territórios de escassez hídrica é resultado de decisões sociais, econômicas e políticas, e não de uma fatalidade natural ou aleatória do clima ou da geografia brasileira.

4.5.2 Desconsideração dos custos ambientais e ausência de mecanismos de compensação

Um dos aspectos mais recorrentes identificados nos estudos analisados é a subvalorização do recurso hídrico nas cadeias agropecuárias voltadas à exportação. As pesquisas evidenciam que os custos ambientais inerentes à exportação de água virtual, como degradação da qualidade da água, poluição difusa, perda de biodiversidade aquática, redução da vazão hídrica e a necessidade de gastos com infraestrutura de mitigação, não são devidamente internalizados nos cálculos econômicos que subsidiam a rentabilidade das *commodities* brasileiras.

A dissertação de Gelain (2018) realiza uma análise de custo-benefício da exportação de carne bovina, soja e milho, demonstrando que o valor econômico gerado pela venda desses produtos para o mercado internacional não compensa integralmente os impactos ambientais associados. O estudo ressalta que a exportação envolve, além do consumo de água verde, uma expressiva geração de água cinza, relacionada ao uso de fertilizantes, defensivos agrícolas e

dejetos animais, resultando em poluição hídrica difusa e degradação ambiental nas regiões produtoras. Gelain (2018) sugere que, para que os preços dos produtos reflitam os reais custos socioambientais, é necessário incorporar os custos de recuperação da qualidade da água, especialmente a pegada hídrica cinza, à estrutura de preços das *commodities* exportadas.

De maneira convergente, Visentin (2017) destaca que o modelo vigente da matriz agroexportadora do Brasil pressupõe a água como um insumo gratuito ou inesgotável, desconsiderando suas funções ecológicas e sociais. Essa lógica acaba por perpetuar um ciclo extrativista, onde os danos ambientais e os riscos de desequilíbrio hídrico recaem sobre os territórios exportadores, enquanto os benefícios econômicos tendem a se concentrar nos grandes agentes do agronegócio. O autor ressalta a carência de instrumentos de compensação e de políticas de regulação, como a cobrança diferenciada pelo uso da água especificamente para fins de exportação, que poderiam gerar recursos para a mitigação dos impactos ambientais e para o fortalecimento da sustentabilidade hídrica local.

Além disso, tanto Gelain (2018) quanto Visentin (2017) demonstram que, apesar da existência de alguma regulação ambiental, não há nos marcos jurídicos brasileiros mecanismos claros e obrigatórios que integrem indicadores ambientais, como a pegada hídrica, aos processos de promoção comercial, à concessão de incentivos fiscais ou à formulação de acordos internacionais do setor exportador. Isso contribui para a perpetuação da desconsideração dos custos ambientais e para a ausência de instrumentos eficazes de compensação às regiões produtoras, evidenciando uma lacuna estrutural na governança dos recursos hídricos associados ao agronegócio.

4.5.3 Fraquezas institucionais na governança da água

A revisão sistemática realizada sobre os impactos da exportação de água virtual em cadeias agropecuárias revelou fragilidades estruturais recorrentes na governança hídrica das regiões de maior pressão, evidenciando limitações institucionais e ausência de instrumentos eficazes para disciplinar e regular os múltiplos usos da água.

Os estudos analisados mostram que, apesar da existência de comitês de bacia, colegiados de gestão e marcos legais descentralizados em várias regiões do Brasil, a implementação e a fiscalização das regras de uso dos recursos hídricos ainda são frágeis, principalmente nas áreas de maior influência do agronegócio exportador (Coin, 2022; Farias, 2023; Ribeiro, 2014; Santos, 2022; Silva Neto, 2023). Os diagnósticos destacam que a atuação

desses órgãos muitas vezes se limita à instância consultiva, com baixos índices de articulação intersetorial, pouca efetividade em mediar conflitos pelo uso da água e dificuldades de articulação com órgãos ambientais, agrícolas e comerciais.

No caso do Tocantins, Silva Neto (2023) demonstra como a recente expansão da soja, milho, arroz, cana-de-açúcar e pecuária para atender principalmente ao mercado externo coincidiu com a fragilização das instituições estaduais encarregadas da gestão da água. O autor detalha a concessão de outorgas hídricas sem critérios técnicos robustos, ausência de fiscalização de campo e falta de integração das informações entre os órgãos de recursos hídricos, ambientais e do desenvolvimento econômico. Essa situação, segundo o autor, configura um "colapso institucional silencioso", que torna o controle social e estatal praticamente ineficaz frente ao avanço dos empreendimentos agroexportadores em áreas de vulnerabilidade hídrica.

Na região do Submédio São Francisco, Ribeiro (2014) identifica que, embora haja uma estrutura formal consolidada, a exemplo de comitês de bacia e planos diretores, a governança na prática é marcada pela supremacia dos interesses dos grandes produtores exportadores, especialmente da fruticultura irrigada. Pescadores, agricultores familiares e populações tradicionais veem-se frequentemente preteridos no acesso e uso dos recursos hídricos, com destaque para episódios em que os sistemas de irrigação para exportação recebem prioridade mesmo frente a demandas básicas de abastecimento humano ou necessidades ecológicas. Fica comprometido, assim, o princípio da equidade hídrica, gerando situações de injustiça social e ambiental.

Coin (2022) acrescenta que a ausência de políticas públicas integradas que conciliem as dimensões ambiental, agrícola, comercial e territorial favorece o predomínio do setor exportador na orientação dos usos da água. Segundo a autora, o quadro é agravado pela falta de mecanismos regulatórios que obriguem transparência, participação social ampliada e efetivo controle estatal sobre os volumes de recursos hídricos destinados à exportação. O vácuo institucional e a inexistência de cobrança diferenciada pelo uso da água para exportação perpetuam desequilíbrios entre os beneficiários dos fluxos de água virtual e as populações locais que dependem dos mesmos sistemas hídricos para sua subsistência.

Farias (2023) e Santos (2022) também descrevem limitações no monitoramento do uso da água e na resposta do poder público diante de situações de escassez e de conflitos entre grandes agroindústrias e pequenos produtores, tanto no Oeste do Paraná quanto no Oeste da Bahia. A fiscalização insuficiente e a dificuldade de promover políticas compensatórias ou de

induzir o uso racional da água resultam do enfraquecimento institucional, reforçado pelo peso econômico das cadeias exportadoras junto aos governos locais e estaduais.

Os achados dos estudos indicam uma clara dissociação entre a relevância internacional dos polos produtores/exportadores de *commodities* e a capacidade institucional local de garantir governança, justiça distributiva e sustentabilidade no uso dos recursos hídricos. A lacuna regulatória e organizacional é um dos principais desafios para mitigar os impactos ambientais e sociais da exportação de água virtual (Coin, 2022; Farias, 2023; Ribeiro, 2014; Santos, 2022; Silva Neto, 2023).

4.5.4 Lacunas e limitações na produção científica

A análise da produção acadêmica sobre água virtual e pegada hídrica explicita a persistência de lacunas já apontadas em pesquisas anteriores, sendo a mais citada é a limitação de dados primários detalhados em escalas regional, municipal ou setorial, que compromete a precisão e a comparabilidade dos estudos (Al-Badri *et al.*, 2023; Bai *et al.*, 2021; Rocha *et al.*, 2014).

Outra crítica é a dependência de metodologias e parâmetros internacionais, que não captam especificidades locais como clima, solo e práticas agrícolas, exigindo adaptações e desenvolvimentos regionais (Bai *et al.*, 2021; Kotsuka, 2013; Maracajá, 2013). A generalização de resultados com médias nacionais ou globais encobre diferenças regionais e limita a aplicabilidade para a gestão local (Bergmann, 2019; Dalin *et al.*, 2012; Gelain, 2018).

Ademais, observa-se a pouca incorporação desses conceitos em políticas públicas de gestão hídrica, indicando uma desconexão entre pesquisa e prática (Coin, 2022; Gelain, 2018; Kotsuka, 2013).

Por fim, destaca-se a limitação de escopo, com estudos frequentemente focados em produtos ou regiões específicas, o que restringe a generalização dos resultados (Bai *et al.*, 2021; Kotsuka, 2013; Lunardi, 2013).

4.6 Considerações finais da revisão sistemática de literatura

Esta revisão sistemática da literatura teve como objetivo analisar os impactos da exportação de água virtual, considerando tanto experiências internacionais quanto o caso brasileiro.

A análise de trinta e oito documentos expõe que o modelo agroexportador brasileiro, ao mesmo tempo em que impulsiona o crescimento do produto interno bruto e a inserção do país nas cadeias globais de valor, tem gerado pressões sobre os recursos hídricos em regiões produtoras. Trata-se de um modelo que prioriza o ganho econômico de curto prazo, denotando uma insensibilidade à sustentabilidade ecológica e à justiça social.

A primeira conclusão da revisão é que há uma superposição geográfica entre os territórios voltados à produção de *commodities* para exportação (como soja, milho, algodão, carne bovina e frutas irrigadas) e os territórios marcados por vulnerabilidade hídrica, climática ou estrutural. Nota-se que regiões como o MATOPIBA, o Oeste da Bahia, o Submédio São Francisco, o Tocantins e o Cerrado Centro-Oeste concentram grande parte dos produtos exportados e, simultaneamente, dos impactos identificados, como redução da vazão de rios, comprometimento da qualidade da água, escassez para outros usos e aumento da pegada hídrica cinza.

Os estudos também revelam que a exportação de água virtual não é reconhecida nem regulada no plano institucional, nacional e internacional. A água utilizada para produção exportadora segue sendo tratada como um insumo abundante, gratuito e infinito, mesmo em contextos de escassez regional, ausência de saneamento básico e conflitos pelo uso da água (CPT, 2024). Essa subvalorização da água nos processos econômicos foi exaustivamente documentada em estudos como os de Coin (2022), Gelain (2018) e Visentin (2017), que demonstram como os custos ambientais são externalizados para os territórios produtores, sem qualquer tipo de retorno social, compensação econômica ou contrapartida ambiental.

A revisão também identificou fraquezas na governança hídrica, mesmo em regiões dotadas de comitês de bacia e marcos regulatórios. Os trabalhos mostram que na prática os instrumentos de gestão de recursos hídricos são inoperantes ou capturados por interesses privados, o que dificulta o controle do uso intensivo da água, especialmente em culturas irrigadas ou na pecuária confinada. A fragilidade institucional se soma à ausência de articulação entre as políticas públicas de comércio exterior, agricultura e meio ambiente, contribuindo para a reprodução de um modelo agroexportador insustentável.

Embora diversos estudos tenham identificado a existência de correlação entre o avanço das exportações e a intensificação do estresse hídrico regional, essa correlação nem sempre é expressa por meio de modelagens quantitativas. Em muitos casos, trata-se de ocorrências empíricas simultâneas documentadas qualitativamente que revelam padrões robustos e persistentes ao longo dos anos. A literatura registra, por exemplo, que o crescimento das

exportações de soja e algodão no Cerrado coincide com a degradação de nascentes e a redução da recarga de aquíferos; ou que o aumento das exportações de frutas irrigadas no Vale do São Francisco acentua disputas pelo uso da água em áreas urbanas e rurais.

Além dos achados, a revisão sistemática permitiu identificar lacunas na produção acadêmica. Observa-se que poucos estudos adotam abordagens integradas ou interdisciplinares e que ainda são raras as análises de impacto regulatório que avaliem os efeitos do comércio internacional na segurança hídrica nacional. Também são escassas as pesquisas que envolvam a participação das comunidades locais atingidas ou que examinam como essas populações percebem e enfrentam os efeitos da exportação de água virtual.

Diante desse cenário, esta revisão sistemática permite afirmar que a exportação brasileira de produtos intensivos em água é um fator indutor de estresse hídrico, cujas consequências são suportadas por algumas regiões que se tornaram ecologicamente frágeis e socialmente vulneráveis. A falta de instrumentos de compensação, a ausência de transparência nos fluxos de água virtual e a desarticulação entre políticas setoriais configuram um cenário de insustentabilidade estrutural, que compromete não apenas a equidade hídrica, mas também a resiliência ambiental e a soberania hídrica nacional.

Como encaminhamentos, recomenda-se: a incorporação explícita da variável hídrica nas análises de impacto econômico de exportações agropecuárias, com destaque para a pegada hídrica total (verde, azul e cinza); a integração entre a política comercial e a política nacional de recursos hídricos, de modo a alinhar incentivos econômicos à conservação ambiental; o fortalecimento dos comitês de bacia hidrográfica e a valorização dos saberes e demandas das populações locais; e a realização de pesquisas interdisciplinares e de base territorial, que combinem dados quantitativos, abordagens qualitativas e participação social.

A revisão sistemática evidencia que a gestão da água no Brasil precisa ser reconfigurada à luz das interações entre comércio internacional e segurança hídrica. Essa reconfiguração exige não apenas ajustes técnicos ou institucionais, mas uma revisão do modelo de desenvolvimento baseado na exportação intensiva de recursos naturais e na apropriação desigual dos bens comuns. Nesse sentido, a água deve deixar de ser invisível nas estatísticas comerciais e deve ser colocada como um dos elementos centrais do debate sobre sustentabilidade e justiça socioambiental no país.

5 RESULTADOS - PESQUISA DOCUMENTAL E BIBLIOGRÁFICA

Os dados coletados nesta etapa da pesquisa dizem respeito à incorporação de cláusulas ambientais nos acordos comerciais celebrados pelo Brasil, à sua distribuição geográfica e institucional, e à existência de incentivos estatais voltados à produção de *commodities* intensivas em recursos hídricos. As informações analisadas foram extraídas de fontes acadêmicas, institucionais e legais, permitindo mapear os compromissos ambientais assumidos pelo país no contexto do comércio internacional.

5.1 Acordos comerciais celebrados pelo Brasil

Os acordos comerciais incorporam disposições ambientais com o objetivo de alinhar o crescimento econômico às metas de sustentabilidade. Embora a efetividade dessas disposições apresente variações, sua inclusão reflete uma tendência mundial de integração da proteção ambiental no arcabouço do comércio internacional.

As principais características das disposições ambientais em acordos comerciais internacionais são:

a) inclusão e escopo: o Acordo Comercial Preferencial (*Preferential Trade Agreement*, PTA) é estabelecido quando dois ou mais países concedem tarifas preferenciais (mais baixas ou eliminadas) para certos produtos importados entre si, em comparação com as tarifas aplicadas a países não membros. O Acordo Comercial Regional (*Regional Trade Agreement*, RTA) é mais abrangente, reunindo países de uma mesma região (ou não, apesar do nome) para aprofundar a integração econômica. Esse tipo de acordo vai além da redução tarifária, podendo incluir zonas de Livre Comércio, como NAFTA/USMCA, caracterizadas pela eliminação de tarifas entre os países membros, mantendo-se, contudo, políticas tarifárias próprias em relação a terceiros; uniões aduaneiras, exemplificadas pelo Mercosul, que além de abolirem as tarifas internas, instituem uma tarifa externa comum para produtos provenientes de países não membros; mercados comuns, como ocorreu na União Europeia (UE) em sua fase inicial, que aprofundam a integração ao permitir também a livre circulação de bens, serviços, capitais e pessoas. Esses acordos comerciais comumente contêm disposições ambientais abrangentes que podem incluir compromissos de não rebaixar padrões ambientais para obter vantagens comerciais, obrigações de implementar acordos ambientais multilaterais e o direito de regular com vistas à proteção

ambiental (Amaral Júnior; Mesquita, 2017; Berger; Brandi; Bruhn, 2017; Comissão Europeia, 2020).

b) sustentabilidade como eixo transversal: a União Europeia, por exemplo, exige que seus parceiros comerciais implementem acordos ambientais internacionais, como o Acordo de Paris, façam cumprir as leis ambientais e evitem flexibilizar normas para atrair comércio ou investimento. Os acordos da UE também promovem o manejo sustentável de recursos naturais e incentivam o comércio de bens e serviços ambientalmente benéficos (Comissão Europeia, 2020);

c) participação pública e mecanismos de aplicação: alguns acordos, como o Acordo Estados Unidos-México-Canadá (USMCA), preveem mecanismos para que a sociedade civil reporte falhas na aplicação das leis ambientais. Esses mecanismos aumentam a transparência e a responsabilidade, conquanto ainda existam dificuldades quanto à sua efetividade (Laurens, 2023; EPA, 2021); e

d) desenvolvimento de capacidades e cooperação: os acordos comerciais comumente incluem cláusulas de cooperação em questões ambientais, desenvolvimento de capacidades e assistência técnica, especialmente para países em desenvolvimento. Isso ajuda a alinhar padrões ambientais e apoia o desenvolvimento sustentável (EPA, 2021).

Nos últimos anos, observa-se uma tendência clara de crescente prevalência das questões ambientais nos acordos comerciais internacionais. Mais de 40% dos acordos comerciais preferenciais assinados entre 2010 e 2021 incluíram disposições ambientais, o que demonstra sua crescente importância na formulação de políticas comerciais (OECD, 2022). Nesse contexto, destacam-se acordos inovadores, como a Parceria Transpacífica (TPP) e os tratados comerciais da União Europeia, que estabelecem novos referenciais para a integração de objetivos ambientais (Carneiro, 2015; 2021; OECD, 2022; Veiga; Rios, 2020).

A Parceria Transpacífica (TPP) é considerada um acordo do século XXI, pois abrange não apenas a facilitação do acesso a mercados de bens, serviços e investimentos, mas também um conjunto de novas disciplinas, incluindo medidas de conservação ambiental. O TPP representa um marco na inclusão de temas ambientais em acordos comerciais, servindo de referência para negociações posteriores (Carneiro, 2015).

No caso da União Europeia, os acordos comerciais recentes incluem capítulos específicos sobre desenvolvimento sustentável, com regras ambientais equilibradas, priorizando o desenvolvimento sustentável. O acordo entre União Europeia e Mercosul, por exemplo, prevê compromissos multilaterais como o Acordo de Paris e a Convenção sobre

Diversidade Biológica, além de mecanismos de cooperação para a promoção de cadeias de valor sustentáveis e proteção ambiental (Monteiro, 2021; Veiga; Rios, 2020).

Entretanto, são necessárias avaliações periódicas para lidar com potenciais efeitos colaterais negativos, como o aumento do comércio de combustíveis fósseis ou a realocação de indústrias poluentes (Amaral Júnior; Mesquita, 2017; Comissão Europeia, 2020;). Além disso, organizações internacionais como a OCDE desempenham papel de base ao apoiar o compartilhamento de conhecimento entre países e a harmonização de disposições ambientais, ajudando a alinhar as políticas comerciais e ambientais para produzir um impacto global mais eficaz (Basso, 2022).

O Brasil participa de um número expressivo de acordos comerciais, embora esse número ainda seja considerado pequeno quando comparado ao de outras economias emergentes ou desenvolvidas. As negociações são geralmente realizadas no âmbito do Mercosul, bloco ao qual o Brasil pertence junto com Argentina, Paraguai e Uruguai. Desde 2001, o art. 2º da Decisão 32/2000 do Conselho do Mercado Comum estabelece que os Estados-partes não podem celebrar acordos preferenciais individualmente, devendo negociar de forma conjunta pelo bloco (Baumann, 2023).

Os acordos firmados pelo Brasil se concentram em dois principais eixos institucionais: a Associação Latino-Americana de Integração (ALADI) e o Mercosul.

No âmbito da ALADI (s.d), o Brasil é signatário de dezenas de acordos de alcance parcial, acordos de complementação econômica (ACEs), acordos agropecuários, acordos comerciais e outros instrumentos. Dentre eles, destacam-se a AAP.CE nº 53 (Brasil–México): em vigor, visa a liberalização progressiva do comércio entre as partes, a AAP.CE nº 55 (Mercosul–México): também em vigor, envolvendo redução de tarifas em setores industriais, a AAP.CE nº 69 (Brasil–Venezuela): acordo bilateral de complementação econômica, em vigor, e a AAP.A14TM nº 3 ao nº 17: tratam principalmente de transporte internacional terrestre, hidrovias e logística regional.

Esses acordos estão em vigor e operam de forma a promover o comércio intrarregional. Contudo, o grau de utilização dos instrumentos da ALADI varia, sendo que o Brasil é o país que mais os utiliza, com 37% de uso em 2015 (Baumann, 2023).

O bloco Mercosul é formado por Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai (Venezuela está suspensa e Bolívia em processo de adesão) (Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria..., 2025). O Mercosul também tem acordos com países associados, conforme exemplificado no Quadro 2.

Quadro 2 – Acordos comerciais celebrados pelo Brasil/Mercosul

País/Bloco	Tipo de Acordo	Estado	Ano	Abrangência	Geração
México	AAP.CE nº 53	Em vigor	2002	Complementação econômica	Geração anterior
México	AAP.CE nº 55 (Mercosul–México)	Em vigor	2002	Complementação econômica	Geração anterior
Venezuela	AAP.CE nº 69	Em vigor	2006	Complementação econômica	Geração anterior
Israel	Mercosul–Israel	Em vigor	2007	Livre comércio	Geração anterior
Egito	Mercosul–Egito	Em vigor	2010	Livre comércio	Geração anterior
Índia	Mercosul–Índia	Em vigor	2004	Preferências fixas	Geração anterior
União Europeia	Mercosul–UE	Concluído, pendente de ratificação	2019	Livre comércio	Nova geração
EFTA	Mercosul–EFTA	Concluído, em análise jurídica	2019	Livre comércio	Nova geração
Canadá	Mercosul–Canadá	Em negociação	2018	Livre comércio	Nova geração
Coreia do Sul	Mercosul–Coreia do Sul	Em negociação	2018	Livre comércio	Nova geração
Singapura	Mercosul–Singapura	Em negociação	2018	Livre comércio	Nova geração
Líbano	Mercosul–Líbano	Em negociação	2018	Livre comércio	Nova geração
Diversos (América Latina)	AAP.CE nº 18 (Mercosul)	Em vigor	1991	Complementação econômica	Geração anterior
Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Paraguai, Peru, Uruguai	AAP.A14TM nº 3	Em vigor	1990	Transporte internacional terrestre	Geração anterior
Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru, Uruguai, Venezuela	AAP.A14TM nº 4	Em vigor	1993	Transporte internacional terrestre	Geração anterior
Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai, Uruguai	AAP.A14TM nº 5	Em vigor	1994	Hidrovia Paraguai–Paraná	Geração anterior
Argentina, Brasil, México, Paraguai, Uruguai	AAP.CE nº 54	Em vigor	2006	Complementação econômica	Geração anterior
Argentina, Brasil, México, Paraguai, Uruguai	AAP.CE nº 55	Em vigor	2002	Complementação econômica	Geração anterior
Argentina, Brasil, Colômbia, Equador, Paraguai, Uruguai, Venezuela	AAP.CE nº 59	Em vigor	2004	Complementação econômica	Geração anterior

Argentina, Brasil, Cuba, Paraguai, Uruguai	AAP.CE nº 62	Em vigor	2005	Complementação econômica	Geração anterior
--	--------------	----------	------	-----------------------------	------------------

Fonte: Elaboração própria (2025).

Esses acordos representam a tentativa do bloco de ampliar seu acesso a mercados internacionais com parceiros estratégicos e consolidar regras modernas de comércio. Os acordos mais recentes, como os com União Europeia e EFTA, são chamados de "acordos de nova geração", pois incorporam cláusulas que vão além das tradicionais reduções tarifárias, abrangendo áreas como meio ambiente, propriedade intelectual, compras governamentais e padrões trabalhistas (Baumann, 2023).

Os acordos comerciais de nova geração, especialmente os mais recentes firmados pela União Europeia e pelo Mercosul com outros parceiros, representam uma evolução na arquitetura do comércio internacional ao incorporar cláusulas robustas sobre meio ambiente e desenvolvimento sustentável (Cardoso; Cardoso, 2021; George, 2014). Esses acordos surgem em um contexto de mudança do multilateralismo clássico para acordos preferenciais, especialmente a partir do Tratado de Lisboa (2009), quando a União Europeia passou a adotar uma política comercial externa mais assertiva e normativa (Remondino, 2023).

Os capítulos de Comércio e Desenvolvimento Sustentável (TSD, na sigla em inglês) tornaram-se elementos centrais desses tratados, estabelecendo padrões mínimos ambientais e trabalhistas, alinhados a normas internacionais e ao Acordo de Paris sobre o clima. O objetivo é não apenas promover o livre comércio, mas também exportar valores e princípios do bloco europeu para países terceiros, exercendo um *soft power* regulatório (Cardoso; Cardoso, 2021).

No caso do acordo Mercosul-União Europeia, por exemplo, existe um capítulo específico sobre “Comércio e Desenvolvimento Sustentável”, que estabelece mecanismos para lidar com violações de normas ambientais por parte do Brasil ou de outros signatários. O acordo estabelece um mecanismo de resolução de disputas ambientais baseado em três etapas principais (Artigos 15-17). Primeiro, as consultas governamentais (Artigo 16) permitem que a UE notifique o Brasil sobre supostas violações, como falhas no combate ao desmatamento, iniciando um diálogo formal. Se não houver solução em 120 dias, um Painel de Especialistas (Artigo 17) é acionado para analisar o caso e emitir recomendações públicas, que o Brasil deve responder em 90 dias, sob monitoramento do Subcomitê de Comércio e Desenvolvimento Sustentável.

O acordo não prevê sanções comerciais automáticas, mas ele inclui cláusulas importantes para coibir retrocessos (Artigos 2.3–2.5). O Brasil é proibido de reduzir proteções ambientais para favorecer o comércio, e descumprir acordos multilaterais (como o Acordo de

Paris, Artigo 5) pode levar a relatórios críticos do Painel. No entanto, as consequências ficam restritas à pressão diplomática e à exposição internacional, sem medidas coercitivas diretas. A ênfase do acordo está na cooperação técnica (Artigos 6–12), com iniciativas conjuntas para temas como desmatamento e pesca ilegal, além de incentivos a cadeias produtivas sustentáveis (Artigo 11). A eficácia, porém, depende da disposição do Brasil em cumprir as recomendações, já que o mecanismo carece de instrumentos mais robustos para garantir a conformidade ambiental.

O acordo estabelece um sistema de alerta e pressão diplomática, mas com quase nenhum poder coercitivo. Seu sucesso dependerá de monitoramento contínuo por organismos internacionais, mobilização da sociedade civil para cobrar transparência, e compromisso do Brasil em alinhar suas políticas aos acordos firmados (Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria..., 2022).

A inclusão dessas cláusulas ambientais e sociais visa responder à crescente demanda da sociedade por comércio responsável e sustentável, bem como garantir a aceitabilidade pública dos tratados (Cardoso; Cardoso, 2021). No entanto, a literatura ressalta desafios quanto à efetividade e à aplicabilidade dessas disposições, uma vez que muitos desses capítulos ainda carecem de mecanismos de *enforcement* robustos e de avaliações *ex post* sobre seu real impacto ambiental e social (Remondino, 2023).

A OCDE também observa que, nos últimos anos, houve um aumento na incidência e complexidade das cláusulas ambientais nos acordos regionais de comércio, com destaque para a cooperação ambiental, compromissos com acordos multilaterais e a busca por maior alinhamento entre políticas comerciais e ambientais (George, 2014; Frezal, Deuss, 2024).

Os acordos comerciais de nova geração, especialmente aqueles firmados por grandes blocos como União Europeia e Estados Unidos, passaram a incorporar cláusulas ambientais e sociais, transformando o comércio internacional em instrumento não apenas de crescimento econômico, mas também de promoção de padrões globais de sustentabilidade.

Segundo Amaral Júnior e Mesquita (2017), a inclusão de dispositivos ambientais nesses acordos representa um avanço importante, embora persistam desafios quanto à efetividade e à avaliação dos impactos reais dessas cláusulas. Blot (2023) acrescenta que, apesar de avanços na abordagem da União Europeia para capítulos de comércio e desenvolvimento sustentável, ainda existem lacunas na implementação e na ambição das metas ambientais. Bastiaens e Postnikov (2014) também apontam que a efetividade dessas cláusulas depende do desenho

institucional dos acordos e do engajamento da sociedade civil, sendo fundamental o fortalecimento dos mecanismos de monitoramento e participação social.

Duleba *et al.* (2022) sustentam que a efetividade dos acordos internacionais de proteção ambiental e de recursos hídricos, no caso brasileiro, está diretamente relacionada ao cumprimento dos compromissos assumidos pelo país em mais de 60 normas internacionais e 15 acordos ambientais, destacando que, embora o Brasil apresente um histórico de cumprimento parcial ou completo da maioria dessas obrigações, ainda existem pontos de descumprimento pontual ao longo dos anos e em diferentes governos. O estudo dos autores ressalta também que a efetividade desse cumprimento depende do contexto político e administrativo de cada período, mas, de modo geral, observa-se um esforço contínuo para alinhar a legislação e as políticas públicas nacionais às obrigações internacionais, em sintonia com a tendência global de integração entre padrões comerciais e ambientais promovida pelos acordos de nova geração.

No contexto internacional, o Brasil é signatário de importantes convenções ambientais, como a Convenção do Clima e a Convenção sobre Diversidade Biológica, assumindo compromissos formais de implementação e reporte de ações e resultados (Cordani; Marcovitch; Salati, 1997). A implementação desses acordos é monitorada por meio de relatórios periódicos e mecanismos de governança ambiental, envolvendo ministérios, agências federais e órgãos estaduais (Moura, 2016). Apesar dos avanços institucionais e das políticas implementadas, avaliações acadêmicas e institucionais apontam desafios persistentes na efetividade do cumprimento dos compromissos internacionais, especialmente no combate ao desmatamento e na gestão de recursos hídricos (Cordani; Marcovitch; Salati, 1997; Moura, 2016).

5.2 A legislação de proteção dos recursos hídricos

No que concerne à legislação interna, o Brasil possui um dos arcabouços legais e institucionais mais densos do mundo para a proteção ambiental, fundamentado numa série de leis federais que estabelecem diretrizes para a gestão dos recursos naturais e a responsabilização por danos ambientais. Entre as normas básicas, destacam-se a Lei nº 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e define a água como um bem de domínio público e de valor econômico (Brasil, 1997), e a Lei nº 9.605/1998, conhecida como a Lei de Crimes Ambientais, que disciplina as infrações e penalidades administrativas e penais para condutas lesivas ao meio ambiente (Brasil, 1998; Moura, 2016).

Nos anos seguintes às edições dessas leis, esse subsistema normativo foi ampliado com as promulgações da Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), e da Lei nº 12.651/2012, o Novo Código Florestal, que trouxe mudanças para a proteção da vegetação nativa, estabelecendo instrumentos como o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Programa de Regularização Ambiental (PRA), além de mecanismos econômicos como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) (Brasil, 2012; Lazzarini, 2017; Schreiner, 2024). O Novo Código Florestal substituiu a legislação anterior de 1965 e passou a regular de forma mais detalhada as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e as Reservas Legais (RLs), além de prever instrumentos para a regularização de passivos ambientais (Marques; Silva; Sambuichi, 2016).

Mais recentemente, destaca-se a aprovação, em 2025, do Projeto de Lei nº 2.159/2021, que institui a chamada Lei Geral do Licenciamento Ambiental (LGLA). Essa nova legislação, aprovada pelo Senado Federal, busca uniformizar e simplificar os procedimentos de licenciamento ambiental em todo o território nacional, criando critérios objetivos para a exigência e emissão de licenças, especialmente para empreendimentos de pequeno e médio porte, e introduzindo a Licença Ambiental Especial (LAE), com rito simplificado para projetos estratégicos (Brasil. Senado Federal, 2025).

5.3 A aplicação de sanções comerciais ao Brasil

Em relação à aplicação de sanções comerciais, até o momento não há registro de sanções efetivamente impostas ao Brasil em razão do descumprimento de cláusulas ambientais ou de proteção aos recursos hídricos previstas em acordos comerciais internacionais (Dantas, 2023). O que se observa são pressões diplomáticas e ameaças de restrições comerciais, especialmente no contexto das negociações do acordo Mercosul-União Europeia, em razão de preocupações com o desmatamento e a governança ambiental brasileira (Dantas, 2023). A União Europeia já aprovou mecanismos legais para restringir a importação de produtos associados ao desmatamento, como carne e soja, e estabeleceu um regime de *due diligence* ambiental para importadores europeus, o que representa uma pressão crescente sobre o Brasil e outros países exportadores (Dantas, 2023; União Europeia, 2023). Essas medidas ainda não resultaram em sanções comerciais diretas, mas sinalizam a possibilidade concreta de restrições futuras caso o Brasil não comprove o cumprimento das exigências ambientais.

Além disso, o Parlamento Europeu aprovou, em 2022, uma resolução que permite a aplicação de barreiras comerciais a produtos provenientes de áreas desmatadas, medida considerada pelo governo brasileiro como uma resposta direta à política ambiental nacional e um alerta para a necessidade de aprimoramento das ações de proteção ambiental (União Européia, 2023).

A literatura destaca que, embora o Brasil esteja sob constante escrutínio internacional, as medidas punitivas efetivas ainda não foram acionadas, em parte porque muitos dos mecanismos de sanção previstos em acordos recentes, como o Mercosul-UE, dependem da entrada em vigor desses tratados e de procedimentos específicos para sua aplicação (Cordani; Marcovitch; Salati, 1997; Dantas, 2023).

No âmbito interno, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) registra infrações como captação irregular de água, implantação de empreendimentos sem outorga e desrespeito às condições de uso dos recursos hídricos. Muitas dessas infrações ocorrem em setores produtivos voltados à exportação, como o agronegócio e a indústria (ANA, 2024a). A fiscalização busca garantir a disponibilidade e a qualidade da água, mas enfrenta desafios diante da pressão do setor exportador e do crescimento da demanda internacional (UNEP, 2023).

5.4 Incentivos à produção de *commodities* intensivas em recursos hídricos

O Brasil oferece incentivos estatais e privados para promover a produção de produtos intensivos no uso de recursos hídricos, como *commodities* agrícolas (soja, carne, açúcar, café). Os incentivos estatais se agrupam em incentivos fiscais e incentivos financeiros e creditícios, enquanto os incentivos privados se agrupam como instrumentos de captação de recursos destinados ao agronegócio.

Os incentivos fiscais são comuns a todos os exportadores brasileiros e consistem em vantagens tributárias de suspensão, isenção ou restituição de tributos. Temos então o *drawback*, que é o regime aduaneiro especial que suspende, isenta ou restitui tributos sobre insumos importados usados na produção de bens exportados, reduzindo custos para setores como a agroindústria, que dependem de insumos externos (Brasil. Receita Federal, 2024). Outro incentivo fiscal é a isenção de ICMS prevista na Lei Complementar nº 87/1996 - Lei Kandir (Brasil, 1996), benefício que desonera a exportação de produtos primários e semielaborados e aumenta a competitividade internacional (Ferreira *et al.*, 2004; Leitão; Linhares; Irffi, 2012). O programa Reintegra pode ser classificado com um incentivo fiscal porque prevê a devolução

parcial de tributos federais (PIS/COFINS) pagos na cadeia produtiva de produtos industrializados de origem agrícola, tendo sido criado para compensar custos tributários remanescentes em cadeias produtivas, visando aumentar a competitividade internacional (Halmenschlager, 2017).

Os incentivos financeiros e creditícios estatais para o agronegócio abrangem financiamentos com créditos subsidiados, consistentes em programas de financiamento com linhas de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e fundos constitucionais, como o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO). Esses fundos oferecem taxas abaixo do mercado para investimentos em infraestrutura e expansão da produção agropecuária (Brasil. Ministério do Planejamento..., 2024).

Os fundos constitucionais de financiamento são recursos públicos destinados a promover o desenvolvimento regional, conforme previsto no art. 159, inc. I, al. “c” da Constituição Federal (Brasil, 1988). Administrados por bancos públicos regionais, como o Banco do Nordeste para o FNE, esses fundos são divididos em:

- a) Fundo Constitucional do Norte (FNO): financia projetos no Norte, como agricultura familiar, agroindústria e infraestrutura rural, com taxas de juros de 4% a 8% ao ano (Brasil. Ministério do Planejamento..., 2024);
- b) Fundo Constitucional do Nordeste (FNE): oferece crédito para irrigação, fruticultura e energia solar em propriedades rurais, com prazos de até 12 anos (BACEN, 2024a). Em 2024, o Banco do Nordeste contará com R\$ 37,8 bilhões do FNE para aplicação em toda a sua área de atuação, conforme programação aprovada pelo Conselho Deliberativo da Sudene (Banco do Nordeste do Brasil, 2023);
- c) Fundo Constitucional do Centro-Oeste (FCO): apoia cadeias como soja, milho e pecuária, com linhas para modernização de maquinário e armazenagem. O FCO terá até R\$ 11,15 bilhões em 2024 para financiar ações e projetos voltados ao desenvolvimento sustentável dos estados do Centro-Oeste (Brasil. Ministério da Integração..., 2024b; SUDECO, 2024). O fundo oferece taxas de juros diferenciadas, prazos longos e limites de financiamento de acordo com o porte do empreendimento, com taxas anuais prefixadas para o segmento rural em torno de 7,3% a 7,5% ao ano, podendo incluir bônus de adimplência (SUDECO, 2024).

Os financiamentos subsidiados são empréstimos com taxas de juros abaixo do mercado, visando estimular setores estratégicos. O agronegócio é subsidiado por programas como o Plano Safra, o Pronaf (Agricultura Familiar), o Pronamp (Médios Produtores) e linhas de crédito do

BNDES (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2024b; BNDES, 2025a). O BNDES aprovou R\$ 52,3 bilhões para o agro em 2024, alta de 26% em relação a 2023, com recursos destinados à ampliação da produção, aquisição de máquinas, equipamentos, armazenagem e inovação tecnológica (BNDES, 2025a; Brasil. Ministério da Agricultura..., 2024b).

O Plano Safra é a principal política de crédito rural do Brasil, lançado anualmente para financiar custeio, investimento e comercialização. Em 2024/2025, os recursos totais são de R\$ 508,59 bilhões, com taxas de juros para custeio e comercialização variando de 7% a 8% ao ano, e para investimentos, de 7% a 12% ao ano, dependendo do programa (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2024b).

Existem ainda os programas específicos subsidiados destinados a financiar projetos especiais, tais como: Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono): financia práticas sustentáveis, como integração lavoura-pecuária-floresta, com juros de 5% ao ano, com previsão de R\$ 15 bilhões em 2024/2025 para redução de emissões (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2024b; EMBRAPA, 2024); Proirriga: oferece crédito para sistemas de irrigação, com prazos de até 15 anos e carência de 3 anos (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2024b); Programa para Construção de Armazéns (PCA): taxas de 8,5% ao ano para construção de unidades de armazenagem em regiões produtoras (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2024b); e o Inovagro: linha do BNDES para aquisição de tecnologias digitais, como drones e sensores, com juros de 6,5% ao ano (BNDES, 2025a).

Esses incentivos são fundamentais para o desenvolvimento do setor agropecuário, especialmente para a ampliação de áreas irrigadas, modernização tecnológica e sustentabilidade ambiental (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2024b).

Os instrumentos financeiros para captação de recursos privados para o agronegócio têm exercido importante papel na diversificação das fontes de recursos do setor, complementando o crédito rural tradicional. Os principais instrumentos são a Letra de Crédito do Agronegócio (LCA), título de crédito de renda fixa criado pela Lei nº 11.076/2004 e regulamentado pelo Conselho Monetário Nacional (CMN) e pelo Banco Central do Brasil (2024b). A LCA é emitida exclusivamente por instituições financeiras autorizadas pelo Banco Central, e seu objetivo é captar recursos no mercado financeiro para direcioná-los ao financiamento das atividades do agronegócio brasileiro, funcionando, portanto, como um instrumento de incentivo creditício ao setor (Banco Central do Brasil, 2024b; BNDES, 2025b, Boletim de Finanças..., 2024).

Outro instrumento financeiro relevante é a Cédula de Produto Rural (CPR), título de crédito instituído pela Lei nº 8.929/1994, que pode ser físico (entrega futura de produto) ou

financeiro (liquidação em dinheiro), emitido por produtores rurais ou cooperativas para captar recursos junto a investidores, bancos ou empresas (Brasil, 1994). As debêntures incentivadas são títulos de dívida emitidos por empresas para captar recursos destinados a projetos prioritários, como infraestrutura logística ou energia renovável no agro, com isenção de imposto de renda sobre os rendimentos para investidores pessoas físicas (Brasil. Ministério da Integração..., 2024a). No setor agropecuário, as debêntures incentivadas vêm sendo utilizadas para financiar projetos de irrigação e logística, conforme regulamentação específica do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (Brasil. Ministério da Integração..., 2025).

Para se ter uma ideia mais precisa do que esses incentivos representam, deve-se compará-los com os incentivos concedidos a outros setores da economia e com o retorno desses incentivos no PIB.

O setor agropecuário recebeu por meio do Plano Safra, em 2014/15: R\$ 156 bilhões (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2014; Brasil. Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2014), em 2019/20: R\$ 222,7 bilhões (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2019), em 2022/23: R\$ 364,2 bilhões (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2022), em 2024/25: R\$ 400,6 bi para agricultura empresarial + R\$ 108 bilhões em recursos de Letras de Crédito do Agronegócio (LCA), para emissões de Cédulas do Produto Rural (CPR), que serão complementares aos incentivos do novo Plano Safra, totalizando R\$ 508,6 bilhões para o desenvolvimento do agro nacional (Governo Federal lança..., 2024). Os R\$ 108 bilhões em recursos complementares das Letras de Crédito do Agronegócio (LCA), anunciados no Plano Safra 2024/25, referem-se ao volume de novos financiamentos disponibilizados para a safra vigente, destinado principalmente a lastrear emissões de Cédulas do Produto Rural (CPR). Este valor não é somado automaticamente ao estoque já existente das LCAs, pois representa o limite de novas operações para o ciclo, conforme as contratações realizadas durante o ano agrícola.

Como benefícios indiretos, recebeu por meio da Lei Kandir benefício fiscal de isenção de ICMS para exportações de *commodities*, com impacto fiscal estimado de cerca de R\$ 40 bilhões/ano em 2023 (IBGE, 2024c) e, por fim, recebeu dos fundos constitucionais (FNO, FNE, FCO) cerca de R\$ 28 bilhões em 2024 para infraestrutura rural e irrigação (IBGE, 2024c). A participação no PIB do agronegócio, considerando toda a cadeia (insumos, produção primária, agroindústria, serviços e outros), é de cerca de 23,8% em 2023 (CNA, 2024b), sendo que o dado do IBGE para a agropecuária “dentro da porteira” oscila entre 5% e 8% do PIB nos últimos dez anos (IBGE, 2024a, 2024b).

O setor agropecuário também é fortemente financiado pelo setor privado, registrando-se que, até dezembro de 2024, o estoque dos principais instrumentos financeiros privados voltados ao financiamento do agronegócio foi aproximadamente o seguinte: Letra de Crédito do Agronegócio (LCA): R\$ 517 bilhões; Cédula de Produto Rural (CPR): R\$ 477 bilhões; Certificado de Direitos Creditórios do Agronegócio (CDCA): R\$ 38 bilhões; Certificado de Recebíveis do Agronegócio (CRA): R\$ 152 bilhões; Fiagro (Fundos do Agronegócio): R\$ 41 bilhões. A soma desses instrumentos atingiu R\$1 trilhão e 220 bilhões em dezembro de 2024, demonstrando a crescente relevância do mercado privado de capitais para o financiamento das cadeias produtivas do agronegócio brasileiro (Boletim de Finanças..., 2025).

O setor industrial tem programas e incentivos diretos como Nova Indústria Brasil (NIB), lançado em 2024, prevê R\$ 300 bilhões até 2026; em 2024, R\$ 148 bilhões via BNDES (IBGE, 2024a), e a Lei do Bem (Lei 11.196/2005), com dedução de até 34% dos gastos em pesquisa e desenvolvimento do IRPJ/CSLL, com R\$ 15 bilhões em incentivos em 2023 (IPEA, 2019). A participação no PIB da indústria de transformação representou 10,8% do PIB em 2023, em queda contínua desde 2014, quando era cerca de 12,2% (IBGE, 2024a). O setor industrial total (incluindo construção e extrativa) representou cerca de 20% do PIB em 2014 e caiu para aproximadamente 17% em 2024 (IBGE, 2024a).

Em 2024, o setor de serviços foi beneficiado com programas e incentivos como Simples Nacional (LC 123/2006), que prevê a redução tributária para micro e pequenas empresas, com renúncia fiscal de R\$ 180 bilhões/ano em 2023 (Brasil. TCU, 2025), e Lei de Informática (Lei 12.715/2012), que prevê a redução de IPI para empresas de TI, cerca de R\$ 6 bilhões/ano (IPEA, 2019). Os serviços representaram cerca de 59,8% do PIB brasileiro em 2024, tanto em valor absoluto (R\$7,0 trilhões) quanto em percentual, de acordo com os dados do IBGE (PIB cresce 3,4%..., 2025).

No mesmo ano, o Governo Federal disponibilizou incentivos diretos ao setor de serviços, em especial para microempreendedores individuais (MEI), microempresas e pequenas empresas, por meio de programas de crédito com juros reduzidos e facilitação do acesso, destacando-se três frentes principais: o Programa Acredita, instituído pela Lei nº 14.995/2024, é uma iniciativa coordenada pelo Ministério do Empreendedorismo, da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte (MEMPE), que visa ampliar o acesso ao crédito, além de permitir a renegociação de dívidas por meio do Desenrola Pequenos Negócios, do microcrédito para inscritos no CadÚnico e de outros mecanismos.

Até março de 2025, o Governo Federal viabilizou R\$2,63 bilhões em crédito através do Programa Acredita, totalizando 152,9 mil operações, incluindo mais de R\$700 milhões em microcrédito específico para inscritos no CadÚnico, com taxas e condições especiais (Governo Federal amplia..., 2025). Por meio do ProCred 360, criado dentro do Acredita para aqueles com faturamento de até R\$360 mil, foram concedidos aproximadamente R\$2 bilhões em financiamentos desde sua implementação em outubro de 2024. Do total, 45% foram destinados ao empreendedorismo feminino, sendo 29 mil empresas lideradas por mulheres beneficiadas.

A linha ProCred 360 oferece juros até 50% inferiores ao mercado tradicional, com valores de empréstimo que podem chegar a 50% do faturamento anual para empresas comandadas por mulheres (ProCred 360..., 2025). O Fundo de Aval às Micro e Pequenas Empresas (Fampe), sob gestão do Sebrae, integra o Programa Acredita e viabilizou R\$1,6 bilhão em crédito nos primeiros cinco meses de 2025, com crescimento expressivo em comparação ao ano anterior. O Sebrae atua com diversos bancos públicos e privados, possibilitando alcance nacional e facilitando a inclusão do setor de serviços nos benefícios do crédito garantido (Gomes, 2025). O volume de incentivos financeiros diretos ao setor de serviços superou R\$3,7 bilhões até o final de 2024, sendo este valor apurado a partir dos dados públicos oficiais das entidades responsáveis pela execução e monitoramento dos programas de crédito.

Em 2024, o principal instrumento oficial de incentivo direto às energias renováveis no Brasil foi o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), estabelecido pela Lei nº 10.438/2002. Segundo comunicação oficial da Agência Nacional de Energia Elétrica, o valor total das cotas de custeio do PROINFA para 2024 foi de aproximadamente R\$ 5 bilhões. Esse montante corresponde à soma anual que remunera usinas eólicas, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e usinas de biomassa participantes do programa, conforme critérios definidos e homologados pela agência reguladora (ANEEL..., 2023). No que tange à política de isenção de ICMS para geração solar distribuída, estabelecida pela Lei nº 14.300/2022 e incorporada à regulamentação tributária estadual via convênios e decretos, seu efeito tem se mostrado eficaz, mas não foram localizados dados financeiros agregados federalizados para 2024.

Esses dados permitem estabelecer comparações e indicam uma maior distribuição de recursos para o setor agropecuário em relação aos setores industrial, de serviços e de energias renováveis. Paralelamente, o setor agropecuário contribui para o PIB com um percentual em torno de 23%, o setor industrial com 17 %, e o setor de serviços com 59,8% do PIB brasileiro.

Dentro do setor agropecuário, os incentivos são distribuídos entre as categorias de:

a) Insumos: são todos os fatores de produção utilizados para garantir a nutrição e a proteção das plantas e dos animais, visando boa produtividade e qualidade do produto. Para a agricultura, incluem sementes, fertilizantes, defensivos, corretivos, máquinas, equipamentos e tecnologias digitais (sensores, drones). Para a pecuária, abrangem produtos veterinários, alimentação animal e material genético (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2024b; Brasil. Ministério da Integração..., 2025).

b) Produção primária: refere-se às atividades realizadas “dentro da porteira”, ou seja, à produção agropecuária propriamente dita: cultivo de lavouras, criação de animais, manejo de pastagens, colheita, ordenha, entre outros. É o elo responsável pela transformação dos insumos em produtos agropecuários brutos, como grãos, fibras, carnes, leite e ovos (Barros; Silva; Fachinello, 2014; Brasil. Ministério da Agricultura..., 2024a).

c) Agroindústria: de acordo com Favro (2020), é definida como a unidade industrial de beneficiamento e/ou transformação de produtos de origem agrícola e pecuária. Abrange estabelecimentos que realizam a primeira transformação (ex: moagem de grãos, abate de animais) ou etapas subsequentes (ex: fabricação de alimentos processados, bebidas, têxteis), agregando valor à matéria-prima agropecuária (Favro, 2020).

d) Agrosserviços: compreendem as atividades de apoio à produção e à circulação de produtos agropecuários, incluindo comercialização, logística, transporte, armazenagem, assistência técnica, seguros rurais, consultorias, serviços financeiros e demais serviços que conectam a produção ao mercado consumidor (CEPEA, 2023).

e) Outros: categoria que se refere às parcelas de recursos, atividades ou fluxos financeiros que não se enquadram diretamente nas categorias clássicas de insumos, produção primária, agroindústria ou agrosserviços, mas que ainda assim são fundamentais para o funcionamento e a estrutura da cadeia do agronegócio.

Essa categoria é utilizada em estudos oficiais e acadêmicos para agregar componentes residuais, complementares ou transversais à cadeia produtiva e, de acordo com a metodologia do Cepea/USP, pode incluir recursos financeiros de linhas não equalizadas (juros livres) e operações de crédito rural não alocadas diretamente aos principais elos; atividades de apoio e serviços auxiliares que não se encaixam nas categorias principais, como bancos cooperativos, consultorias especializadas, seguros rurais, corretoras e bolsas de mercadorias; participação proporcional de setores industriais e de serviços que têm relação indireta com o agro, como indústria extrativa mineral (óleo diesel para máquinas agrícolas), indústria farmacêutica

(vacinas veterinárias), setor automotivo (tratores e implementos), e logística de apoio (CEPEA, 2023; FIA, 2025); e programas e fundos especiais de fomento, inovação ou infraestrutura rural que não se enquadram nas linhas clássicas de custeio, investimento, comercialização ou industrialização (Brasil. Ministério da Integração..., 2024b). A categoria "outros" funciona como um agrupamento residual para garantir que todos os fluxos relevantes à dinâmica do agronegócio sejam contabilizados, mesmo que não pertençam diretamente aos segmentos tradicionais da cadeia (CEPEA, 2023; FIA, 2025).

Em 2024, o Plano Safra totalizou R\$ 508,6 bilhões em incentivos públicos ao setor agropecuário brasileiro e a distribuição por categoria segue a lógica das grandes linhas: custeio e comercialização (predominantemente ligados à produção primária e insumos), investimentos (que abrangem insumos, agroindústria e agrosserviços) e outras finalidades específicas.

Não há, nas fontes oficiais, a discriminação exata por percentual em cada categoria, mas é possível indicar, com base no detalhamento das linhas e na metodologia do Ministério da Agricultura, os seguintes parâmetros aproximados, que a produção primária recebe a maior parcela dos recursos (58%), com R\$ 293 bilhões reservados para custeio e comercialização, que cobrem majoritariamente a produção “dentro da porteira” (Boletim de Finanças..., 2024). Os R\$ 107 bilhões restantes abrangem as demais categorias (Brasil. Ministério da Agricultura..., 2024b).

A produção primária do agronegócio brasileiro (“dentro da porteira”) em 2024 concentrou-se em cultivos e criações que demandam elevados volumes de água, devido tanto à necessidade de irrigação quanto aos processos fisiológicos das plantas e da produção animal. Destacam-se, nesse grupo, a soja, milho, cana-de-açúcar, arroz (especialmente irrigado), algodão, trigo (cultivado sob irrigação), café e a pecuária bovina. Essas culturas mantêm o agronegócio como o principal consumidor de recursos hídricos do país, respondendo por mais de 50% do volume total de água retirada, sendo a irrigação responsável pela maior parcela, seguida pelo uso pecuário. Em 2024, mesmo com aumento da área plantada, a safra de cereais, leguminosas e oleaginosas apresentou retração de 7,2% em relação a 2023 devido a eventos climáticos, mas a predominância dessas *commodities*, tanto em área quanto em consumo hídrico, permaneceu central (ANA, 2024b; Produção de grãos..., 2024).

Essas culturas concentram a maior parte dos recursos hídricos consumidos pelo setor agrícola brasileiro e são as principais responsáveis pela pegada hídrica das exportações de *commodities* agropecuárias do país (ANA; IBGE, 2020; CNA, 2024b).

Em 2024, tanto os recursos públicos do Plano Safra (R\$508,6 bilhões) quanto o estoque dos principais instrumentos privados de financiamento rural (cerca de R\$1,25 trilhão) foram predominantemente direcionados para grandes *commodities* exportadoras brasileiras, destacando-se soja, milho, cana-de-açúcar, arroz (especialmente irrigado), algodão, trigo (sob irrigação), café e pecuária bovina. Levantamentos oficiais, setoriais e estudos acadêmicos evidenciam que o perfil de concentração desses financiamentos tem caráter histórico e estrutural. Ao longo das últimas décadas, a maior parte dos recursos públicos e privados sempre foi direcionada a culturas e cadeias de maior escala, liquidez, mecanização e capacidade exportadora, que apresentam menor risco para bancos e investidores (Amaral; Bacha, 2025; CNA, 2024a; Dornelas, 2020; MAPA fecha..., 2024; Souza, 2024).

De acordo com Souza (2024), a trajetória da oferta de crédito rural revela que, desde a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) em 1965, houve uma ampliação expressiva dos recursos, com forte direcionamento às grandes cadeias, consolidando um padrão de seletividade motivado pelas exigências de garantias, capitalização dos tomadores e perfil exportador das cadeias beneficiadas. Dornelas (2020) reforça esse entendimento, apontando que a institucionalização do crédito rural subsidiado, durante a chamada Revolução Verde, foi fundamental para o desenvolvimento do atual padrão tecnológico hegemônico, ancorando o processo de modernização agrícola à disponibilidade de crédito, que, por sua vez, privilegiou grandes produtores, propriedades mais capitalizadas e regiões inseridas nos complexos agroindustriais.

Segundo Amaral e Bacha (2025) e Dornelas (2020), dados históricos indicam que essa concentração não é recente, já que na década de 1970, culturas como soja, trigo, café e cana-de-açúcar eram as maiores beneficiárias do crédito rural. Souza (2024) apresenta séries temporais detalhadas (1969-2023) mostrando que, nos anos 2000 e 2010, entre 78% e 90% do crédito de custeio agrícola foi destinado a poucas culturas exportadoras (soja, milho, algodão e café). Em 2023 a concentração permaneceu elevada: apenas soja (46,9%), milho (16,8%) e café (7,7%) absorveram mais de 70% dos financiamentos de custeio, padrão também observado no financiamento da pecuária bovina, que recebeu mais de 85% dos recursos destinados ao segmento não familiar.

O predomínio desses grupos é explicado pelo perfil de exportação, liquidez, mecanização e capacidade de oferecer garantias patrimoniais superiores dessas cadeias produtivas diminuindo o risco de bancos e investidores (Amaral; Bacha, 2025; Souza, 2024; Dornelas, 2020). Entre as décadas de 1960 e 1970, o SNCR operou com taxas de juros reais

negativas e recursos subsidiados, beneficiando de modo seletivo os grandes produtores, cadeias exportadoras e regiões mais desenvolvidas do país (Dornelas, 2020).

Essa seletividade levou à concentração em certos produtos, criando obstáculos para pequenos produtores, culturas alimentares fundamentais e regiões menos favorecidas, os quais foram relegados a uma posição marginal de acesso ao crédito (Souza, 2024; Dornelas, 2020). Mesmo com a criação de programas destinados à diversificação e à agricultura familiar, como o Pronaf (a partir de 1996), o padrão de concentração nas grandes culturas se manteve, variando marginalmente entre diferentes grupos de produtores e linhas de financiamento ao longo do tempo (Amaral; Bacha, 2025; Dornelas, 2020; Souza, 2024).

A destinação dos recursos do Plano Safra de 2023 a 2025 pode ser vista no Quadro 3, que evidencia o fluxo de recursos públicos e privados para o agronegócio brasileiro, indica as commodities eleitas para serem produzidas no país, e identifica o percentual estimado dos financiamentos.

Quadro 3– Alocação e concentração dos recursos de crédito rural no Brasil (2023-2025)³

Origem dos recursos	Estoque (R\$ bilhões, 2023-25)	% do total	Participação na cadeia (%)	Observações técnicas (seletiv./concent.)	Referências
Crédito rural oficial SNCR (Plano Safra, Pronaf etc.)	R\$ 400,44 bi (2023) R\$ 508,6 bi (2024, anunciado) Anúncio para 2025 ~R\$ 530 bi	100%	Soja: 46,9% Milho: 16,8% Café: 7,7% (dados 2023, custeio agrícola) Pecuária bovina: 86-88% do segmento não familiar	Persistente predominância de crédito de custeio em grandes cadeias exportadoras e pecuária ~70-80% do crédito para poucas <i>commodities</i>	Amaral; Bacha, 2025; Souza, 2024; Dornelas, 2020
Crédito privado (CPR, LCA, CRA etc.)	~R\$ 1.250 bi (estoque 2024; similar esperado para 2025)	—	Não detalhado nos documentos analisados por cadeia, mas concentra nas mesmas <i>commodities</i> e grandes produtores	Instrumentos privados atendem majoritariamente grandes produtores/cadeias exportadoras, alta exigência de garantia	Amaral e Bacha, 2025; Souza, 2024

³ Notas metodológicas: a) os valores apresentados referem-se ao desembolso/contratação anunciado ou realizado para cada ano, baseando-se nas séries históricas e quadros sintéticos discutidos em Amaral e Bacha (2025), Dornelas (2020) e Souza (2024); b) os estoques de crédito privado reportados referem-se ao valor agregado dos principais instrumentos de mercado em 2024 (Amaral e Bacha, 2025; Souza, 2024); para 2025, considerar perspectiva de estabilidade ou modesta expansão conforme projeções nesses estudos, c) os percentuais de participação da cadeia reproduzem os dados detalhados para custeio agrícola de 2023, com base nos levantamentos e tabelas estatísticas apresentados em Amaral e Bacha (2025) e Souza (2024), d) o Crédito oficial rural compreende SNCR, Pronaf e instrumentos públicos, conforme definição em Dornelas (2020); "crédito privado" refere-se a CPR, LCA, CRA e congêneres de mercado, segundo critérios adotados por Souza (2024); e) não são considerados, nesta tabela, incentivos fiscais ou benefícios tributários, alinhando-se à delimitação conceitual dos créditos feita por Amaral e Bacha (2025) e Souza (2024).

Pronaf (crédito rural agricultura familiar)	R\$ 20-25 bi/ano (2023-2024, autorizado)	4-6%	Soja, milho, algodão, café/cana: 67,9% do custeio familiar em 2023; Arroz, feijão, mandioca, trigo: 17,6% do custeio familiar	Participação <15% do crédito rural total; valor médio dos contratos da agricultura familiar em 2023: R\$ 34,9 mil	Amaral e Bacha, 2025; Souza, 2024
---	--	------	--	---	-----------------------------------

Fonte: Elaboração própria (2025) com base em Amaral e Bacha (2025), Dornelas (2020) e Souza (2024).

Os percentuais são ajustados conforme as tendências dos relatórios dos órgãos públicos e pesquisas recentes, indicando concentração de quase 99% dos financiamentos nessas oito cadeias (Amaral; Bacha, 2025).

Embora não tenham sido localizados dados públicos oficiais que detalhem a alocação dos estoques de financiamentos privados (como LCA, CPR, CRA, CDCA e Fiagro) por *commodity* específica, há consenso na literatura especializada, em relatórios do Ministério da Agricultura e em análises do mercado financeiro agro, de que a maior parte desses recursos abrange justamente as principais *commodities* agrícolas e pecuárias do Brasil, ou seja, soja, milho, cana-de-açúcar, arroz (especialmente irrigado), algodão, trigo (sob irrigação), café e carne bovina.

As informações que conduzem à afirmação de que existe uma predominância da distribuição dos recursos para as grandes *commodities* são:

- a) características dos títulos privados, que são instrumentos como CPR, CRA e LCA são geralmente emitidos com lastro em contratos, estoques ou exportações das maiores cadeias produtivas. Securitizadoras e instituições financeiras priorizam produtores, cooperativas e empresas dessas cadeias, especialmente grãos, fibras e proteína animal, devido ao seu grande volume de produção, liquidez e menor risco de inadimplência (Souza *et al.*, 2024; MAPA, 2024);
- b) perfil das operações de mercado de CRAs, o qual, no Brasil, denota que esses títulos são majoritariamente lastreados em contratos ligados às principais cadeias exportadoras do agronegócio nacional, como soja, milho, algodão, cana-de-açúcar e carne bovina. As emissões desses ativos, nas carteiras das securitizadoras e nas operações registradas na B3, confirmam a predominância dessas *commodities* no lastro das operações, refletindo a orientação do setor para cadeias de grande volume, liquidez e relevância comercial (Fontes; Ghisi, 2023);
- c) manifestações oficiais (Ministério da Agricultura) e do mercado (imprensa setorial) reiteram que grandes produtores e cadeias exportadoras continuam sendo o principal público-alvo das fontes privadas de financiamento do agro, enquanto cadeias de menor expressão ou agricultura

familiar dependem mais fortemente do crédito rural público (Boletim de Finanças..., 2024; Financiamento privado..., 2025).

Assim, mesmo na ausência de dados oficiais exatos por commodity no âmbito privado, é razoável sustentar que a maior parte dos financiamentos privados do agronegócio se concentra nas cadeias das *commodities* supracitadas, reproduzindo padrão semelhante ao constatado para os financiamentos públicos.

5.5 Discussão

Observa-se uma tendência crescente de inserção de disposições ambientais nos acordos comerciais multilaterais, regionais e bilaterais, como forma de alinhar o crescimento econômico com metas de sustentabilidade. A inclusão de cláusulas relacionadas ao meio ambiente tem se tornado comum em Acordos Comerciais Preferenciais (PTAs) e Acordos Comerciais Regionais (RTAs), nos quais os países signatários se comprometem a não flexibilizar suas normas ambientais como estratégia de competitividade. Também assumem obrigações de respeitar acordos ambientais multilaterais e de manter o direito soberano de legislar em prol da proteção ambiental.

Foram identificadas quatro dimensões principais dessas cláusulas: (i) o escopo das disposições ambientais, que inclui compromissos com o Acordo de Paris, a implementação de leis ambientais nacionais e o incentivo ao comércio de bens sustentáveis; (ii) a transversalidade da sustentabilidade nos tratados, como ocorre nos acordos firmados pela União Europeia; (iii) a previsão de mecanismos de participação pública e de denúncia de descumprimentos, como o modelo do USMCA; e (iv) a promoção da cooperação técnica e do desenvolvimento de capacidades nos países em desenvolvimento. Dados da OCDE indicam que mais de 40% dos acordos comerciais assinados entre 2010 e 2021 incluíram disposições trabalhistas ou ambientais, o que evidencia a consolidação dessa tendência.

Com relação à atuação brasileira, os dados demonstram que o país participa de um conjunto diversificado de acordos comerciais, tanto no âmbito da ALADI quanto do Mercosul, com destaque para acordos firmados com países da América do Sul, Europa, Ásia e África. No entanto, o número de acordos ainda é inferior ao de outras economias emergentes. Destacam-se acordos com cláusulas ambientais robustas, como os firmados (ainda não ratificados) entre Mercosul e União Europeia e entre Mercosul e EFTA, considerados “acordos de nova geração”. Esses tratados estabelecem mecanismos de monitoramento, resolução de disputas ambientais e

proibição de retrocessos normativos, mas ainda não possuem instrumentos coercitivos diretos, operando sobretudo com pressão diplomática e mecanismos de cooperação.

Além disso, o levantamento identificou incentivos estatais direcionados à produção de *commodities* com alta demanda hídrica, que são majoritariamente exportadas. Os incentivos incluem políticas fiscais como o regime de drawback, a isenção de ICMS prevista na Lei Kandir e o Reintegra, bem como políticas financeiras e creditícias, a exemplo dos fundos constitucionais (FNO, FNE, FCO) e de programas como o Plano Safra, Proirriga, Inovagro, ABC e outros. Também foram identificados instrumentos financeiros para captação de recursos privados, como a LCA, a CPR (inclusive a CPR Verde), CRA, CDCA, CDA, debêntures incentivadas e títulos verdes. Essas políticas contribuem para a expansão da atividade agroexportadora e aumentam a pressão sobre os recursos hídricos, explicitando a necessidade de compatibilização entre incentivo à produção e preservação ambiental.

O cruzamento dessas informações permite compreender como o Brasil estrutura sua política comercial e de fomento produtivo diante de exigências ambientais crescentes no cenário internacional. A partir dos dados apresentados, observa-se que o Brasil tem participado ativamente de uma rede crescente de acordos comerciais multilaterais, regionais e bilaterais, mas a inserção de cláusulas ambientais e sociais nesses instrumentos ainda carece da efetividade normativa que garantiria impactos reais na conservação dos recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental. Mesmo nos chamados “acordos de nova geração”, como o firmado entre Mercosul e União Europeia, que trazem previsões de mecanismos para monitorar e mitigar retrocessos ambientais como o desmatamento e o uso insustentável da água, nota-se a ausência de sanções automáticas ou coercitivas, circunstância que fragiliza a capacidade desses acordos de promover mudanças substantivas na política ambiental doméstica.

À luz dos textos examinados, especialmente das contribuições de Cardoso e Cardoso (2021) e Remondino (2023), constata-se uma contradição entre a retórica da sustentabilidade presente nos acordos e tratados e a dificuldade em transformar essas disposições em instrumentos eficazes de governança ambiental. Essa lacuna se acentua no caso brasileiro, cujo histórico revela avanços normativos que, porém, são de limitada implementação prática, particularmente quando confrontada com os interesses exportadores do agronegócio intensivo em água. A literatura aponta, nesse sentido, para o desafio de compatibilizar o regime internacional de comércio, voltado à liberalização e à competitividade, com os objetivos de proteção ambiental e justiça hídrica (Berger; Brandi; Brhun, 2017; OECD, 2024).

Além disso, o incentivo estatal à produção e exportação de *commodities* intensivas em recursos hídricos, como soja, carne e açúcar, representa um ponto de tensão com os compromissos assumidos pelo Brasil em fóruns multilaterais. Os incentivos fiscais e creditícios, legalmente fundamentados, acabam por subsidiar atividades que agravam o estresse hídrico em regiões críticas. Como demonstram Silva, Almeida e Souza (2023) e Moura (2016), há uma clara externalização dos custos ambientais para a sociedade, sem a devida internalização nas cadeias produtivas.

A análise dos acordos em vigor também demonstra que, embora existam cláusulas ambientais e mecanismos cooperativos, como os previstos no acordo Mercosul-União Europeia, a eficácia dessas ferramentas depende fortemente da disposição política dos Estados-partes e da pressão internacional. Nesse aspecto, o Regulamento (UE) 2023/1115, que condiciona o acesso ao mercado europeu ao cumprimento de critérios ambientais, representa um exemplo concreto da tentativa da União Europeia de utilizar seu poder regulatório para influenciar práticas sustentáveis globalmente (União Europeia, 2023). Ainda assim, como destaca Dantas (2023), tais medidas enfrentam resistência e podem ser percebidas como barreiras não tarifárias disfarçadas.

Os dados levantados confirmam a crescente inserção de cláusulas ambientais nos acordos comerciais como resultado de uma mudança no paradigma da política comercial internacional. No entanto, a implementação dessas mudanças esbarra em limitações estruturais, normativas e políticas que desafiam sua efetividade. No caso brasileiro, a política de promoção das exportações, amparada por mecanismos de incentivo financeiro e isenção tributária, contrasta com os compromissos ambientais assumidos, revelando uma desconexão entre os discursos internacionais e as práticas econômicas internas. Este cenário exige a busca de um equilíbrio institucional entre as políticas de comércio exterior e a observância das normas de sustentabilidade ambiental, especialmente no que diz respeito à governança dos recursos hídricos.

Esses resultados deixam à vista uma dualidade persistente na inserção do Brasil no comércio internacional: de um lado, a incorporação progressiva de cláusulas ambientais nos acordos comerciais; de outro, a manutenção de políticas internas que incentivam a produção e a exportação de produtos com alta intensidade hídrica, sem a internalização dos custos ambientais e sociais associados. Esse comportamento contraditório já foi percebido pela literatura especializada, que aponta para um descompasso entre os compromissos ambientais

firmados internacionalmente e as práticas econômicas domésticas (Cardoso; Cardoso, 2021; Silva Neto, 2023).

Cardoso e Cardoso (2021), ao analisar os acordos de livre comércio de nova geração firmados pela União Europeia, destaca que os capítulos de Comércio e Desenvolvimento Sustentável (TSD) representam uma tentativa de exportação de normas ambientais mínimas aos parceiros comerciais. Contudo, a efetividade dessa normatização depende da existência de mecanismos que assegurem a eficácia das cláusulas ambientais, bem como da vontade política dos estados signatários. O acordo entre Mercosul e União Europeia, mesmo contendo inovações como a vinculação explícita ao Acordo de Paris e a criação de comitês de monitoramento, ainda reclama sanções automáticas em caso de seu descumprimento, o que limita seu alcance prático.

Outro aspecto importante destacado na literatura é o papel das políticas públicas de incentivo à produção e exportação, que atuam como forças propulsoras do modelo de uso intensivo de recursos naturais. Como demonstrado por Moura (2016) e Silva, Almeida e Souza (2023), instrumentos como o Plano Safra, os fundos constitucionais (FNE, FCO, FNO) e os regimes fiscais especiais (como a Lei Kandir) têm sido decisivos na ampliação da fronteira agrícola e, conseqüentemente, na intensificação da pressão sobre os recursos hídricos.

Por outro lado, a literatura também aponta caminhos para a reconciliação entre comércio e sustentabilidade. A OCDE (2024) identifica uma tendência crescente à adoção de cláusulas ambientais mais complexas, incluindo temas como cooperação em ciência e tecnologia, uso sustentável da água, proteção de florestas e incentivo ao comércio de bens verdes. Nessa direção, o Regulamento (UE) 2023/1115 surge como um marco normativo que condiciona o acesso ao mercado europeu ao cumprimento de exigências ambientais rigorosas, representando um avanço do poder regulatório europeu.

O desafio, no entanto, reside na harmonização dessas exigências externas com a realidade interna brasileira. Como pontua Remondino (2023), há um crescente embate entre normas comerciais internacionais orientadas pela sustentabilidade e estruturas institucionais domésticas que ainda operam sob uma lógica de estímulo ao crescimento econômico a qualquer custo. Isso se traduz na dificuldade de implementar efetivamente políticas de governança ambiental e de fiscalização dos impactos sobre os recursos hídricos.

Assim, os resultados obtidos nesta pesquisa dialogam diretamente com a literatura ao confirmar a existência de uma lacuna entre a formalização de compromissos ambientais em acordos comerciais e sua efetiva operacionalização no plano doméstico. Essa lacuna compromete os objetivos declarados de sustentabilidade e reforça a necessidade de ajustes

institucionais, fiscais e regulatórios no Brasil, a fim de alinhar sua política comercial com uma gestão hídrica mais responsável e com os compromissos internacionais assumidos.

5.6 Considerações finais da pesquisa documental e bibliográfica

Na tentativa de atingir o objetivo 2 buscou-se investigar as interfaces entre os acordos comerciais firmados pelo Brasil e os compromissos ambientais assumidos no âmbito da política comercial internacional, com especial atenção à gestão dos recursos hídricos. Com base na pesquisa documental e bibliográfica, é possível demonstrar que o Brasil tem avançado na celebração de acordos que contemplam cláusulas ambientais, ainda que a eficácia desses compromissos seja comprometida inúmeras vezes por limitações institucionais, ausência de mecanismos que assegurem a aplicação dessas cláusulas e contradições das políticas internas de incentivo à produção com a proteção aos recursos hídricos.

A análise dos acordos de nova geração, como o Mercosul-União Europeia e o Mercosul-EFTA, revelou a incorporação de dispositivos que conectam o comércio internacional ao desenvolvimento sustentável, à proteção ambiental e à promoção de cadeias de valor responsáveis. Entretanto, esses dispositivos operam majoritariamente com mecanismos de cooperação e pressão política, e não com sanções automáticas, o que enfraquece sua capacidade de influenciar práticas domésticas, especialmente em países com arcabouços institucionais frágeis.

Ao examinar os instrumentos de apoio à produção e exportação de *commodities* brasileiras, muitas delas com alta intensidade de uso hídrico, identificou-se um conjunto robusto de incentivos estatais que, na prática, desestimulam uma transição para modelos produtivos mais sustentáveis. O regime de *drawback*, as isenções previstas na Lei Kandir e os fundos de financiamento agrícola operam como estímulos à expansão de atividades potencialmente degradadoras dos recursos hídricos, sobretudo em regiões que já enfrentam estresse hídrico. Essa constatação reforça a desconexão entre a retórica ambiental nos acordos comerciais e a estrutura de governança econômica interna.

Verificou-se que tal desconexão não é apenas técnica ou normativa, mas estrutural, tendo em conta que decorre de um modelo de desenvolvimento ancorado na lógica da competitividade internacional e na subvalorização dos bens comuns, como a água. Essa assimetria é ainda mais evidente quando se considera que parte dos produtos exportados pelo Brasil é cultivada com agrotóxicos e técnicas proibidas ou severamente reguladas nos países

importadores, como a União Europeia. A literatura aponta que essa prática é expressão de um padrão de injustiça ambiental e de externalização dos custos ambientais para as populações mais vulneráveis, especialmente nas zonas rurais e fronteiras agrícolas.

No meio desse cenário desfavorável à sustentabilidade, reconhece-se que o fortalecimento de cláusulas ambientais nos acordos comerciais, a pressão regulatória de blocos como a União Europeia e o surgimento de novas normas internacionais – como o Regulamento (UE) 2023/1115 – podem representar janelas para a reestruturação da política comercial brasileira se as normas que compõem esse arcabouço normativo sejam aplicadas e sejam capazes de resguardar os bens jurídicos tutelados, observada a transparência institucional e a revisão dos incentivos econômicos que colidirem com as normas jurídicas protetivas. Experiências internacionais bem-sucedidas, como as da Austrália, Israel e Índia, indicam que é possível equilibrar comércio exterior e conservação hídrica por meio de políticas de integração ambiental nas estratégias de desenvolvimento.

Conclui-se que a compatibilização entre comércio internacional e preservação dos recursos hídricos no Brasil requer mais do que a assinatura de tratados ambientais. Exige uma transformação substancial da política comercial e agrícola nacional, modificando-se os vetores de supervalorização do comércio internacional em prol dos vetores de prevalência de princípios e regras voltados à sustentabilidade, justiça socioambiental e responsabilidade intergeracional.

6 CONCLUSÃO

O modelo de inserção internacional do Brasil, fundamentado na exportação de produtos com alta intensidade hídrica, estabelece uma relação de tensionamento entre a exploração econômica dos recursos hídricos nacionais, a conservação desses recursos e a justiça socioambiental. O estudo confirma que as políticas comerciais e de incentivo à produção agroexportadora atuam como vetores indutores da superexploração hídrica, comprometendo a segurança hídrica, a equidade socioambiental e a sustentabilidade de longo prazo. A análise dos dados e discussões apresentadas permitem afirmar que a estratégia comercial brasileira ao longo dos anos, embora posicione o país como grande fornecedor mundial de alimentos (OCDE, FAO, 2015; Montoya; Finamore, 2020), acarreta pesados custos ambientais e sociais que são externalizados para regiões produtoras e comunidades vulneráveis.

Na construção do referencial teórico desta pesquisa, foi privilegiada a perspectiva analítica sobre o tema que considerou: a interconexão entre a exportação de *commodities* com alta intensidade hídrica, os impactos ambientais, sociais e econômicos, os arcabouços normativos internacional e nacional de regulação da exploração e de proteção dos recursos hídricos, e as normas internas que criaram uma estrutura econômica agroindustrial voltada para subsidiar a produção de *commodities* agropecuárias de alto consumo hídrico.

Ao analisar os impactos da exportação de produtos com maior intensidade hídrica sobre a disponibilidade de água em regiões críticas no território brasileiro, verificou-se que essa dinâmica gera consequências de ordem econômica, social e ambiental e essas três dimensões, interdependentes e sobrepostas e que serão a seguir exploradas, revelam a complexidade do tema que cerca o atual modelo agroexportador.

No que concerne aos impactos econômicos, observou-se que a expansão das exportações de *commodities* como soja, carne bovina, milho, cana-de-açúcar, algodão, arroz e trigo irrigados impulsiona o produto interno bruto nacional, gerando empregos e consolidando o Brasil como exportador líquido de água virtual (Carmo *et al.*, 2007; Bergmann, 2019; Montoya; Finamore, 2020). Em 2023 o agronegócio respondeu por 23,8% do PIB brasileiro (CNA, 2024b) e por aproximadamente 26% do total de empregos, segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA).

Foi possível identificar uma divergência entre o baixo valor agregado às *commodities* exportadas e os elevados impactos ambientais que sua produção acarreta. Estima-se que

aproximadamente 50% da água consumida anualmente no país está embutida nas exportações de *commodities*, com destaque para o volume de água azul destinado a mercados como China, Estados Unidos, Japão e Alemanha (Bergmann, 2019; Montoya; Finamore, 2020). Em números mais precisos, o Brasil exporta 119,2 bilhões de m³/ano líquidos de água embutida em *commodities*, sem compensação ambiental (Bergmann; Gonçalves Junior; Vinsentin, 2022; Sesso Filho *et al.*, 2024), para gerar menos valor adicionado doméstico comparado ao custo ambiental da produção, evidenciando ineficiência alocativa de recursos (Bergmann; Gonçalves Junior; Vinsentin, 2022).

Por intermédio da pesquisa realizada, foram encontradas evidências de que a produção de *commodities* de alta intensidade hídrica é fortemente financiada por incentivos públicos e privados que, por um lado, reduzem artificialmente os custos de produção e ampliam a competitividade internacional das *commodities* brasileiras e, por outro lado, estimulam a expansão da fronteira agrícola para áreas ecologicamente sensíveis sem internalizar adequadamente os custos ambientais do uso intensivo da água (Silva; Almeida; Souza, 2023). Assim, além de os custos ambientais suportados pelas regiões produtoras praticamente não serem incorporados nos preços das *commodities* que demandam mais recursos hídricos para sua produção (Montoya; Finamore, 2020; Silva; Almeida; Souza, 2023), ainda existem incentivos para minorar esses preços no comércio internacional.

No que diz respeito aos impactos ambientais, os documentos analisados trazem evidências de que a exportação de água virtual intensifica pressões sobre recursos hídricos em regiões críticas, como MATOPIBA, Oeste da Bahia, Cerrado e Submédio São Francisco (Coin, 2022; Gelain, 2018; Ribeiro, 2014), onde o uso intensivo da irrigação, a outorga excessiva de recursos hídricos e a fragilidade institucional dos mecanismos de governança local resultam em redução de vazões, degradação da qualidade da água, perda de biodiversidade aquática e aumento da vulnerabilidade a eventos climáticos extremos.

A ausência de mecanismos de compensação, seja pela via cobrança diferenciada pelo uso da água, seja pela via instrumentos de pagamento por serviços ambientais (PSA), reforça a externalização dos custos ambientais para os territórios produtores (Gelain, 2018; Vinsentin, 2017). Verifica-se, na realidade, a existência de um incentivo inverso, já que a cobrança pelo uso da água é simbólica (média de US\$ 0,005/m³), enquanto países como a Alemanha cobram até US\$ 2,10/m³ (Ciasca, 2023).

Quanto aos impactos sociais, o modelo agroexportador brasileiro tem aprofundado desigualdades e injustiças hídricas, fazendo com que comunidades rurais, povos tradicionais e

agricultores familiares frequentemente percam o acesso à água de qualidade sem compensação pelos impactos negativos das exportações, resultando em conflitos territoriais pelo uso da água (Ribeiro, 2014). Conforme levantamento da Comissão Pastoral da Terra (CPT) (2024), no Oeste da Bahia os conflitos por água cresceram 140% entre 2015 e 2023. A governança hídrica, apesar de formalmente descentralizada, frequentemente se vê limitada pela influência de interesses econômicos dominantes, restringindo a participação social e a equidade no uso dos recursos.

A análise das políticas comerciais vigentes no Brasil, especialmente no que se refere a acordos comerciais, regulações ambientais e incentivos, a fim de identificar como elas influenciam a exportação de produtos intensivos no uso de recursos hídricos, apontou que, no campo regulação externa, o sistema normativo, constituído por cláusulas ambientais em acordos comerciais de nova geração e por regras existentes em regulamentos de entidades coletivas (e.g. Regulamento (UE) 2023/1115), não tem se mostrado eficaz para realizar o fim protetivo para o qual foi criado. Tal ineficácia decorre, dentre outras razões, da ausência de mecanismos coercitivos efetivos nos países produtores.

No campo da regulação interna, embora exista um robusto conjunto de normas protetivas constituído, por exemplo, pela Lei nº 9.433/1997 (Lei das Águas) e pela Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais), sua eficácia para coibir condutas danosas ao meio ambiente ou diminuir impactos ambientais negativos ainda é limitada. Além disso, observa-se uma desconexão institucional entre as políticas de comércio exterior e aquelas que tratam da gestão hídrica e ambiental (Remondino, 2023; Silva; Almeida; Souza, 2023), o que impede a atuação coordenada dos órgãos responsáveis.

Paralelamente à baixa eficácia das normas protetivas do meio ambiente, existe uma estrutura econômica de incentivos públicos (como Plano Safra, fundos constitucionais e regimes fiscais especiais) e privados (como estoques de financiamentos rurais com recursos captados por meio de LCA, CPR, CRA, CDCA e Fiagro), que subsidiam direta e indiretamente atividades intensivas em água (Moura, 2016; Silva; Almeida; Souza, 2023). Esses mecanismos reduzem artificialmente os custos de produção e reforçam a percepção da água como recurso infinito e não precificado (Montoya; Finamore, 2020; Silva; Almeida; Souza, 2023).

A principal contribuição da pesquisa consiste em apontar correlações e relações de causalidade entre a exportação de *commodities* de alta intensidade hídrica e seus impactos econômicos, ambientais e sociais, tanto positivos como negativos. Contudo, os arcabouços normativos internacional e nacional de regulação da exploração e de proteção do meio

ambiente, incluindo os recursos hídricos, têm se mostrado ineficazes para cumprir os objetivos regulatórios e protetivos para os quais foram criados. Neste cenário, normas internas favoreceram a formação de uma estrutura econômica agroindustrial que subsidia fortemente a produção de *commodities* de alto consumo hídrico em regiões que já sofrem algum tipo de escassez de água. Conclui-se que a atual inserção internacional do Brasil, baseada na exportação de *commodities* agropecuárias intensivas em água, não se alinha às políticas internacionais e nacionais de sustentabilidade e de proteção dos recursos hídricos.

A participação do Brasil no comércio internacional de *commodities* agropecuárias não pode ser considerada sustentável enquanto a água nelas incorporada permanecer invisível nas estatísticas comerciais internacionais e não for tratada como bem comum, estratégico e essencial para soberania nacional, subordinando-se às políticas de comércio exterior à política nacional de recursos hídricos como pré-condição para um modelo desenvolvimento que resguarde os recursos hídricos.

Algumas proposições para iniciar um debate sobre mudanças no quadro atual são: i) incorporar a variável hídrica (pegada hídrica total) nas análises de impacto econômico das exportações e nos acordos comerciais, ii) condicionar incentivos fiscais e financeiros à adoção de tecnologias de eficiência hídrica e certificações ambientais, iii) fortalecer os comitês de bacia e a participação social na gestão dos recursos hídricos, subordinando a política comercial à Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997 e suas alterações) e aos compromissos internacionais de sustentabilidade, iv) implementar cobrança progressiva pelo uso da água, vinculando os recursos arrecadados à recuperação das bacias (Ciasca, 2023), e v) promover pesquisas interdisciplinares e de base territorial, integrando saberes locais e demandas das populações atingidas.

REFERÊNCIAS

AL-BADRI, Basim H.; MOHAMMAD, Mohammad Kh.; KHALID, Jehan O. The Water Footprint and Virtual Water and Their Effect on Food Security in Iraq. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 1222, p. 012023, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1222/1/012023>. Acesso em: 23 jul. 2025.

ALLAN, John Anthony. Virtual water: a strategic resource global solutions to regional deficits. Editorial. *Ground Water*, v. 36, n. 4, p. 545-546, 1998.

ALLAN, John Anthony. *Virtual water: tackling the threat to our planet's most precious resource*. London: I.B. Tauris, 2011.

ALMEIDA, Alexandre Nascimento de; SILVA, João Carlos Garzel Leodoro da; ANGELO, Humberto. Importância dos setores primário, secundário e terciário para o desenvolvimento sustentável. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 9, n. 1, p. 146-162, jan.–mar. 2013.

AMARAL, Felipe José Gurgel do; BACHA, Carlos José Caetano. Evolução do crédito rural no Brasil de 1969 a 2023. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 29, e252903, 2025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/35gWKXh64Mg9KxGhBf4Tmf/?lang=pt>. Acesso em: 25 jul. 2025.

AMARAL JÚNIOR, Alberto do; MESQUITA, Alebe Linhares. The new rules on trade and environment linkage in preferential trade agreements. *Revista de Direito Internacional*, Brasília, v. 14, n. 2, p. 388–411, 2017. DOI: 10.5102/rdi.v14i2.4523. Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/rdi/article/view/4523>. Acesso em: 21 maio 2025.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). *Fiscalização de usos de recursos hídricos*. 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/fiscalizacao/fiscalizacao-do-uso-de-aguas>. Acesso em: 8 jun. 2025.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe anual 2024*. Brasília: ANA, 2024b. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/VisualizadorPdf?codigoArquivo=169442&tipoMidia=0. Acesso em: 25 jul. 2025.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). *Levantamento da cana-de-açúcar irrigada e fertirrigada no Brasil: relatório executivo*. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/levantamento-da-cana-de-acucar-irrigada-e-fertirrigada-no-brasil-relatorio-executivo.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2025.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil); IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil: 2013-2017*. Brasília, DF: ANA, 2020. Disponível

em: https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/re_sequeiro2.pdf/view. Acesso em: 9 jul. 2025.

ANEEL aprova quotas de custo e de energia referentes ao PROINFA 2024. *Aneel Notícias*, Brasília, 28 de novembro de 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-aprova-quotas-de-custo-e-de-energia-referentes-ao-proinfa-2024>. Acesso em: 25 jul. 2025.

ASHKTORAB, Niloofar; ZIBAEI, Mansour. Future virtual water flows under climate and population change scenarios: focusing on its determinants. *Journal of Water and Climate Change*, v. 13, n. 1, p. 96-112, 2022.

BAI, Yueyang; ZHANG, Tianzuo; ZHAI, Yijie; SHEN, Xiaoxu; MA, Xiaotian; ZHANG, Ruirui; JI, Changxing; HONG, Jinglan. Water footprint coupled economic impact assessment for maize production in China. *Science of the Total Environment*, v. 752, p. 141963, 2021.

BALOGH, Jeremiás Maté; JÁMBOR, Attila. The environmental impacts of agricultural trade: A systematic literature review. *Sustainability*, v. 12, n. 3, p. 1152, 2020. DOI: 10.3390/su12031152.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Manual de Crédito Rural*: MCR. Brasília: Banco Central do Brasil, 2024a. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/mcr/completo>. Acesso em: 27 jun. 2025.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Manual de Crédito Rural*: Letra de Crédito do Agronegócio (LCA). Brasília: Banco Central do Brasil, 2024b. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/mcr/manual/090217718095e0f0.htm>. Acesso em: 28 jun. 2025.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. *Banco do Nordeste contará com R\$ 37,8 bilhões do FNE para aplicação em 2024*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2023. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/imprensa/noticias/-/asset_publisher/QGdgGhxvRtMv/content/banco-do-nordeste-contará-com-r-37-8-bilhões-do-fne-para-aplicação-em-2024/44540. Acesso em: 28 jun. 2025.

BARROS, Geraldo Sant'Ana de Camargo. *Agronegócio: conceito e evolução*. Piracicaba: CEPEA-ESALQ/USP, 2022.

BARROS, Geraldo Sant'Ana de Camargo; SILVA, Adriana Ferreira; FACHINELLO, Arlei Luiz. *PIB do agronegócio brasileiro: comentários metodológicos*. Piracicaba: CEPEA ESALQ/USP, 2014. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_NotaMetodologica_Nova.pdf. Acesso em: 25 jul. 2025.

BASSO, Larissa. De lateral a transversal: a trajetória das questões ambientais no âmbito da OCDE. *Boletim de Economia e Política Internacional – BEPI*, Brasília, n. 34, p. 10–27, set./dez. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ipea/pt-br/assuntos/publicacoes/bepi/boletim-de-economia-e-politica-internacional-bepi-no-34-setembro-dezembro-de-2022>. Acesso em: 21 maio 2025.

BASTIAENS, Ida; POSTNIKOV, Evgeny. *Environmental provisions in EU and US trade agreements and regulatory change in the developing world*. 2014. Disponível em: <https://wp.peio.me/wp-content/uploads/PEIO8/Bastiaens,%20Postnikov%2029.09.2014.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2025.

BAUMANN, Renato. Os acordos comerciais do Brasil. In: _____. *Percurso incompleto: a política econômica externa do Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2023. cap. 4. ISBN 9786556350592. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/items/b01530b3-cd7b-423d-a564-4a4145646a28>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BAUMGARTNER, Thomas; PAHL-WOSTL, Claudia. UN–Water and its Role in Global Water Governance. *Ecology and Society*, v. 18, n. 3, p. 3, 2013. DOI: 10.5751/ES-05564-180303.

BERGER, Axel; BRANDI, Clara; BRUHN, Dominique. *Environmental provisions in trade agreements: promises at the trade and environment interface*. Bonn: German Development Institute / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE), 2017. (Briefing Paper 16/2017). Disponível em: <https://www.die-gdi.de/en/briefing-paper/article/environmental-provisions-in-trade-agreements-promises-at-the-trade-and-environment-interface/>. Acesso em: 21 maio 2025.

BERGMANN, Ana Claudia. O papel do Brasil no comércio internacional de água virtual: uma análise de insumo-produto. Toledo, 2019. 73 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2019.

BERGMANN, Ana Claudia; GONÇALVES JUNIOR, Carlos Alberto; VISENTIN, Jaqueline Coelho. O papel do Brasil no comércio internacional de água virtual: uma análise de insumo-produto. *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 61, p. 242-254, 2022. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/1419>. Acesso em: 8 jul. 2025.

BERRITTELLA, Maria; REHDANZ, Katrin; ROSON, Roberto; TOL, Richard S. J. The economic impact of water taxes: a computable general equilibrium analysis with an international data set. *Water Policy*, v. 10, n. 3, p. 259–271, 2008. Disponível em: <https://iwaponline.com/wp/article/10/3/259/19838/The-economic-impact-of-water-taxes-a-computable>. Acesso em: 5 jul. 2025

BHAVANA, Bolineni; SHIVAKUMAR, K. M.; PRAHADEESWARAN, M.; ROHINI, A.; VANITHA, G. Water footprint and virtual water trade of apples: Insights from India. *Plant Science Today*, v. 11, n. sp4, p. 1–7, 2024.

BLOT, Eline. *Leveraging free trade agreements for sustainability*. Brussels: Institute for European Environmental Policy, 2023. Disponível em: <https://ieep.eu/publications/leveraging-free-trade-agreements-for-sustainability/>. Acesso em: 6 jul. 2025.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. *BNDES aprova R\$ 52,3 bilhões para o agro em 2024, 26% a mais do que no ano anterior*. Rio de Janeiro: BNDES, 2025a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt->

[br/assuntos/noticias/bndes-aprova-r-52-3-bi-para-o-agro-em-2024-26-a-mais-do-que-no-ano-anterior-1](https://www.bndes.gov.br/assuntos/noticias/bndes-aprova-r-52-3-bi-para-o-agro-em-2024-26-a-mais-do-que-no-ano-anterior-1). Acesso em: 28 jun. 2025.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. *Quinto aditivo ao Regulamento Aplicável às Emissões Privadas de Letras de Crédito do Agronegócio – LCA do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico - BNDES*. Rio de Janeiro: BNDES, 2025b. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/prestacao-de-contas/fontes-de-recursos/letras-credito-agronegocio>. Acesso em: 21 jul. 2024.

BOELEN, Rutgerd; PERREAULT, Tom; VOS, Jeroen. *Water Justice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. DOI: 10.1017/9781316831847.

BOLETIM DE FINANÇAS PRIVADAS DO AGRO. Brasília: MAPA, abril 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/boletim-de-financas-privadas-do-agro/boletim-de-financas-privadas-do-agro-abr.2024>. Acesso em: 7 jul. 2025.

BOLETIM DE FINANÇAS PRIVADAS DO AGRO. Brasília: MAPA, janeiro 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/boletim-de-financas-privadas-do-agro/boletim-de-financas-privadas-do-agro-jan.2025>. Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. *Lei nº 8.929, de 22 de agosto de 1994*. Institui a Cédula de Produto Rural, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8929.htm. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. *Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938/1981, nº 9.393/1996 e nº 11.428/2006; revoga as Leis nº 4.771/1965 e nº 7.754/1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67/2001; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. *Lei Complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996*. Dispõe sobre o imposto dos Estados e do Distrito Federal sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp87.htm. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. *Crescimento da economia brasileira é impulsionado pela alta de 15% da agropecuária em 2023*. Brasília: MAPA, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/crescimento-da-economia-brasileira-e-impulsionado-pela-alta-de-15-da-agropecuaria-em-2023>. Acesso em: 29 jun. 2025

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Governo Federal lança Plano Safra 24/25 com R\$ 400,59 bilhões para agricultura empresarial. *Ministério da Agricultura e Pecuária Notícias*, Brasília, 3 de julho de 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/governo-federal-lanca-plano-safra-24-25-com-r-400-59-bilhoes-para-agricultura-empresarial>. Acesso em: 24 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano Agrícola e Pecuário 2014/2015*. Brasília: MAPA, 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/plano-agricola-pecuario/plano-agricola-e-pecuario-2014-2015.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano Safra 2019/2020 terá R\$ 225 bilhões*. Brasília: MAPA, 2019. Disponível em: <https://goias.gov.br/plano-safra-2019-2020-tera-r-225-bilhoes/>. Acesso em: 29 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano Safra 2022/2023 anuncia R\$ 340,8 bilhões para a agropecuária*. Brasília: MAPA, 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-06/plano-safra-20222023-anuncia-r-3408-bilhoes-para-agropecuaria>. Acesso em: 29 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Plano Safra da Agricultura Familiar 2014/2015*. Brasília: MDA, 2014. Disponível em: <https://www.cidasc.sc.gov.br/blog/2014/05/29/anunciado-o-plano-safra-da-agricultura-familiar-20142015/>. Acesso em: 29 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Comércio e Desenvolvimento Sustentável. In: *Acordo entre o MERCOSUL e a União Europeia*. [S. l.], 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mdic/pt-br/images/REPOSITARIO/secex/deint/cgne/22a_Comrcioa_ea_Desenvolvimentoa_Sustentvel.pdf. Acesso em: 27 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Siscomex. Mercosul: países integrantes e acordos internacionais. Brasília: MDIC, 2025. Disponível em: www.gov.br/siscomex/pt-br/acordos-comerciais/acordos-comerciais. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. *Debêntures incentivadas de irrigação*. Brasília: MIDR, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/irrigacao/debentures-incentivadas>. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. *Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste contará com R\$ 11,1 bilhões em 2024*. Brasília: MIDR, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/fundo-constitucional-de-financiamento-do-centro-oeste-contara-com-r-11-1-bilhoes-em-2024>. Acesso em: 28 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. *Portaria MIDR nº 128, de 20 de janeiro de 2025*. Estabelece condições complementares de enquadramento dos projetos de investimento considerados prioritários na área de infraestrutura para o setor de irrigação. 2025. Disponível em: https://anvisaegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=detalharAto&tipo=POR&numeroAto=00000128&seqAto=000&valorAno=2025&orgao=MIDR&nomeTitulo=codigos&desItem=&desItemFim=&cod_modulo=631&cod_menu=9381. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. *Manual Técnico dos Benefícios Financeiros e Creditícios*: versão janeiro/2024. Brasília: MPO, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/planejamento/pt-br/assuntos/avaliacao-de-politicas-publicas-1/subsidios/manual-tecnico-dos-beneficios-financeiros-e-crediticios-mtbfc-1/manual-tecnico-dos-beneficios-financeiros-e-crediticios-mtbfc-2013-versao-janeiro-2024.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

BRASIL. Receita Federal. *Drawback*. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/aduana-e-comercio-exterior/regimes-e-controles-especiais/regimes-aduaneiros-especiais/drawback>. Acesso em: 8 jun. 2025.

BRASIL. Senado Federal. *Senado aprova projeto da Lei Geral do Licenciamento Ambiental*. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2025/05/21/senado-aprova-projeto-da-lei-do-licenciamento-ambiental>. Acesso em: 6 jul. 2025.

CARDOSO, Maione Rocha de Castro; CARDOSO, Gil Célio de Castro. Desenvolvimento sustentável e meio ambiente: análise dos impactos sobre o mercado de trabalho no Brasil (1995-2001). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 4, n. 1, p. 317–341, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/23773>. Acesso em: 6 jul. 2025.

CARMO, Roberto Luiz do; OJIMA, Andréa Leda Ramos de Oliveira; OJIMA, Ricardo; NASCIMENTO, Thais Tartalha do. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande “exportador” de água. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, v. 10, n. 2, p. 83-96, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/NvzFvhH57HQQwJMKMKZLm4ph/?format=pdf>. Acesso em: 8 jul. 2025.

CARNEIRO, Flavio Lyrio. *Parceria Transpacífico: um acordo megarregional na fronteira da regulação do comércio internacional?* Texto para Discussão, n. 2108. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Brasília, jul. 2015. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4643/1/td_2108.pdf. Acesso em: 6 jul. 2025.

CARVALHO, Vanessa Lima de Sousa; SILVA, José Francisco dos Santos; SILVA, Karla Cristina de Souza; SILVA, Maria Aparecida da Silva. Água virtual e pegada hídrica da soja: aumento das exportações nos portos da Amazônia brasileira versus riscos ambientais e hídricos. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 10, e38189131023, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/38189/32819/430071>. Acesso em: 7 jul. 2025.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. *PIB do Agronegócio Brasileiro* – Sumário Executivo 2º trimestre de 2023. Piracicaba: Cepea/Esalq/USP, 2023. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/C%C3%B3pia%20de%20PIB%20do%20Agroneg%C3%B3cio_Sum%C3%A1rio%20Executivo.pdf. Acesso em: 9 jul. 2025.

CHAPAGAIN, Ashok Kumar; HOEKSTRA, A. Y. *Water footprints of nations: Value of water research Report Series No. 16*. Delft: UNESCO-IHE, 2004. Disponível em: <https://www.waterfootprint.org/resources/Report16Vol1.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2025.

CHAPAGAIN, Ashok K.; HOEKSTRA, Arjen Y.; SAVENIJE, Hubert H. G. Water saving through international trade of agricultural products. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 10, p. 455–468, 2006.

CHAPAGAIN, Ashok Kumar; TICKNER, Dave. Pegada hídrica: evolução do conceito e sua utilidade na prática. In: EMPINOTTI, Vanessa; JACOBI, Pedro Roberto (orgs.). *Pegada hídrica: inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação*. São Paulo: Annablume, 2012. p. 15-44.

CHOUCHANE, Hatem; KROL, Maarten S.; HOEKSTRA, Arjen Y. Changing global cropping patterns to minimize national blue water scarcity. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 24, p. 3015–3031, 2020. DOI: 10.5194/hess-24-3015-2020. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/24/3015/2020/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

CIASCA, Bruna Stein. *O impacto econômico da cobrança pelo uso da água: uma abordagem de equilíbrio geral para o Brasil*. 2023. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/58752/1/Tese_Impacto%20econ%C3%B4mico%20da%20cobran%C3%A7a%20pelo%20uso%20da%20%C3%A1gua_vfinal.pdf. Acesso em: 30 jun. 2025.

CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. *Balanço 2024 perspectivas 2025*. Brasília: CNA, 2024a. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/storage/arquivos/pdf/Balanco2024-Perspectivas2025.pdf>. Acesso em 24 jul. 2025.

CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. *PIB do agronegócio cai 2,99% em 2023*. Brasília: CNA, 2024b. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/pib-do-agronegocio-cai-2-99-em-2023>. Acesso em: 9 jul. 2025.

COIN, Jacqueline Pires. *Os fluxos de água virtual nas exportações dos setores do agronegócio brasileiro*. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2022.

CORDANI, Umberto G.; MARCOVITCH, Jacques; SALATI, Eneas. Avaliação das ações brasileiras após a Rio-92. *Estudos Avançados*, v. 11, n. 29, p. 7-37, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/BL4vBHZwcKwqfXLTcxfPk9j/>. Acesso em: 8 jun. 2025.

COMISSÃO PASTORAL DA TERRA (CPT). *A morte das águas no Oeste da Bahia: Diagnóstico das comunidades sobre a morte das águas nas sub-bacias dos rios Corrente e Carinhanha*. 2024. Disponível em: <https://cptnacional.org.br/2024/12/06/a-morte-das-aguas-no-oeste-da-bahia/>. Acesso em: 1 jul. 2025.

CONNOR, Jeffery D.; PERRY, Gregory M. Analyzing the potential for water quality externalities as the result of market water transfers. *Water Resources Research*, v. 35, n. 9, p. 2833–2839, 1999.

DALIN, Carole; KONAR, Megan; HURTT, G. C.; RODRIGUEZ-ITURBE, Ignacio. Evolution of the global virtual water trade network. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 16, p. 5989-5994, 2012. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1203176109>. Acesso em: 4 jul. 2025.

DALIN, Carole; WADA, Yoshihide; KASTNER, Thomas; PUMA, Michael J. Groundwater depletion embedded in international food trade. *Nature*, v. 543, p. 700–704, 2017. DOI: 10.1038/nature21403.

DANDAN, Zhao; HUBACEK, Klaus; KUISHUANG, Feng; LAIXIANG, Sun; JUNGUO, Liu. Explaining virtual water trade: A spatial-temporal analysis of the comparative advantage of land, labor and water in China. *Water Research*, v. 153, p. 304-314, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135419300697>. Acesso em: 21 jul. 2025.

DANTAS, Luna Rocha. *Sanções comerciais em face do descumprimento de acordos ambientais: um estudo sobre as relações entre União Europeia e Brasil*. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) – Centro de Ciências Jurídicas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/248828>. Acesso em: 8 jun. 2025.

DEBAERE, Peter. The global economics of water: is water a source of comparative advantage? *American Economic Journal: Applied Economics*, v. 6, n. 2, p. 32–48, 2014.

DELLAPENNA, Joseph W.; GUPTA, Joyeeta; WEIJING, Li; SCHMIDT, Falk. Thinking about the Future of Global Water Governance. *Ecology and Society*, v. 18, n. 3, p. 28, 2013. DOI: 10.5751/ES-05657-180328.

DENG, Guangyao; DI, Keyu. A study of virtual water trade among G20 countries from a value-added trade perspective. *Water*, Basel, v. 16, n. 19, p. 2808, 2024.

D'ODORICO, Paolo; CARR, Joel A.; LAIO, Francesco; RIDOLFI, Luca; VANDERMEER, John. Global virtual water trade and the hydrological cycle: patterns, drivers, and socio-environmental impacts. *Environmental Research Letters*, v. 14, n. 5, p. 053001, 2019.

DORNELAS, Larissa Naves de Deus. Evolução da política de crédito rural no Brasil: uma análise histórica. *Extensão Rural*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 25-38, 2020.

DULEBA, Wânia; PINTO, Natalia Araujo; ZUFFO, Milena Maltese; ALMEIDA, Paulo Santos de; MARQUES, Isabela Duleba; BARBOSA, Rubens. Análise dos compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito do Acordo de Paris. In: DULEBA, Wânia; BARBOSA, Rubens (orgs.). *Diplomacia ambiental*. São Paulo: Edgard Blücher, 2022. Cap. 1, p. 23-70. Disponível em: <https://www.blucher.com.br/livro/diplomacia-ambiental-3123>. Acesso em: 25 jul. 2025.

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Environment in the European Union at the turn of the century*. Copenhagen: EEA, 1999. (Environmental Assessment Report, No. 2). Disponível em: <http://glossary.eea.europa.eu/EEAGlossary>. Acesso em: 21 maio 2025.

ELFETYANY, Mohamed; FARAG, Hanan; ABD EL GHANY, Samah H. Assessment of national water footprint versus water availability: Case study for Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, v. 60, p. 3577-3585, 2021.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Matopiba GeoWeb*. Divisões territoriais, 2015. Disponível em: <https://mapas.cnpm.embrapa.br/matopiba2015/>. Acesso em: 27 jul. 2025.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Produção dos Cafés do Brasil ocupa área de 1,9 milhão de hectares em 2024*. Brasília: Embrapa Café, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/90420863/artigo---producao-dos-cafes-do-brasil-ocupa-area-de-19-milhao-de-hectares-em-2024>. Acesso em: 7 jul. 2025.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *EPA's role in international trade agreements*. Washington, D.C.: United States Environmental Protection Agency, 2021. Disponível em: <https://www.epa.gov/international-cooperation/epas-role-international-trade-agreements>. Acesso em: 21 maio 2025.

FARIAS, Celso José. *Água virtual na atividade avícola no oeste paranaense*. 2023. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2023.

FAVRO, Juliana. Determinantes da localização da agroindústria. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 14, n. 2, p. 204-220, 2020. Disponível em: <https://revistaaber.org.br/rberu/article/download/587/323/4134>. Acesso em: 29 jun. 2025.

FERREIRA, Chynthia Spirandeli; PINHEIRO, Margareth Bárbara Senne; RIBEIRO, Karém Cristina de Souza; ROGERS, Pablo. Utilização dos incentivos fiscais e financeiros para exportação como estratégia de competitividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 11., 2004. Porto Seguro. *Anais[...]* Porto Seguro: [s.n.t.], 2004. p. 1-19. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/2418/2418>. Acesso em: 8 jun. 2025.

FIA – FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO. *Agronegócio: o que é, como funciona e setores*. São Paulo: FIA, 2025. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/agronegocio/>. Acesso em: 29 jun. 2025.

FONTES, João Francisco Thives da Luz; GHISI, Enedir. A financeirização do agronegócio: explorando os Certificados de Recebíveis do Agronegócio como um meio de financiamento para o setor. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Agronomia. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2023.

FREZAL, Clara; DEUSS, Annelies. *Trade-related measures linked to the environmental sustainability of agriculture: a stocktake and typology*. Paris: OECD, 2024. (OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, n. 216). Disponível em: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/02/trade-related-measures-linked-to-the-environmental-sustainability-of-agriculture_ad69eac0/ebfdca09-en.pdf. Acesso em: 6 jul. 2025.

FU, Tianbo; XU, Changxin; HUANG, Xinyi. Analysis of virtual water trade flow and driving factors in the European Union. *Water*, v. 13, n. 1771, p. 1-20, 2021. DOI: 10.3390/w13131771.

GAWEL, Erik; BERNSEN, Kristina. Globalization of water: the case for global water governance. *Bergahn Journals*, v. 6, n. 3, p. 205-217, 2011. DOI: 10.3167/nc.2011.060301.

GELAIN, Jaqueline Gisele. *Análise do custo-benefício da exportação de água virtual no setor agropecuário brasileiro*. 2018. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2018.

GEORGE, Clive. *Environment and regional trade agreements: emerging trends and policy drivers*. OECD Trade and Environment Working Papers, No. 2014/02. Paris: OECD, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/5jz0v4q45g6h-en>.

GESSI, Elisandra Aparecida Callegari. *A água na educação ambiental: discussão sobre o ciclo hidrossocial a partir da pegada hídrica cinza da soja na região Sudoeste do Paraná*. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Humanas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2023.

GOMES, André Luiz. Fampe 30 anos: Sebrae projeta R\$12 bilhões em crédito para empreendedores. *Agência Sebrae*, 24 jun. 2025. Disponível em: <https://agenciasebrae.com.br/economia-e-politica/fampe-30-anos-sebrae-projeta-r-12-bilhoes-em-credito-para-empreendedores/>. Acesso em: 27 jul. 2025.

GOVERNO Federal amplia acesso ao crédito com R\$2,6 bilhões investidos pelo Programa Acredita. *Agência Gov*, 24 mar. 2025. Disponível

em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202503/governo-federal-amplia-acesso-ao-credito-com-r-2-6-bilhoes-investidos-pelo-programa-acredita>. Acesso em: 27 jul. 2025.

GOVERNO Federal lança plano Safra 24/25 com R\$ 400,59 bilhões para agricultura empresarial. Ministério da Agricultura e Pecuária Notícias, 3 jul. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/governo-federal-lanca-plano-safra-24-25-com-r-400-59-bilhoes-para-agricultura-empresarial>. Acesso em: 20 jul. 2025.

GOWRI, M. Uma; SHIVAKUMAR, K. M. India rice export and virtual water trade. *Journal of Applied and Natural Science*, v. 13(SI), p. 43–46, 2021. DOI: 10.31018/jans.v13iSI.2775. Disponível em: <https://journals.ansfoundation.org/index.php/jans/article/download/2775/2054/7026>. Acesso em: 4 jul. 2025.

GRENZ, Jan; VETOULI, Theofano; TZITZIKLI, Efthymia; SAUERBORN, Joachim. *The ecological consequences of the global soybean economy*. GAIA, v. 16, n. 3, p. 208–214, 2007.

GUPTA, Joyeeta; PAHL-WOSTL, Claudia. Global water governance in the context of global and multilevel governance. *Ecology and Society*, v. 18, n. 4, p. 54-67, 2013. DOI: 10.5751/ES-05664-180454.

HALMENSCHLAGER, Gabriella Falabrette Müller. O incentivo às exportações e o Reintegra: possibilidade de apuração do benefício em relação às vendas para a ZFM e ALC e às receitas com variação cambial positiva decorrentes de exportação. *Direito Tributário Atual*, n. 40, p. 226-234, 2017. Disponível em: <https://revista.ibdt.org.br/index.php/RDTA/article/download/536/901/4775>. Acesso em: 8 jun. 2025.

HEREDIA, Beatriz Maria Alasia de; PALMEIRA, Moacir; LEITE, Sérgio Pereira. Sociedade e economia do “agronegócio” no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 25, n. 74, p. 115-126, 2010.

HERRERA, Mirian Veronica Sáez; MARANGONI, Thaís Tonelli.; OLIVEIRA, Jefferson Nascimento; LIBÂNIO, Marcelo. Estimation of virtual water use in Brazilian exports from 2003 to 2014. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 6, p. 1229–1238, 2019. DOI: 10.1590/S1413-41522019184774.

HIRSCHMAN, Albert Otto. O. *The Strategy of economic development*. New Haven: Yale University Press, 1958.

HOEKSTRA, Arjen Y. Green-blue water accounting in a soil water balance. *Advances in Water Resources*, v. 129, p. 112–117, 2019. Disponível em: <https://ayhoekstra.nl/pubs/Hoekstra-2019.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2025.

HOEKSTRA, Arjen Y. *The relation between international trade and freshwater scarcity*. WTO Economic Research and Statistics Division, 2010. Disponível em: https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/ersd201005_e.pdf. Acesso em: 24 jul. 2025.

HOEKSTRA, Arjen Y. *The water footprint of modern consumer society*. Londres: Routledge, 2015. DOI: 10.4324/9781315712444.

HOEKSTRA, Arjen Y.; CHAPAGAIN, Ashok K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, v. 21, n. 1, p. 35–48, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227077846_Water_Footprints_of_Nations_Water_Use_by_People_as_a_Function_of_their_Consumption_Pattern. Acesso em: 24 jul. 2025.

HOEKSTRA, Arjen Y.; CHAPAGAIN, Ashok K.; ALDAYA, Maite M.; MEKONNEN, Mesfin M. *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. London: Earthscan, 2011. Disponível em: https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf. Acesso em: 7 jul. 2025.

HOEKSTRA, Arjen Y.; CHAPAGAIN, Ashok K.; VAN OEL, Pieter R. Advancing water footprint assessment research: Challenges in monitoring progress towards Sustainable Development Goal 6. *Water*, v. 9, p. 438, 2017. DOI: 10.3390/w9060438.

HOEKSTRA, Arjen Y.; CHAPAGAIN, Ashok K.; VAN OEL, Pieter R. Progress in water footprint assessment: towards collective action in water governance. *MDPI Water*, v. 11, n. 5, p. 1070, 2019. DOI: 10.3390/w11051070.

HOEKSTRA, Arjen Y.; HUNG, P. Q. *Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Delft: IHE, 2002. (Value of Water Research Report Series, No. 11). Disponível em: <https://www.waterfootprint.org/resources/Report11.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2025.

HONG, Yang; LEI, Wang; ZEHNDER, Alexander J. B. Water scarcity and food trade in the Southern and Eastern Mediterranean countries. *Food Policy*, v. 31, n. 5, p. 366–387, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306919206001199>. Acesso em: 4 jul. 2025.

HUI, Zuo; AI, Danxiang; YULING, Lin. Foreign trade and pollution: the case of South China water quality. In: International Conference on Energy Engineering and Environmental Protection (EEEP2016). 21–23 November 2016, Sanya, China. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 52, n. 012074, 2017. DOI 10.1088/1742-6596/52/1/012074. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/52/1/012074>. Acesso em: 21 jul. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Contas nacionais: anuário estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024a. Disponível em: <https://anuario.ibge.gov.br/2023/agregados-macroeconomicos/contas-nacionais.html>. Acesso em: 9 jul. 2025.

IBGE– INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Com alta recorde da Agropecuária, PIB fecha 2023 em 2,9%*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024b. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39306-com-alta-recorde-da-agropecuaria-pib-fecha-2023-em-2-9>. Acesso em: 9 jul. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Sistema de contas nacionais trimestrais*: Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2024c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/servicos/9300-contas-nacionais-trimestrais.html>. Acesso em: 9 jul. 2025.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Avaliação de políticas públicas: incentivos fiscais à inovação – Lei do Bem e Lei de Informática*. Brasília: IPEA, 2019. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2537.pdf. Acesso em: 7 jul. 2025.

JESUS, Katia Regina Evaristo de; TORQUATO, Sandra Aparecida. *Levantamento do consumo de água para processamento da cana-de-açúcar na região de abrangência do Polo Centro-Sul, Piracicaba, SP*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1011541/levantamento-do-consumo-de-agua-para-processamento-da-cana-de-acucar-na-regiao-de-abrangencia-do-polo-centro-sul-piracicaba-sp>. Acesso em: 8 jul. 2025.

JIANG, Wei; MARGGRAF, Rainer. Can international freshwater trade contribute to the SDG 6? *Water*, v. 15, p. 3853, 2023. DOI: 10.3390/w15213853.

JIANYUE, Ji; CHENGJIA, Wang; JINGLIN, Zhou. Spatio-temporal evolution and drivers of chinese industrial virtual water in international trade. *Water*, v. 15, n. 1975, 2023. DOI: 10.3390/w15111975. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/11/1975>. Acesso em: 20 jul. 2025.

KONAR, Megan; REIMER, Jeffrey J.; HUSSEIN, Zekarias; HANASAKI, Naota. The water footprint of staple crop trade under climate and policy scenarios. *Environmental Research Letters*, v. 11, n. 3, p. 035006, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/035006>. Acesso em: 23 jul. 2025.

KOTSUKA, Luziadne Katiucia. *Avaliação dos conceitos de água virtual e pegada hídrica na gestão de recursos hídricos: estudo de caso da soja e óleo de soja*. 2013. Dissertação (Mestrado) – Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

KRAMER, Annika; PAHL-WOSTL, Claudia. The global policy network behind integrated water resources management: is it an effective norm diffuser? *Ecology and Society*, v. 19, n. 4, art. 11, 2014. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26269658>. Acesso em: 5 jul. 2025.

LAURENS, Noémie. *Bolstering environmental governance through trade agreements: the role and challenges of citizen complaints*. Geneva: Forum on Trade, Environment & the SDGs (TESS), 2023. Disponível em: <https://tessforum.org/publication/bolstering-environmental-governance-through-trade-agreements/>. Acesso em: 21 maio 2025.

LAZZARINI, Luís Gustavo Santos. *Cinco anos de vigência do “Novo Código Florestal”*. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://sites.usp.br/oficinadedireitoambiental/cinco-anos-de-vigencia-novo-codigo-florestal/>. Acesso em: 6 jul. 2025.

LEITÃO, Alejandro Magno Lima; LINHARES, Fabrício Carneiro; IRFFI, Guilherme. Avaliação dos efeitos da Lei Kandir sobre a arrecadação de ICMS no Estado do

Ceará. *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 39, p. 147-170, jul./dez. 2012. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/314>. Acesso em: 8 jul. 2025.

MANKE, Emanuele Baifus; SANTOS, Aryane Farias dos; PINTO, Marília Alves Brito; PARFITT, José Maria Barbart; BAMBERG, Adilson Luís; FARIA, Lessandro Coll. Pegada hídrica do arroz cultivado sob diferentes manejos de irrigação. *Irriga*, Edição Especial – Sul, v. 1, n. 2, p. 248-263, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1140696/pegada-hidrica-do-arroz-cultivado-sob-diferentes-manejos-de-irrigacao>. Acesso em: 7 jul. 2025.

MAPA fecha 2024 com maior Plano Safra da história e avanços das políticas agrícolas para o agro brasileiro. *MAPA Notícias*, Brasília, 19 de dezembro de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-fecha-2024-com-maior-plano-safra-da-historia-e-avancos-das-politicas-agricolas-para-o-agro-brasileiro>. Acesso em 24 jul. 2025.

MARACAJÁ, Kettrin Farias Bem. *Nacionalização dos recursos hídricos: um estudo exploratório da pegada hídrica no Brasil*. 2013. Tese (Doutorado) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campinas Grande, 2013.

MARQUES, Henrique Rodrigues; SILVA, Ana Paula Moreira da; SAMBUICHI, Regina Helena Rosa (Orgs.). *Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova lei*. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/15949/1/pt-br_JP009PT_Mudancas_no_Codigo_Florestal_Brasileiro.pdf. Acesso em: 6 jul. 2025.

MASUD, Mohammad Badrul; WADA, Yoshihide; GOSS, Greg; FARAMARZI, Monireh. Global implications of regional grain production through virtual water trade. *Science of the Total Environment*, v. 659, p. 807-820, 2019.

MEKONNEN, Mesfin M.; HOEKSTRA, Arjen Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 15, p. 1577-1600, 2011. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/15/1577/2011/>. Acesso em: 8 jul. 2025.

MEKONNEN, Mesfin M.; HOEKSTRA, Arjen Y.; BECHT, Reinhard. Mitigating the water footprint of export cut flowers from the Lake Naivasha Basin, Kenya. *Water Resources Management*, v. 26, p. 3725–3742, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-012-0099-9>. Acesso em: 5 jul. 2025.

MEKONNEN, Mesfin M.; KEBEDE, Mahlet M.; DEMEKE, Betelhem W.; CARR, Joel A.; CHAPAGAIN, Ashok; DALIN, Carole; DEBAERE, Peter; D'ODORICO, Paolo; MARSTON, Landon; RAY, Chittaranjan; ROSA, Lorenzo; LA, Zhuo. Trends and environmental impacts of virtual water trade. *Nature Reviews Earth & Environment*, v. 5, p. 890-905, 5 nov. 2024.

MENDONÇA, Carlos Bernardo; TADEU, Nivaldo Dias; SINISGALLI, Paulo Augusto de Almeida. *Pegada hídrica da bovinocultura de corte no Brasil: uma comparação entre a produção em pastagem manejada e não manejada*. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2018. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east->

1.amazonaws.com/Sumarios/155/8e1c5b6839cee533e1277929e6e2011e_6ce62f2573afa3a30c00199db6dc86c8.pdf. Acesso em: 7 jul. 2025.

MONTEIRO, Rafael Rodrigues. Aspectos ambientais do acordo entre União Europeia e Mercosul. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/23038/20529/280077>. Acesso em: 6 jul. 2025.

MONTOYA, Marco Antonio. 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. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea167721>. Acesso em: 8 jul. 2025.

MONTOYA, Marco Antônio; FINAMORE, Eduardo Belisário. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. *Revista Brasileira de Economia*, v. 74, n. 4, p. 441-464, out.-dez. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbe/a/TPk46KwNrcCw5jGPY6Hhyfw/?format=pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

MORAES, Vanessa de Oliveira. *Análise intersetorial dos fluxos de água virtual para a economia brasileira: uma abordagem insumo-produto*. 2015. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Sociais e Humanas. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015.

MOURA, Adriana Maria Magalhães de (org.). *Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas*. Brasília: Ipea, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6800/1/Governan%C3%A7a%20ambiental%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2025.

MUZAMMIL, Muhammad; ZAHID, Azlan; BREUER, Lutz. Water Resources Management Strategies for Irrigated Agriculture in the Indus Basin of Pakistan. *Water*, v. 12, n. 5, p. 1429, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w12051429>. Acesso em: 23 jul. 2025.

NAMANY, Sarah; GOVINDAN, Rajesh; ALFAGIH, Luluwah; MCKAY, Gordon; AL-ANSARI, Tareq. Sustainable food security decision-making: An agent-based modelling approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 255, p. 120296, 2020.

NASPOLINI, Giovanna Ferrazzo; LIBRA, Jesse Madden; PÉREZ-URDIALES, María. *Estimativa da pegada hídrica na América Latina*. Washington: Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2024.

OKI, Taikan; KANAE, Shinjiro. Virtual water trade and world water resources. *Water Science and Technology*, v. 49, n. 7, p. 203-209, 2004. Disponível em: <https://iwaponline.com/wst/article/49/7/203/8573/Virtual-water-trade-and-world-water-resources>. Acesso em: 4 jul. 2025.

OLIVEIRA, Sonaly Duarte de. *Fluxo de água virtual no Brasil*. 2015. Tese (Doutorado) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2015.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Incorporating environmental provisions in regional trade agreements in chapters and articles dealing with trade in services*. Paris: OECD Publishing, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/6e976798-en>. Acesso em: 6 jul. 2025.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT *Strengthening sustainable investment through international investment agreements*. Paris: OECD Publishing, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/a8729c98-en>. Acesso em: 8 jul. 2025.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>. Acesso em: [3 fev 2025].

OSTROSKI, Anaís. *Água virtual, emissões de gases de efeito estufa e energia incorporada na exportação do agronegócio paranaense*. 2019. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

PAGE, Matthew J.; McKENZIE, Joanne E.; BOSSUYT, Patrick M.; BOUTRON, Isabelle; HOFFMANN, Tammy C.; MULROW, Cynthia D.; SHAMSEER, Larissa; TETZLAFF, Jennifer M.; AKL, Elie A.; BRENNAN, Sue E.; CHOU, Roger; GLANVILLE, Julie; GRIMSHAW, Jeremy M.; HRBJARTSSON, Asbjørn; LALU, Manoj M.; LI, Tianjing; LODER, Elizabeth W.; MAYO-WILSON, Evan; McDONALD, Steve; McGUINNESS, Luke A.; STEWART, Lesley A.; THOMAS, James; TRICCO, Andrea C.; WELCH, Vivian A.; WHITING, Penny; MOHER, David. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 2021;372:n71. DOI: 10.1136/bmj.n71.

PAHL-WOSTL, Claudia; GUPTA, Joyeeta; PETRY, Daniel. *Governance and the global water system: A theoretical exploration*. Global Governance, v. 14, n. 4, p. 419-435, 2008.

PIB cresce 3,4% em 2024 e fecha o ano em R\$ 11,7 trilhões. Agência IBGE Notícias, Brasília 7 de março de 2025. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/42774-pib-cresce-3-4-em-2024-e-fecha-o-ano-em-r-11-7-trilhoes>. Acesso em: 25 jul. 2025.

PLATA, Ludwig Einstein Aguto; CONCEIÇÃO, Adriel Vicente da. *O agronegócio brasileiro: análise das principais commodities*. Itapetininga: Fatec, 2021.

PROCRED 360, crédito governamental para microempreendedores concede R\$2 bilhões em cinco meses. Agência Gov, 1 abr. 2025. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202504/procred-360-programa-de-acesso-a-credito-para-meis-e-microempresas-atinge-r-2-bilhoes-em-emprestimos-com-cerca-de-r-1-bi-destinado-a-mulheres>. Acesso em: 27 jul. 2025.

PRODUÇÃO de grãos atingirá 379 milhões de toneladas nos próximos dez anos, com crescimento de 27%. Agência Gov, Brasília, 29 de outubro de 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202410/producao-de-graos-atingira-379-milhoes-de-toneladas-nos-proximos-dez-anos-com-crescimento-de-27>. Acesso em: 24 de jul. 2025.

QASEMIPOUR, Ehsan; TARAHOMI, Farhad; PAHLOW, Markus; SADATI, Seyed Saeed Malek; ABBASI, Ali. Assessment of virtual water flows in Iran using a multi-regional input-output analysis. *Sustainability*, v. 12, n. 18, p. 7424, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12187424>. Acesso em: 22 jul. 2025.

QI, Na; SANMANG, Wu; LI, Li; SHANTONG, Li. Inequality of virtual water consumption and economic benefits embodied in trade: a case study of the Yellow River Basin, China. *Water Policy*, v. 23, n. 6, p. 1445-1464, 2021. Disponível em: <http://iwaponline.com/wp/article-pdf/23/6/1445/972009/023061445.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2025.

REMONDINO, Virginia. New generation free trade agreements at a crossroads: Assessing environmental enforcement of the E.U.'s trade and sustainable development chapters from global Europe to the power of trade partnerships communication. *University of Bologna Law Review*, v. 8, n. 1, p. 149-186, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.6092/issn.2531-6133/18009>. Acesso em: 15 maio 2025.

RIBEIRO, Carolina Silva. *Pegada hídrica e água virtual: estudo de caso da manga no Submédio do Vale do São Francisco*, Brasil. 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

ROCHA, Adriana Cristina da; CAMPOS, Kellen Cristina; SOARES, Antônio Alves; SOARES, Thales Costa. *Análise de alternativa para a redução do consumo de água na unidade de processamento de frutos de café*. Venda Nova do Imigrante: Incaper, 2014. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/269/1/ANALISE-DE-ALTERNATIVA-PARA-A-REDUCAO-DO-CONSUMO-DE-AGUA-NA-TC0862-2.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2025.

ROCHA, Sérgio Rodrigues. *A balança comercial e as transferências de água virtual: análise do setor agrícola no Ceará*. 2014. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.

ROSA, Lorenzo; CHIARELLI, David Danilo; TU, Chengyi; RULLI, Maria Cristina; D'ODORICO, Paolo. *Global unsustainable virtual water flows in agricultural trade*. *Environmental Research Letters*, v. 14, p. 114001, 2019.

ROWIECHI, Josiane. *Gestão hídrica no Paraná: um estudo à luz da ecologia-mundo, com foco no agronegócio da soja*. 2021. Dissertação (Mestrado) – Centro de Estudos Sociais Aplicados. Faculdade de Administração. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2021.

SÁ-SILVA, José Robson; ALMEIDA, Licínio Xavier; GUINDANI, Jussara Ferreira. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais*, v. 1, n. 1, 2009. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/rbhcs/article/view/10351>. Acesso em: 5 jul. 2025.

SALARI, Samira; KARANDISH, Fatemeh; HAGHIGHAT JOU, Parviz; ALDAYA, Maite M. Hydro-environmental sustainability of crop production under socioeconomic drought. *Water*, v. 15, n. 2, p. 288, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w15020288>. Acesso em: 23 jul. 2025.

SANTOS, Edilene de Jesus. *Agronegócio, meio ambiente e desenvolvimento regional: perspectivas e contradições recentes da produção de grãos no Oeste baiano*. 2022. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2022.

SANTOS, Edilene de Jesus; DOS SANTO, José Antonio Gonçalves. A pegada hídrica para a produção de soja na região oeste da Bahia entre 2006-2019. *Informe GEPEC*, Toledo, v. 27, n. 1, p. 384-407, 2023. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=12345>. Acesso em: 8 jul. 2025.

SANTOS, Joelson Oliveira; ALVES, Janaina da Silva. Mudanças climáticas, comércio intranacional e exportações agrícolas à luz do modelo gravitacional: estimativas para o Nordeste brasileiro. *Desenvolvimento Regional em Debate*, v. 10, p. 324-347, 2020. DOI: 10.24302/drd.v10i0.2771.

SCHREINER, Carlos Tadeu. *Código Florestal comentado e anotado: artigo por artigo, legislação, jurisprudência e atos internacionais*. 2. ed. São Paulo: JusPodivm, 2024.

SCHWARZ, Jana; MATHIJS, Erik; MAERTENS, Miet. A dynamic view on agricultural trade patterns and virtual water flows in Peru. *Science of the Total Environment*, v. 683, p. 719–728, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719321424>. Acesso em: 4 jul. 2025. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.118.

SESSO FILHO, Umberto Antonio; LOPES, Ricardo Luís; GONÇALVES JUNIOR, Carlos Alberto; ESTEVES, Emerson Guzzi Zuan; SESSO, Patrícia Pompermayer. *Fluxos de água virtual do comércio internacional do Brasil*. [s. n. t.], 2024. Disponível em: https://www.anpec.org.br/sul/2024/submissao/files_I/i4-08bafa8943532a0bce062a8ab569099d.pdf. Acesso em: 4 jan. 2025.

SIEFERT, Cesar Augusto Crovador; GÓES, Geraldo Sandoval. Contas econômicas ambientais da água e sua contribuição para a gestão, o planejamento dos recursos hídricos e o ODS 6. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 62, p. 979-995, 2023. DOI: 10.5380/dma.v62i0.88876.

SILVA, José Carlos da; ALMEIDA, Maria Fernanda de; SOUZA, Ricardo Pereira de. Incentivos fiscais e competitividade das exportações brasileiras: análise da isenção de ICMS na Lei Kandir. *Revista Brasileira de Economia e Negócios Internacionais*, v. 10, n. 2, p. 45–62, 2023.

SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues da; ALBUQUERQUE, Monik Freitas de; ARAÚJO, Lincoln Eloi de; CAMPOS, João Hugo Bezerra de Carvalho; GARCÊZ, Silvia Lúcia Alves; ALMEIDA, Rafaela Silva Rodrigues. Medições e modelagem da pegada hídrica da cana-de-açúcar cultivada no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 6, p. 521-526, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/3J9xkK9w8qZb8mL7b6GqvQw/?lang=pt>. Acesso em: 8 jul. 2025.

SILVA NETO, Virgílio Lourenço da. *Recursos hídricos no Tocantins: índice de pobreza hídrica dos municípios tocantinenses e pressão do agronegócio*. 2023. Tese (Doutorado) – Ciências do Ambiente. Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2023.

SINISGALLI, Paulo; TADEU, Natalia Dias. O uso da pegada hídrica na análise do ambiente. In: EMPINOTTI, Vanessa; JACOBI, Pedro Roberto (orgs.). *Pegada hídrica: inovação, corresponsabilização e os desafios de sua aplicação*. São Paulo: Annablume, 2012. p. 63-82.

SOARES, Antônio Alves. *Estudo do consumo de água do cafeeiro em fase de produção*. Viçosa: Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2014. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/294/1/ESTUDO-DO-CONSUMO-DE-AGUA-DO-CAFEIRO-EM-FASE-DE-PRODUCAO-irriga25.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2025.

SOARES, Rogério Barbosa. *Contabilidade macroeconômica dos recursos hídricos: uma abordagem insumo-produto aplicada à economia do Estado do Ceará, Brasil*. 2023. 185 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2023.

SOMMARUGA, Ruben; ELDRIDGE, Honor May. Avocado production: water footprint and socio-economic implications. *EuroChoices*, v. 20, n. 2, p. 48-53, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1746-692X.12289>. Acesso em: 1 jul. 2025.

SOUZA, Anderson Reginaldo de; MARTINELLI, Gabrielli do Carmo; GARCIA, Deny Carolina; GIMENES, Régio Marcio Toesca. Títulos de crédito privado: alternativa de financiamento ao agronegócio. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 34, n. 2, 2024. Disponível em: <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/1995/1450>. Acesso em: 24 jul. 2025.

SOUZA, Cristiano Salomão de. Determinantes do crédito: como a oferta de crédito rural dentro do Sistema Nacional de Crédito Rural afeta o crescimento do PIB brasileiro. 2024. 71 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Agronegócios) – Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2024. Orientador: Joelson Oliveira Sampaio.

SUDECO - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO CENTRO-OESTE. *Cartilha Digital: Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO* 2024. Brasília: Sudeco, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/sudeco/pt-br/assuntos/fundo-constitucional-de-financiamento-do-centro-oeste/publicacoes-e-informacoes-gerenciais/CartilhaFCO2024Att.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2025.

THOMAS, Janet M.; CALLAN, Scott J. *Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações*. Tradução de Antonio Claudio Lot e Marta Reyes Gil Passos. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TUNINETTI, Marta; RIDOLFI, Luca; LAIO, Francesco. Charting out the future agricultural trade and its impact on water resources. *Science of the Total Environment*, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.136626. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720301364>; Acesso em: 20 jul. 2025.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *Comércio de commodities agrícolas: impactos e desafios para a sustentabilidade*. 2023. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/comercio-de-commodities-agricolas-impactos-e-desafios-para>. Acesso em: 8 jun. 2025.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2023/1115 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de maio de 2023, relativo à disponibilização no mercado da União e à exportação a partir da União de determinadas mercadorias e produtos associados à desflorestação e degradação florestal e que revoga o Regulamento (UE) n.º 995/2010. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 150/206, 9 junho 2023. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1115>. Acesso em: 8 jun. 2025.

VEIGA, Pedro da Motta; RIOS, Sandra Polónia. *O Pacto Verde Europeu e os acordos comerciais da UE*. Rio de Janeiro: Cindes Brasil, dez. 2020. (Breves CINDES; 108). Disponível em: http://cindesbrasil.org/wp-content/uploads/2022/05/breves_108_-_o_pacto_verde_europeu_e_os_acordos_comerciais_da_ue.pdf. Acesso em: 6 jul. 2025.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. O agronegócio brasileiro: a contribuição do Ipea nos debates. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental (Ipea)*, n. 30, p. 115-123, jul./dez. 2023.

VISENTIN, Jaqueline Coelho. *O uso da água e a interdependência das economias regionais: o caso das Bacias Hidrográficas brasileiras*. 2017. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017.

VOS, Jeroen; HINOJOSA, Leonith. *Virtual water trade and the contestation of hydrosocial territories*. Londres: Routledge, 2016. DOI: 10.4324/9781315744148.

WEIMING, Chen; SANMANG, Wu; YALIN, Lei; SHANTONG, Li. Virtual water export and import in China's foreign trade: A quantification using input-output tables of China from 2000 to 2012. *Resources, Conservation and Recycling*, 2017. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.02.017.

WHITE, David J.; HUBACEK, Klaus; KUISHUANG, Feng; LAIXIANG, Sun; BO, Meng. The Water-Energy-Food Nexus in East Asia: A tele-connected value chain analysis using inter-regional input-output analysis. *Applied Energy*, v. 201, p. 159-172, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261917306840>; Acesso em: 20 jul. 2025.

XU, Tian; Sarkis, Joseph; YONG, Geng; YIYING, Qian; GUIXIA, Gao; BLEISCHWITZ, Raimund; YUE, Xu. Evolution of China's water footprint and virtual water trade: A global trade assessment. *Environment International*, v. 121, p. 178-188, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018314582>. Acesso em: 20 jul. 2025.

YUEYUE, Du; DANDAN, Zhao; SJIJING, Qiu; FENG, Zhou; JIAN, Peng. How can virtual water trade reshape water stress pattern? A global evaluation based on the metacoupling perspective. *Ecological Indicators*, v. 145, p. 109712, 2022. DOI: 10.1016/j.ecolind.2022.109712.

ZHAO, Liangshi; YANG, Shuang. Measuring the gains and losses of virtual water flows in China's coastal areas. *Water*, v. 16, n. 11, p. 1518, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w16111518>. Acesso em: 16 jul. 2025.