

Água incorporada aos produtos do comércio internacional da economia brasileira¹

ARNO PAULO SCHMITZ

DANIELA NEUFFER

ANDRÉ KLINGENFUS ANTUNES

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, uma das maiores preocupações da humanidade é a escassez de água. O crescimento populacional estabeleceu um processo de demandas crescentes por recursos naturais. Sob essa perspectiva, a água tem requerido uma atenção especial por parte de organizações internacionais e governos. Essa também é uma questão recorrente para as pessoas, dadas as necessidades de uso e consumo das famílias (Richter *et al.*, 2003).

Em muitas regiões e países, o controle sobre o consumo e a conservação das fontes de água são constantes. Isso porque localmente existe baixo estoque de recursos hídricos, bem como o fluxo e intensidade de chuvas não atendem às necessidades mínimas de reposição desses estoques. Esse cenário pode afetar o fornecimento de água para as famílias e inviabilizar a implantação de certas indústrias e tipos de agricultura ou serviços que são grandes demandantes de água (por exemplo, algumas indústrias de alimentos, agricultura irrigada, transportes, turismo, etc.) (Schmitz, 2014).

¹ Pesquisa apoiada com recursos do Edital 04/2019 UFPR/PRPPG/FUNPAR.

Em sociedades economicamente mais desenvolvidas, geralmente existe uma acentuada diversificação das atividades produtivas, com elevados níveis de produção. Paralelamente, se o sistema produtivo e o crescimento econômico dos países são significativamente baseados em setores que têm vantagens comparativas com o uso da água nos processos produtivos, existe então um rápido crescimento na demanda por água. Nesse cenário, pode haver um complicador, que é a ausência de planejamento ou o planejamento inadequado da exploração das fontes de água locais, o que geraria gargalos quanto ao fornecimento de água para a sociedade no futuro, especialmente onde ocorre essa produção (Pouya; Türkoğlu, 2020).

O uso racional do recurso água, segundo as premissas da sustentabilidade, em parte advém do processo de planejamento, especialmente no âmbito das bacias hidrográficas (com base em diagnósticos e planos de bacia). Em outras palavras, quanto mais solidificadas as condutas de gerenciamento e planejamento, mais racionalidade no uso dos recursos hídricos é verificada. Essas ações têm como objetivo final garantir a revitalização e conservação das fontes de água superficiais e subterrâneas, identificar os volumes de água (da chuva e dos mananciais das bacias) para previsões de oferta futura de água, bem como identificar as quantidades de água necessárias para diluir poluentes (Carrera-Fernandez; Garrido, 2002).

Um conceito usualmente utilizado para entender os usos de recursos hídricos é a “Pegada Hídrica” (ou “Água Virtual”), que separa os usos ou as necessidades de água segundo três categorias: “Blue Water”, “Green Water” e “Grey Water”. A “Blue Water” é o uso da água advinda de fontes tais como rios, lagos e subterrâneo. A “Green Water” é o uso da água proveniente das chuvas. A “Grey Water” é o volume de água necessário para diluir poluentes derivados dos processos produtivos. Esse conceito é útil para a execução do planejamento hídrico e de políticas públicas,

especialmente com respeito ao controle do uso dos recursos hídricos (na concessão de outorgas, por exemplo) e controle da poluição dos corpos hídricos (com políticas públicas de despoluição de mananciais e políticas ambientais de controle da quantidade de efluentes lançados) (Hoekstra *et al.*, 2009).

Ademais, as políticas públicas são importantes, haja vista que podem incentivar empresas grandes demandantes de água a se realocarem em bacias hidrográficas com melhores condições hídricas (oferta de água). Além disso, as políticas públicas podem promover o progresso tecnológico poupador de água nas atividades produtivas (tais como agropecuária, indústria de alimentos, águas e saneamento, etc.) e estabelecer normativas para que os usos de água nos diversos setores obedeçam a um certo nível tecnológico (Schmitz; Bittencourt, 2015).

Outra questão importante relativa à produção econômica se refere aos montantes de água incorporados nos produtos. Essa incorporação ocorre nos processos produtivos, em que quantidades de água são utilizadas direta e indiretamente na produção de bens. Esses bens, por sua vez, podem ser destinados ao consumo em mercados regionais, nacionais ou internacional. No caso de exportações de bens, tem-se a ideia de exportação de água incorporada nos produtos, tal como ocorre com a exportação de frangos do Brasil para os países do oriente médio. Portanto, além das questões internas aos países, no que se refere aos usos de água para consumo direto e indireto, é importante saber as quantidades de água incorporada aos produtos exportados, bem como identificar os destinos e origens dos produtos (setor econômico e região) no comércio internacional. Essas informações permitem a execução de políticas públicas, especialmente aquelas que incentivam a localização da produção dentro do território brasileiro, considerando a disponibilidade de água (Kharrazi *et al.*, 2020).

A motivação desta abordagem de água incorporada em produtos é importante porque o recurso água utilizado indiretamente nos setores de bens intermediários ou na produção para o consumo das famílias devem ser considerados usos econômicos. Em outras palavras, existem relações econômicas entre regiões e países que envolvem água incorporada que é transferida em bens para consumo, seja final ou intermediário (para uso na produção de outros bens no exterior). Então, essas relações econômicas entre regiões são relevantes porque o consumo de produtos em um dado país pode causar pressão sobre a disponibilidade hídrica em outros países. Neste sentido, torna-se importante saber quais são os principais países, regiões e setores que demandam produtos brasileiros e que contêm quantidades importantes de água incorporada. Além disso, também é importante estimar qual seria a demanda futura de água dadas as exportações projetadas. O mesmo raciocínio vale para as importações a fim de estimar o balanço hídrico no comércio internacional (Chapagain; Hoekstra, 2008).

Com base neste cenário, este estudo objetivou estimar a quantidade de água incorporada nas exportações e importações do comércio internacional brasileiro, segundo a pegada hídrica dos setores da economia. Com isso, obteve-se um balanço hídrico desse tipo de comércio, bem como tornou possível verificar o comprometimento da disponibilidade hídrica brasileira com base nesse balanço e projetar expectativas futuras de quantidades de água.

Para uma estimativa mais precisa, os impactos regionais foram calculados por meio dos impactos diretos e indiretos das relações intersectoriais, com matrizes insumo-produto nacionais dos principais parceiros comerciais brasileiros. Esta metodologia de análise (insumo-produto) permite quantificar as relações intersectoriais e identificar os encadeamentos, demandas intermediárias por água (entre setores que produzem e ofertam insumos para a produção de produtos finais, por exemplo

a indústria química) e demandas com respeito ao produto final (carne bovina e alimentos industrializados, por exemplo).

Especificamente, esta pesquisa concentrou-se nos seguintes objetivos específicos: i) Levantamento bibliográfico sobre as temáticas centrais envolvidas; ii) Adaptação e compatibilização das matrizes de insumo-produto do Brasil e países/blocos econômicos selecionados (segundo parceiros mais importantes no comércio internacional); iii) Atualização dos valores de volumes das demandas setoriais por água; iv) Estimativa dos valores setoriais de exportação e importação do Brasil e parceiros comerciais para os anos 2017 a 2021; v) Estimativa dos montantes setoriais de água incorporada e destinada ao comércio internacional (exportação e importação), segundo o conceito de “Pegada Hídrica”; vi) estimativa do comprometimento da disponibilidade hídrica com respeito ao balanço hídrico de água incorporada no comércio internacional; vii) Estimativa de um cenário de previsão da demanda por água para as exportações e importações para o ano de 2025.

2 REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com os temas centrais de pesquisa (objeto de estudo e metodologia), a água virtual ou pegada hídrica estimada com o uso da metodologia de análise insumo-produto, esta seção trata dessas duas temáticas conjuntamente.

Para contextualizar, o conceito de água virtual ou pegada hídrica foi cunhado por Arjen Hoekstra (Hoekstra; Hung, 2002) e se consolidou como uma forma de medir a água contida nos produtos (Hoekstra *et al.*, 2009). As águas utilizadas na produção são: “Blue” (águas de rios, lagos e subsolo), “Green” (águas das chuvas) e “Grey” (quantidade de águas necessárias para diluir/neutralizar poluentes que são despejados nos corpos hídricos). As quantidades de água incorporadas em cada produto podem

ser agregadas em setores econômicos, o que torna possível a análise de economias como um todo, especialmente a partir de metodologias tais como análise de insumo-produto. A base de dados WIOD, além de matrizes insumo-produto, disponibiliza informações sobre os diferentes tipos de água, estimados segundo metodologia específica (Genty; Arto; Neuwhal, 2012; Timmer *et al.*, 2015). Nessa linha de pesquisa existe um grande número de estudos envolvendo o conceito de água virtual e matrizes de insumo-produto para estimar um grande escopo de objetos de estudo.

O estudo de Daniels, Lenzen e Kenway (2011) revisa o conhecimento de pegada hídrica e o papel das técnicas de insumo-produto. O texto apresenta uma visão geral dos métodos “bottom-up” predominantes, baseados em processos produtivos e seus pontos fortes e fracos. Também são discutidos os benefícios de combinar dados de pegadas hídricas baseadas em processos produtivos com informações contidas nas tabelas de insumo-produto. O tema central do texto é de que a análise multirregional ambiental de insumo-produto tem uma poderosa capacidade de revelar a geografia da água incorporada nos produtos e complementar as abordagens baseadas apenas em processos produtivos, expandindo sua cobertura da cadeia de suprimentos. A combinação de informações de processos produtivos e insumo-produto fornece informações valiosas para um conjunto diversificado de objetivos de planejamento hídrico e política de água. Além disso, o capítulo apresenta um esboço abrangente e sistemático de potenciais aplicações da técnica de insumo-produto.

Em um dos primeiros trabalhos publicados com essa temática, Novo, Garrido e Varela-Ortega (2009) avaliaram se o comércio internacional espanhol de grãos é consistente com a escassez de água na Espanha. Para tanto, o estudo estimou o volume e o valor econômico do fluxo de água virtual por meio do comércio internacional de grãos para o período

1997-2005, que inclui três anos com diferentes níveis de chuva. Os cálculos mostraram que a Espanha é um “importador” líquido virtual de água por meio do comércio internacional de grãos. No geral, o estudo demonstrou que o comércio de grãos é aparentemente consistente com a relativa escassez de água, uma vez que as importações líquidas aumentam em anos secos. O estudo concluiu que, do ponto de vista dos recursos hídricos, a análise da água virtual pode trazer “insights” importantes do comércio entre os países para melhorar a gestão da água e da terra globalmente, promovendo estratégias de adaptação às mudanças climáticas e à gestão de recursos transfronteiriços.

Em artigo publicado por Antonelli, Roson e Sartori (2012), argumenta-se que os métodos convencionais adotados para o cálculo de volumes de água virtual consideraram apenas o uso direto da água e não distinguem suficientemente as águas “Blue” e “Green”. Isso gera estimativas erradas de volumes de água virtual, limitando assim a utilidade do conceito de água virtual como uma ferramenta para balizar a política de águas. A pesquisa apresenta uma abordagem para computar volumes de água virtual que aplica a metodologia de insumo-produto para contabilizar o consumo direto e indireto de água e, simultaneamente, distinguir entre as diferentes tipologias de água. O estudo sustenta que a integração desses dois métodos pode fornecer uma estrutura mais robusta para quantificar os fluxos de água virtual e aumentar a relevância do conceito de água virtual como ferramenta para a política de gestão de recursos hídricos. Os resultados desses métodos de estimativa são apresentados no texto usando dados referentes a 11 economias (países) mediterrâneos e sete commodities agrícolas comercializadas internacionalmente.

Outro estudo, publicado por Zhang e Anadon (2014), quantificou a escala e a estrutura do comércio virtual de água e as pegadas hídricas baseadas no consumo de água das províncias na China com base em um modelo multirregional de insumo-produto. O comércio de água virtual incorporado

ao comércio doméstico significou cerca de duas vezes mais do que a água virtual incorporada às exportações internacionais da China. Os autores também concluíram que a pegada hídrica de quatro municípios, ou seja, Pequim, Tianjin, Xangai e Chongqing, depende fortemente do fluxo de água virtual de outras províncias. A China tem um padrão de comércio de água virtual líquido do norte para o sul que é aproximadamente o oposto da distribuição de seus recursos hídricos. Além disso, os autores comentam que medidas de melhoria da eficiência hídrica devem ser implementadas e a reformulação do nexo água-comércio pode ser uma ferramenta complementar significativa para lidar com os problemas locais de escassez de água.

De maneira geral, na pesquisa bibliográfica foi possível observar que a quantidade de estudos e pesquisas com essa temática revela-se extensa. Contudo, os estudos explicitados nesta seção fornecem uma noção da utilidade dos conceitos de água virtual sob a metodologia de análise insumo-produto.

3 BASES DE DADOS

Para atingir os objetivos propostos, a pesquisa necessitou utilizar várias bases de dados extensas, as quais são:

- i. Matrizes de insumo-produto inter-regionais WIOD (dados das trocas intersetoriais, valor bruto da produção e exportações em milhões de US\$ a preço básico) com 56 setores para 43 países (incluindo resto do mundo) dos anos 2009 e 2011 (Timmer *et al.*, 2012).
- ii. Matrizes de insumo-produto inter-regionais (dados das trocas intersetoriais, valor bruto da produção e exportações em milhões de US\$ a preço básico) com 40 setores para sete países sul-americanos e resto do mundo do ano 2005 (Ipea, 2005).

- iii. Matrizes com dados de pegada hídrica com 36 setores dos anos 2009 (dados em mil m³/ano) (Timmer *et al.*, 2012).
- iv. Quantidades produzidas no setor agropecuário para o ano de 2011 (dados para 161 produtos agrícolas; 39 produtos animais; e 139 países) (FAO, 2021).
- v. Coeficientes técnicos de demanda por água (blue, green e grey water) no setor agropecuário (dados para 161 produtos agrícolas; 39 produtos animais) (Mekonnen; Hoekstra, 2010a).
- vi. Valores das exportações e importações brasileiras por parceiro comercial dos anos 2011 e 2017 a 2021 (dados em US\$) (Comex Stat, 2022).
- vii. Expectativas de importação e exportação brasileiras para os anos de 2022 e 2023 (OCDE, 2022).
- viii. Disponibilidade hídrica brasileira de estiagem (ANA, 2022).

4 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos se dividem em duas etapas principais. A primeira delas é a tarefa de compatibilização e adequação das bases de dados para torná-las comparáveis entre setores e, quando se trata de dados monetários, transformá-los a preços de 2011. A segunda etapa se destina a estimar efetivamente as quantidades de “água virtual” para os anos de 2017 a 2021 e projeções para o ano de 2025, por meio de um modelo econômico-ecológico de insumo-produto.

4.1 COMPATIBILIZAÇÃO E ADEQUAÇÃO DAS BASES DE DADOS

Inicialmente foi necessário compatibilizar os setores das matrizes insumo-produto (WIOD e Sul-Americana)² e da matriz de dados de usos de água (água virtual). Essa agregação resultou em matrizes com 24 setores comparáveis entre si. Os setores são: Agropecuária, Silvicultura e Pesca; Extração Mineral; Alimentos, Bebidas e Tabaco; Produtos Têxteis e Calçados; Madeira e Produtos da Madeira e Cortiça; Celulose e Produtos de Papel; Coque, Petróleo Refinado e Combustível Nuclear; Produtos Químicos e Farmacêuticos; Borracha e Plásticos; Outros Minerais Não Metálicos; Metais Fabricados e Básicos; Fabricação de Produtos Óticos, Eletrônicos e Computadores; Fabricação de Equipamentos Elétricos; Produção de Máquinas e Equipamentos; Fabricação de Veículos Automotores; Fabricação de Outros Equipamentos de Transporte; Outras Manufaturas; Oferta de Gás, Água e Eletricidade; Construção; Comércio; Transporte; Serviços; Correios e Telecomunicações; e Serviços Financeiros e Seguros.

Após essa etapa, uma vez que a matriz WIOD não conta com os países do Mercosul (que se encontram agregados ao “resto do mundo”), exceto o Brasil, foi necessária a agregação de países (Argentina, Paraguai e Uruguai) da matriz inter-regional sul-americana para compor uma matriz dos países do Mercosul, excluído o Brasil. Então, o conteúdo da nova matriz sul-americana agregada é dado por Brasil, resto do Mercosul (Argentina, Paraguai e Uruguai) e “resto do mundo”. Os demais países sul-americanos foram agregados ao “resto do mundo” na matriz inter-regional sul-americana. Com isso, foi possível obter o “share” dos valores das transações intersetoriais, exportações e valor da produção entre a matriz “resto do Mercosul” e “resto do mundo” para 2005.

2 Isso porque as matrizes WIOD não apresentam dados para países sul-americanos, com exceção do Brasil.

Na compatibilização da Matriz do Mercosul do ano 2005 com a matriz inter-regional WIOD 2011, utilizou-se a matriz WIOD 2011 agregada em Brasil e “resto do mundo” (compatível com a matriz inter-regional Sul-Americana) e aplicou-se o “share” dos valores das transações inter-setoriais, do valor da produção e das exportações da matriz Mercosul 2005 para extrair da matriz WIOD 2011 “resto do mundo” uma proxy da matriz Mercosul para 2011. Tal estratégia considera que a participação dos países do Mercosul (exceto o Brasil) na matriz “resto do mundo” (excluído o Brasil) não se alterou entre 2005 e 2011.

Para finalizar a manipulação das matrizes insumo-produto, uma vez que a WIOD 2011 está disponível para uma série de países importantes no cenário econômico internacional, foram necessárias algumas agregações para obter as matrizes insumo-produto nacionais do seguinte grupo de parceiros comerciais brasileiros: Brasil; Resto do Mercosul; União Europeia; Resto do NAFTA; USA; Reino Unido; Rússia; China; Índia; Japão; Resto do Mundo; e Resto do Mundo Agregado (para as estimativas de água entre Brasil e o resto do mundo sem a desagregação por principais parceiros comerciais).

Com respeito às matrizes de volumes de água virtual (pegada hídrica), os volumes de água incorporada aos produtos da agropecuária de 2009 foram atualizados para 2011. Isso foi feito pela multiplicação das quantidades produzidas (por produto) pelos coeficientes técnicos de demanda por água. Os volumes de água virtual de 2009 dos demais setores foram projetados para 2011 de acordo com a taxa de crescimento do valor da produção setorial (matrizes insumo-produto WIOD de 2009 e 2011), com valores deflacionados por paridade de poder de compra. No caso do Mercosul, para as atividades industriais, foi estimada a quantidade de água virtual dos setores industriais, serviços e comércio, a partir do “share” do valor da produção setorial em relação à economia brasileira (proporção de água em cada setor dado o valor da produção).

Para possibilitar a estimativa dos volumes de água virtual para os anos de 2017 a 2021 (via matrizes de insumo-produto), foi necessário obter as importações e exportações setoriais brasileiras (segundo Sistema Harmonizado de Classificação de produtos de seis dígitos e agregar esses valores segundo setores das matrizes insumo-produto) para cada ano desse mesmo período de tempo e também do ano de 2011. Com esses dados, deflacionados por paridade de poder de compra para 2011, foi possível calcular a taxa de variação das exportações e importações setoriais e estimar os valores das exportações de 2017 a 2021 com base nas informações de exportações contidas na matrizes insumo-produto WIOD 2011 (ou seja, foram atualizados os valores de exportações das matrizes de insumo-produto pela variação obtida com os dados de exportação e importação brasileiros). Para os setores não industriais, as informações de exportações das matrizes insumo-produto foram atualizadas segundo variação do valor da produção entre 2011 e o referido ano no período 2017 a 2021 (por paridade de poder de compra).

Para as previsões de comércio internacional para o ano de 2025, foram utilizadas as expectativas de importação e exportação da OCDE para os anos 2022 e 2023 e projetadas linearmente em todos os setores para o ano de 2025. A taxa utilizada para as exportações foi de 1,5% e 0,5% para as importações, ambas para o período 2022 a 2025.

4.2 A METODOLOGIA DE INSUMO-PRODUTO: O MODELO ECONÔMICO-ECOLÓGICO

Pertencem a Wassily Leontief os estudos seminais referentes à organização, formalização e aperfeiçoamento das análises sobre as relações intersetoriais. Com a influência de François Quesnay, Leontief apresentou as matrizes para a economia americana (1919 e 1929). A ideia principal de Quesnay (organização dos fluxos entre atividades econômicas, em tabelas de contabilidade) foi adotada por Leontief, que também

incorporou o desenvolvimento metodológico de Walras (demonstrar o comportamento da economia através da simplificação do modelo de equilíbrio geral considerando apenas um produto por setor econômico e equações de produção lineares) (Haddad *et al.*, 1989).

O trabalho de Leontief, chamado de análise de insumo-produto, calibrou um modelo para análise das relações produtivas na economia e esse se difundiu, bem como foi aperfeiçoado, desde sua apresentação em 1936. O modelo de Leontief é baseado nos fluxos entre as diversas atividades econômicas. A base de dados descreve as relações das atividades entre si e com a demanda final (investimentos ou formação bruta de capital fixo (I), exportações (X), variação de estoques (VE), consumo do governo (CG) e consumo pessoal das famílias (CP)), a conta de renda e as importações (Feijó; Ramos, 2003). Os fluxos são observados através da Tabela de Transações construída a partir das seguintes identidades econômicas:

- 1) Produção \equiv consumo intermediário + valor adicionado;
- 2) Produção \equiv consumo intermediário + consumo final – importações ou, se disponível o consumo de origem nacional (como é o caso brasileiro), pode-se reescrever:
Produção \equiv consumo intermediário + consumo de produtos nacionais final;
- 3) Valor adicionado \equiv soma das rendas primárias.

A identidade um apresenta, pela ótica dos custos, as parcelas da produção das atividades econômicas. A identidade dois apresenta a produção pela ótica de seus destinos. A representação dessas identidades é feita em uma tabela dividida em três quadrantes, complementados por colunas e linhas totalizadoras e uma linha para as importações. Nos quadrantes I e III é apresentada a identidade um; nos quadrantes I e II, a identidade dois; no quadrante III, a identidade três, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Exemplo de Tabela de Transações

Atividades	A1	A2	Aj	An.	I	X	VE	CG	CF	f	Produção Total (g)
Agropecuária (A1)	Quadrante I (g_{ij})				Quadrante II					f_i	g_j
Extrativa Mineral (A2)											
Transformação (A3)											
SIUP (A4)											
Construção (A5)											
Serviços (A6)											
Importações	m_j										
Valor adicionado (y')	Quadrante III										
Salários											
Impostos e Subsídios											
Excedente Operacional Líquido											
Produção Total (g')	g_j										

FONTE: adaptado de Feijó e Ramos (2003).

O quadrante I expõe o fluxo monetário entre os setores (consumo intermediário). Cada célula apresenta o valor produzido pelo setor da linha e consumido pelo setor da coluna. Ao se representar esse quadrante por uma matriz G , tem-se: g_{ij} = valor da produção da atividade i consumido na atividade j ; g_j = valor total da produção da atividade j . i, j = setores.

O quadrante II apresenta o valor da produção de cada setor destinado à demanda final (nas cinco categorias básicas: investimentos, exportações, variação de estoques, consumo do governo e consumo final). A demanda final total é representada pelo vetor f : f_i = valor da produção do setor i destinado à demanda final.

O quadrante III expõe o valor das importações por setor (m') e o valor adicionado de cada setor (y') detalhado em categorias (p. ex.: salários, contribuições sociais, impostos sobre a produção e excedente operacional bruto).

O modelo de análise insumo-produto foi desenvolvido assumindo uma relação constante entre os insumos consumidos pelos setores e sua produção total (proporções fixas). O modelo insumo-produto é extensamente reproduzido em muitos estudos para diversas aplicações/objetivos de pesquisa, mas pode ser entendido como segue transcrito adiante resumidamente (Miller; Blair, 2009).

O modelo é representado na forma matricial por³:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Z}\mathbf{i} + \mathbf{f} \quad (1)$$

Em que (\mathbf{x}) é um vetor do valor total da produção (dos setores existentes); (\mathbf{Z}) é a matriz de trocas intersetoriais de consumo intermediário; (\mathbf{i}) é um vetor coluna de valores igual a “um”; e (\mathbf{f}) é um vetor da demanda final.

Essa relação é orientada por coeficientes técnicos de produção. Esses coeficientes representam como o setor (\mathbf{i}) vende seus produtos para outros setores (\mathbf{j}), dentro da matriz (\mathbf{Z}), e para demanda final (\mathbf{f}). Portanto, um coeficiente de produção é calculado por:

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{X_j} \quad (2)$$

Em que = coeficiente técnico direto (taxa entre o valor (\$) gasto no (i-ésimo) setor em termos de insumo, e o valor (\$) do produto total do setor (\mathbf{j}); para exemplificar, e são, respectivamente, o valor do setor agrícola (\mathbf{i}) comprado pelo setor de produção de alimentos (\mathbf{j}) em qualquer ano; e a produção total de alimentos no mesmo ano. Na notação matricial generalizada tem-se:

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{X}}^{-1} \quad (3)$$

3 Todas as expressões matemáticas contidas no restante desta seção e a exposição lógica do modelo insumo-produto seguem o exposto em Miller e Blair (2009), com algumas adaptações em termos de simbologia de variáveis.

Em que **(A)** é a matriz de coeficientes técnicos diretos; é um vetor do valor da produção total (para consumo intermediário e final) disposto em uma matriz cuja diagonal principal contém os valores de **x**. Dessa definição tem-se:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{f} \quad (4)$$

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A}) \mathbf{x} = \mathbf{f} \quad (5)$$

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{f} \quad (6)$$

A matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ é chamada de matriz de Leontief ou, dito de outra forma, a matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos. Nas colunas da matriz de coeficientes técnicos (**A**) estão os insumos necessários para produzir uma unidade monetária de produto e a matriz $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ reflete os encadeamentos ao longo dos setores econômicos.

Dessa formulação básica do modelo de insumo-produto torna-se possível a identificação dos encadeamentos (regional, inter-regional e setorial) e montantes de água setoriais incorporados nas exportações, bem como nas importações. Mas, para isso, o modelo deve incorporar as características de um modelo de insumo-produto econômico-ecológico. Para ilustrar, um esquema sintético desse modelo é apresentado no Quadro 2:

Quadro 2 – Exemplo de fluxo de produtos econômicos-ecológicos

		Transações interindustriais			Demanda Final	Produto Total	Produtos Ecológicos
		Setores Consumidores					Água incorporada
		Agricultura	Mineração	Indústria			
Setores Produtores		Z			f	x	p
	Agricultura						
	Mineração						
	Indústria						
Insumos Ecológicos		M					
	Água Virtual						

FONTE: adaptado de Miller e Blair (2009).

Nesse modelo, o ponto de partida é o modelo básico de insumo-produto, em que são desagregadas as trocas inter-regionais (consumo intermediário e demanda final) e é acoplada uma matriz de montantes de água utilizadas nos setores econômicos. Em um modelo de insumo-produto econômico-ecológico, além dos coeficientes técnicos tradicionais apresentados, existem coeficientes técnicos de outra matriz (**H**), em complemento à matriz **Z**.

Para o caso da água virtual, esses coeficientes são encontrados pela matriz de requerimentos setoriais de água (matriz **M**). Dessa matriz é necessário estimar uma outra matriz, que representa a proporção da água virtual em relação ao vetor de valor total da produção (que se pode chamar de matriz **K**, por exemplo). A multiplicação das matrizes **K** e $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ resulta em uma matriz de coeficientes diretos e indiretos de água incorporada (matriz **H**, por exemplo). Esta matriz **H** é multiplicada por qualquer vetor monetário de exportações (\hat{e}), em que o resultado é o montante de água incorporado, que se pode chamar de vetor \hat{p} . Esse vetor apresenta o montante de água exportada/importada por setor e região (países/blocos econômicos).

Em termos matriciais tem-se:

$$K = M\hat{x}^{-1} \quad (7)$$

$$H = K(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (8)$$

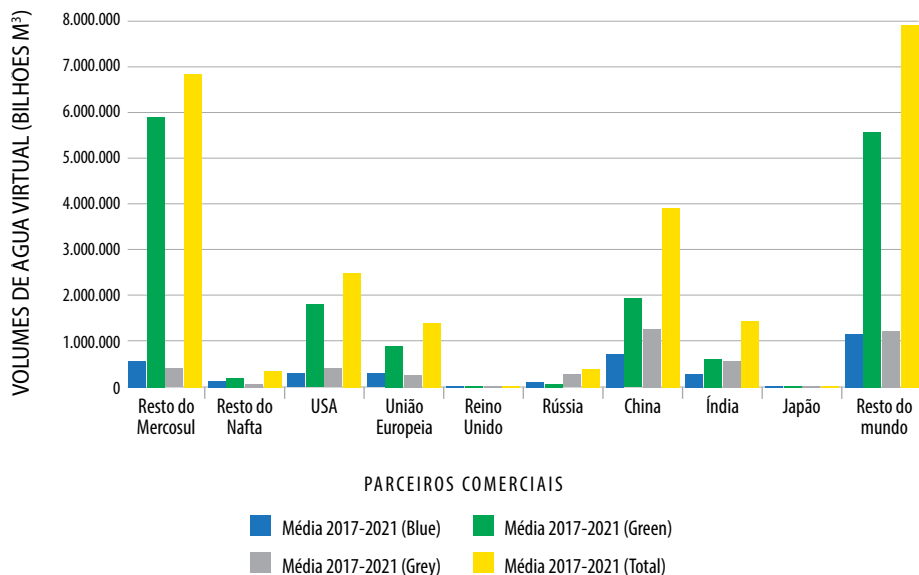
$$\hat{p} = H\hat{e} \quad (9)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As estimativas revelaram que o Brasil, considerando os principais parceiros comerciais, importa maiores volumes de água virtual (água incorporada aos produtos) do Mercosul, especialmente no setor “Agropecuário, Silvicultura e Pesca” pelas importações de trigo e arroz (produtos

intensivos no uso de água). O Gráfico 1 demonstra que o Brasil importa do Mercosul aproximadamente 7 bilhões de m³ por ano (média 2017-2021) de água virtual. O principal tipo de água virtual importada é “Green”, que é utilizada nos cultivos agrícolas. Nesse setor, segundo balanço hídrico (exportações – importações) entre Brasil e Mercosul, o Brasil importa maiores quantidades de água, aproximadamente 4 bilhões de m³ de água virtual. Esse é o único caso em que o Brasil é maior importador do que exportador de água.

Gráfico 1 – Volumes de água virtual (em bilhões m³) – Blue, Green, Grey – importados pelo Brasil, segundo parceiros comerciais, média dos anos 2017 a 2021



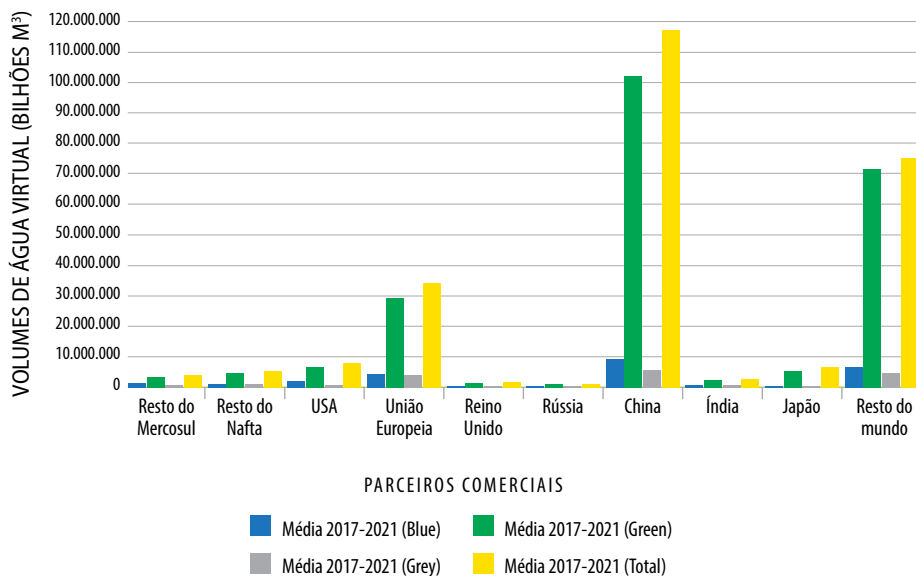
FONTE: dados da pesquisa (2022).

O segundo maior parceiro comercial de água virtual é a China, também com maiores volumes importados no setor “Agropecuário, Silvicultura e Pesca”, especialmente com a importação de alho, peixes, especiarias e subprodutos animais. Outros parceiros importantes na importação de água virtual são os EUA, seguidos de União Europeia e Índia.

A transação total de importação de água virtual do Brasil com outros parceiros comerciais (resto do mundo) também é significativa. O volume total supera os 8 bilhões de m³ por ano (média 2017-2021). Isso revela que em termos de água virtual, os pequenos parceiros comerciais somados entre si têm grande importância.

Em matéria de exportação de água virtual, conforme pode ser observado no Gráfico 2, o principal parceiro comercial brasileiro é a China, especialmente com a exportação de produtos do setor “Agropecuário, Silvicultura e Pesca”, no qual se destacam as exportações de grãos e carnes. Isso pode ser observado pela grande quantidade de água virtual “Green” envolvida nesse comércio. O volume total de água virtual exportada para a China supera 117 bilhões de m³ por ano (média 2017-2021).

Gráfico 2 – Volumes de água virtual (em bilhões m³) – Blue, Green, Grey – exportados pelo Brasil, segundo parceiros comerciais, média dos anos 2017 a 2021

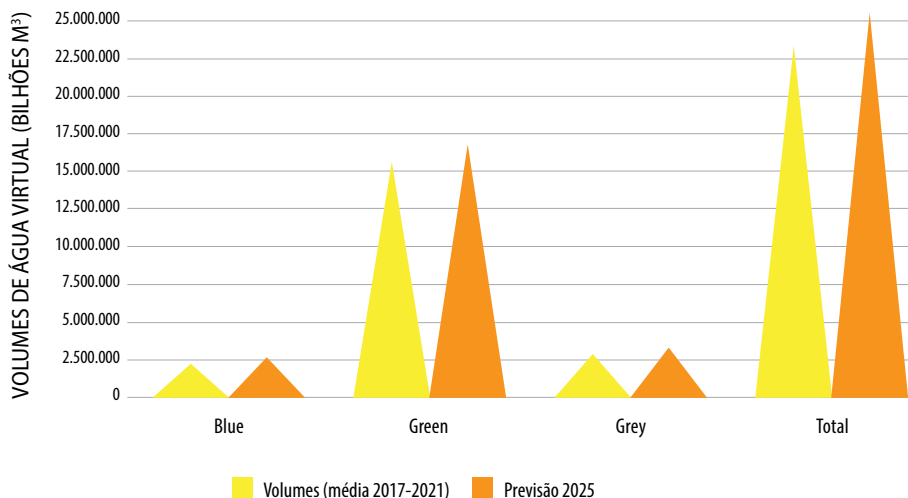


FONTE: dados da pesquisa (2022).

A União Europeia também é um parceiro comercial importante quando se trata de exportação de água virtual, e novamente o setor “Agropecuário, Silvicultura e Pesca” é aquele que contém maior volume de água incorporada aos produtos. O “Resto do Mundo” é o terceiro importador de água virtual do Brasil, o que ressalta a importância dos pequenos parceiros comerciais em conjunto, também a partir do mesmo setor primário.

Quando agregados todos os parceiros comerciais (Brasil X Resto do Mundo, no Gráfico 3), o volume de água virtual importado é de 25,3 bilhões de m³ por ano. Entre os tipos de águas fica evidente a participação da água virtual “Green”. Já o valor previsto para o ano de 2025 ultrapassa os 27,1 bilhões de m³ por ano. Neste sentido, um aumento de 0,5% no valor das importações provocou uma expectativa de aumento do volume de água incorporada nas importações da ordem de 7,3%.

Gráfico 3 – Volumes de água virtual (em bilhões m³) – Blue, Green, Grey – importados pelo Brasil do Resto do Mundo Agregado, média dos anos 2017 a 2021 e previsão para 2025

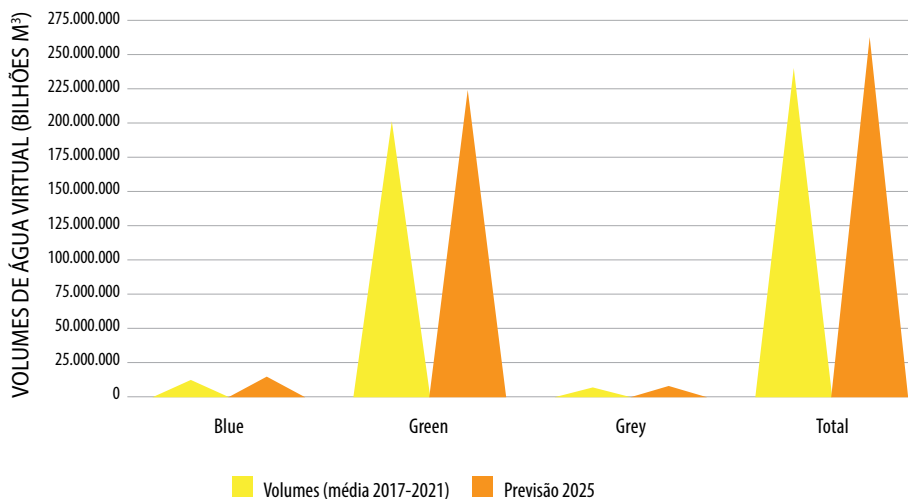


FONTE: dados da Pesquisa (2022).

Pode-se perceber ainda que o volume de água “Grey” é superior ao volume de água “Blue”. Portanto, entre os produtores externos e que exportam produtos para o Brasil, utiliza-se mais água para neutralizar poluentes do que água “Blue”, que é insumo direto na produção. Esse tipo de cenário condiz com a pauta de importações do Brasil, que importa grandes quantidades de bens industrializados e bens de capital (máquinas e equipamentos), os quais geram uma quantidade significativa de poluentes para serem produzidos.

No que diz respeito a água virtual exportada para o “Resto do Mundo Agregado” (Gráfico 4), o volume supera os 253 bilhões de m³ por ano, portanto muito superior ao valor importado (aproximadamente 10 vezes). Como resultado da estrutura da pauta de exportações brasileira, a água “Green” é o principal tipo de água exportada. Ressalta-se também que a volume de água “Grey” é inferior ao volume de água “Blue”, uma característica da produção do setor “Agropecuária, Silvicultura e Pesca”.

Gráfico 4 – Volumes de água virtual (em bilhões m³) – Blue, Green, Grey – exportados pelo Brasil do Resto do Mundo Agregado, média dos anos 2017 a 2021 e previsão para 2025



FONTE: dados da pesquisa (2022).

As projeções para 2025 revelam que 1,5% de crescimento no valor das exportações gera 9,2% a mais de água incorporada aos produtos. Essa porcentagem é ainda maior com respeito à água “Blue”, com o percentual de 9,8%.

Ao se analisarem os principais setores importadores de água virtual (Tabela 1) nota-se que o setor “Agropecuária, Silvicultura e Pesca” é responsável por mais de 18 bilhões de m³ de água por ano, o maior setor importador de água incorporada, com aproximadamente 83% do total de água importada.

Tabela 1 – Volume médio de água virtual (em milhões de m³) – *Blue, Green, Grey* – importados pelo Brasil do Resto do Mundo Agregado, segundo principais setores econômicos, média dos anos 2017 a 2021

Setores	Água Virtual – Volume Médio 2017 a 2021			
	Blue	Green	Grey	Total
Agropecuária, Silvicultura e Pesca	2.034	17.250	1.941	18.046
Alimentos, Bebidas e Tabaco	10	0	98	92
Produtos Têxteis e Calçados	6	0	71	66
Celulose e Produtos de Papel	18	0	204	189
Produtos Químicos e Farmacêuticos	141	0	1.518	1.412
Outros Minerais Não Metálicos	4	0	50	46
Metais Fabricados e Básicos	51	0	608	560
Oferta de Gás, Água e Eletricidade	1.289	0	2	1.325
Total	3.557	17.250	4.492	21.738

FONTE: dados da pesquisa (2022).

Outros setores importantes são “Produtos Químicos e Farmacêuticos” e “Oferta de Gás, Água e Eletricidade”, respectivamente. Este último setor tem fortes efeitos de encadeamento com os demais setores da economia, o que justifica o elevado volume de água incorporada. Ou seja,

trata-se de água que sai desse setor e é incorporada aos produtos por outros setores econômicos.

Quando são analisados os volumes setoriais de água virtual exportados pelo Brasil (Tabela 2), identifica-se o setor “Agropecuária, Silvicultura e Pesca” como o principal setor exportador de água incorporada aos produtos. O percentual é de aproximadamente 98% de toda água exportada. Isso se justifica pela pauta de exportações ligada principalmente aos produtos do agronegócio. Outro setor importante, a exemplo do verificado nas importações, é o setor de “Oferta de Gás, Água e Eletricidade”, que fornece água para os demais setores produtivos, porém muito menos expressivo em termos de percentuais, apenas 2%.

Tabela 2 – Volume médio de água virtual (em milhões de m³) – *Blue, Green, Grey* – exportados pelo Brasil para o Resto do Mundo Agregado, segundo principais setores econômicos, média dos anos 2017 a 2021

Setores	Água Virtual – Volume Médio 2017 a 2021			
	Blue	Green	Grey	Total
Agropecuária, Silvicultura e Pesca	19.406	216.556	11.851	247.814
Alimentos, Bebidas e Tabaco	11	0	161	172
Produtos Têxteis e Calçados	2	0	36	39
Celulose e Produtos de Papel	11	0	161	173
Produtos Químicos e Farmacêuticos	16	0	226	242
Outros Minerais Não Metálicos	3	0	45	49
Metais Fabricados e Básicos	28	0	394	422
Oferta de Gás, Água e Eletricidade	4.780	0	0	4.780
Total	24.259	216.556	12.878	253.693

FONTE: dados da pesquisa (2022).

Em uma comparação setorial entre exportações e importações (Tabelas 1 e 2) pode-se verificar a maior importância do setor “Agropecuária, Silvicultura e Pesca” para as exportações brasileiras do

que para as importações. Isto apesar das exportações agropecuárias importantes em relação aos países do Mercosul.

O balanço de água virtual (Tabela 3: exportações – importações) do Brasil em relação a todos os parceiros comerciais agregados revela que o Brasil envia mais água virtual do que recebe. No total, o volume é maior que 228 bilhões de m³ de água virtual (média 2017-2021).

Tabela 3 – Balanço de água virtual (exportações – importações) do volume médio (2017-2021) e previsão para 2025 (em milhões de m³) – *Blue, Green, Grey* – no comércio internacional do Brasil com o Resto do Mundo Agregado, taxa de crescimento da previsão em relação ao volume médio, comprometimento da disponibilidade hídrica do Brasil com o saldo hídrico

Indicadores/Tipos de Água Virtual	Blue	Green	Grey	Total
Volumes (média 2017-2021)	20.702	199.305	8.385	228.392
Previsão 2025	22.708	218.280	8.995	249.985
Crescimento da Previsão 2025 (%)	9,69	9,52	7,28	9,45
Comprometimento Disponibilidade Hídrica Anual (%) – média 2017-2021	1,0	10,0	0,4	11,5
Comprometimento Disponibilidade Hídrica 2025 Anual (%)	1,1	11,0	0,5	12,6

FONTE: dados da pesquisa (2022).

OBS.: a disponibilidade hídrica considerada foi 63.000 m³/s (de estiagem).

Isso se deve principalmente à exportação de água virtual “Green” incorporada aos produtos agropecuários. A previsão para 2025 aumenta esse volume total em aproximadamente 21 bilhões de m³ de água. Dito de outra forma, essa previsão de crescimento eleva a quantidade de água incorporada em um percentual próximo de 9%.

O comprometimento da disponibilidade hídrica brasileira considerando as estimativas de água incorporada aos produtos e o balanço hídrico (ou seja, valor líquido entre exportações e importações) é de 1% das águas superficiais e subterrâneas. Esse percentual pode parecer insignificante

em termos numéricos, mas revela uma preocupação importante quando se analisam os volumes de água “Green” exportados, pois essa água, se não fosse exportada, poderia contribuir para os mananciais e aumentar a disponibilidade hídrica no Brasil. Em outras palavras, pode-se considerar que a água “Green” exportada poderia aumentar a disponibilidade hídrica interna em aproximadamente 10%. Outra preocupação é que um crescimento das exportações conservador, conforme projeção para 2025, pode aumentar em 1% o comprometimento da disponibilidade hídrica em geral (todos os tipos de águas).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo se dedicou a quantificar a pegada hídrica (água virtual) no comércio internacional brasileiro segundo seus principais parceiros comerciais e para o agregado de parceiros comerciais. A metodologia utilizada foi a análise de insumo-produto como um modelo econômico-ecológico.

Os resultados revelaram que os principais parceiros comerciais dos quais o Brasil importa maiores volumes de água virtual são, em ordem decrescente, o “Resto do Mercosul” e a “China”. Por outro lado, os parceiros aos quais o Brasil envia maiores volumes de água virtual são, em ordem decrescente, a “China” e a “União Europeia”. Os maiores volumes de água virtual exportados são do tipo “Green”, incorporados aos produtos agropecuários.

O Brasil é maior exportador de água virtual do que importador, devido principalmente à água incorporada nas exportações do setor “Agropecuária, Silvicultura e Pesca”. O único setor e parceiro comercial em que o Brasil é maior importador de água é “Agropecuária, Silvicultura e Pesca” do “Resto do Mercosul”. Isso se deve principalmente às importações de produtos agrícolas tais como trigo e arroz. No balanço hídrico, o Brasil é

exportador líquido de água virtual de aproximadamente 228 bilhões de m³ de água virtual, especialmente água do tipo “Green”.

As previsões para o ano de 2025 revelam um aumento de aproximadamente 9% no volume de água (balanço hídrico) no comércio internacional brasileiro, principalmente com as elevações no volume de água “Green” exportados. O comprometimento da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea com o saldo hídrico no comércio internacional é de aproximadamente 1%. Contudo, a água “Green” exportada poderia contribuir para melhorar a disponibilidade hídrica brasileira em aproximadamente 10%.

Neste sentido, em termos de desigualdade social com respeito ao acesso à água, o Brasil, ao exportar maiores volumes de água do que importar, contribui para o suprimento das necessidades de água de outros países e regiões e avança sobre sua própria disponibilidade hídrica. No futuro, essa estratégia pode comprometer o acesso doméstico ao recurso água. Outra questão importante é que no Brasil não se cobra pelo uso da água na agricultura, a não ser em condições e regiões específicas de agricultura irrigada e outros casos especiais. Isso fornece uma competitividade artificial dos produtos agrícolas brasileiros perante outros países que cobram por esse uso. Portanto, trata-se de transferir renda indiretamente para os produtores agrícolas brasileiros que são exportadores, enquanto muitas famílias brasileiras não possuem acesso a água em suas residências.

As principais dificuldades encontradas neste estudo, que também são oportunidades de pesquisa, se referem principalmente à desagregação setorial das matrizes de insumo-produto. Com setores mais desagregados seria possível quantificar os volumes de água para atividades/setores isolados e maiores consuntivos de águas, como por exemplo, a desagregação de agricultura, pecuária, silvicultura e pesca; bem como a desagregação do setor de oferta de gás, energia e água.

Outra oportunidade de pesquisa é estender este estudo para a origem das exportações brasileiras, nos municípios, e compatibilizar de alguma forma as exportações com as bacias hidrográficas. Isso poderia fornecer informações importantes quanto ao comprometimento da disponibilidade hídrica com as exportações, considerando a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas. Ou seja, o panorama dos usos dos recursos hídricos empregados nas exportações poderia revelar gargalos hídricos em bacias, as quais são exportadoras de produtos intensivos no recurso água. Neste sentido, poder-se-ia implementar políticas públicas de incentivo à realocação dessas atividades para localidades ou bacias hidrográficas onde a disponibilidade hídrica não se encontra sob escassez.

Ainda em termos de novas pesquisas, é possível empregar outras metodologias para quantificar as quantidades de águas incorporadas aos produtos e exportadas e/ou importadas. Neste sentido, alguns métodos de inteligência artificial e aprendizado de máquina são úteis, especialmente as redes neurais artificiais espaciais e não espaciais, máquinas de vetores de suporte, entre outras.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Relatório de conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021**: diagnóstico e prognóstico do novo PNRH. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/>. Acesso em: 2 jul. 2022.

ANTONELLI, M.; ROSON, R.; SARTORI, M. Systemic input-output computation of green and blue virtual water “flows” with an illustration for the Mediterranean region. **Water Resource Management**, [s.l.], v. 26, n. 14, p. 4133- 4146, 2012.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Edufba, 2002.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. **Water International**, [s.l.], v. 33, n. 1, p. 19-32, 2008.

COMEX STAT. **Exportação e importação geral**. 2022. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 1 jul. 2022.

- DANIELS, P. L.; LENZEN, M.; KENWAY, S. J. The ins and outs of water use – a review of multi-region input-output analysis and water footprints for regional sustainability analysis and policy. **Economic Systems Research**, [s.l.], v. 23, n. 4, p. 353-370, 2011.
- FEIJÓ, C. A.; RAMOS, R. L. O. (org.) **Contabilidade social**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **Data**: Crops and livestock products. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- GENTY, A.; ARTO, I.; NEUWHAL, F. **Final database of environmental satellite accounts**: technical report on their compilation, WIOD Deliverable 4.6. [S.l.:s.n.], 2012. p. 1-69.
- HADDAD, P. R.; FERREIRA, C. M. de C.; BOISIER, S.; ANDRADE, T. A. **Economia Regional**: Teorias e métodos de análise. Fortaleza: BNB-ETENE, 1989.
- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **Water footprint manual**: the state of art 2009. The Netherlands/Enschede: Water Footprint Network, 2009.
- HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. **Value of Water Research Report Series**, [s.l.], v. 49, n. 11, p. 203-209, 2002.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Matriz Insumo-Produto Sul-Americana**. 2005. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=32421&Itemid=343#:~:text=A%20Matriz%20Sul%20Americana%20%C3%A9,voltados%20%C3%A0%20integra%C3%A7%C3%A3o%20da%20regi%C3%A3o. Acesso em: 2 jun. 2022.
- KHARRAZI, A.; YU, Y.; JACOB, A.; VORA, N.; FATH, B. D. Redundancy, diversity, and modularity in network resilience: applications for international trade and implications for public policy. **Current Research in Environmental Sustainability**, [s.l.], v. 2, p. 100006, 2020.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption. **Value of Water Research Report Series**, [s.l.], v. 1, n. 50, 2011.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Value of Water Research Report Series**, [s.l.], n. 47, 2010a.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. **Value of Water Research Report Series**, [s.l.], n. 48, 2010b.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis**: foundations and extensions. 2. ed. New York: Cambridge U. Press, 2009.
- NOVO, P.; GARRIDO, A.; VARELA-ORTEGA, C. Are virtual water “flows” in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity? **Ecological Economics**, [s.l.], v. 68, n. 5, p. 1454-1464, 2009.
- ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE. **Trade in goods and services forecast**. 2022. Disponível em: <https://data.oecd.org/trade/trade-in-goods-and-services-forecast.htm#indicator-chart>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- POUYA, S.; TÜRKOĞLU, H. Integrated watershed management approach in contribution to sustainable development. In: ŞATIR, S. **Academic Studies in Architecture, Planning and Design-II**. Ankara: Gece Kitaplığı, 2020. p. 61-85.

RICHTER, B. D.; MATHEWS, R.; HARRISON, D. L.; WIGINGTON, R. Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. **Ecological Applications**, [s.l.], v. 13, n. 1, p. 206-224, 2003.

SCHMITZ, A. P. **Economia regional**: ensaios aplicados em economia dos recursos hídricos. 2014. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SCHMITZ, A. P.; BITTENCOURT, M. V. L. Inferência da disponibilidade hídrica para o planejamento das atividades eco-nômicas. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS E URBANOS, 13., 2015, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: ABER, 2015.

TIMMER, M. *et al.* The world input-output database (WIOD): contents, sources and methods. **Institute for International and Development Economics**, 2012.

TIMMER, M. P.; DIETZENBACHER, E.; LOS, R. S. B.; VRIES, G. J. de. An illustrated user guide to the world input-output database: the case of global automotive production. **Review of International Economics**, [s.l.], v. 23, p. 575-605, 2015.

ZHANG, C.; ANADON, L. D. A multi-regional input-output analysis of domestic virtual water trade and provincial water footprint in China. **Ecological Economics**, [s.l.], v. 100, p. 159-172, 2014.