

O PAPEL DO BRASIL NO COMÉRCIO INTERNACIONAL DE ÁGUA VIRTUAL: UMA ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO¹

Ana Claudia Bergmann²

Carlos Alberto Gonçalves Junior³

Ricardo Luis Lopes⁴

Este artigo tem como objetivo analisar o papel do Brasil no comércio internacional de água virtual a fim de verificar se o país é exportador ou importador líquido desse recurso. Além disso, buscou-se identificar o montante de valor adicionado doméstico gerado no comércio internacional em comparação à quantidade de água virtual. Para isso, adaptou-se o método proposto por Los, Timmer e de Vries (2016) e Haddad, Mengoub e Vale (2018), com a utilização das matrizes de insumo-produto mundiais e as contas ambientais de 1995 a 2009 da World Input-Output Database (WIOD). Os resultados mostraram um saldo negativo no balanço de água virtual do Brasil e um baixo valor adicionado doméstico obtido pela exportação desse recurso tão importante. Essas informações podem auxiliar a condução de políticas no sentido de planejar de forma racional a utilização do recurso hídrico no país.

Palavras-chave: pegada hídrica; água virtual; extração hipotética.

THE ROLE OF BRAZIL IN THE INTERNATIONAL TRADE OF VIRTUAL WATER: AN INPUT-OUTPUT ANALYSIS

This paper aimed to analyze the role of Brazil in the international trade of Virtual Water in order to verify whether the country is a net exporter or importer of this resource. In addition, we sought to identify the amount of domestic value added in international trade, compared to the amount of Virtual Water. For this, the method proposed by Los, Timmer and de Vries (2016) and Haddad, Mengoub and Vale (2018) was adapted, using the world input-output matrices and environmental accounts from WIOD for the period between 1995 to 2009. The results showed a deficit in the Brazilian Virtual Water balance, and the low domestic value added obtained by exporting this important resource. This information can help conduct policies in order to rationally plan the use of water resources in the country.

Keywords: water footprint; virtual water; hypothetical extraction.

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ppp61art8>

2. Doutorando na University of Ottawa. *E-mail*: <anacbergmann@gmail.com>. Orcid: <<https://orcid.org/0000-0002-7821-9155>>.

3. Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). *E-mail*: <carlosalbertojr@hotmail.com>. Orcid: <<https://orcid.org/0000-0002-6787-6117>>.

4. Professor no Programa de Pós-Graduação em Teoria Econômica da Universidade Estadual de Maringá (UEM). *E-mail*: <rllopes@uem.br>. Orcid: <<https://orcid.org/0000-0002-2089-772X>>.

EL PAPEL DE BRASIL EN EL COMERCIO INTERNACIONAL DE AGUA VIRTUAL: UN ANÁLISIS INSUMO-PRODUCTO

Este artículo tiene como objetivo analizar el papel de Brasil en el comercio internacional de Agua Virtual para verificar si el país es exportador o importador neto de este recurso. Además, se buscó identificar la cantidad de Valor Agregado Nacional generado en el comercio internacional, frente a la cantidad de Agua Virtual. Para ello, se utilizó el método propuesto por Los, Timmer y de Vries (2016) y Haddad, Mengoub y Vale (2018), utilizando matrices de insumo-producto globales y las cuentas ambientales de WIOD de 1995 a 2009. Los resultados mostraron un saldo negativo en el balance hídrico virtual de Brasil y el bajo valor agregado interno que se obtiene con la exportación de este recurso tan importante. Esta información puede ayudar a orientar políticas para planificar racionalmente el uso de los recursos hídricos en el país.

Palabras clave: huella hídrica; agua virtual; extracción hipotética.

JEL: C67; D57; R15; Q25; Q56.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à manutenção da vida humana e com um papel determinante como insumo para atividades industriais e produção de energia (Picoli, 2016). De acordo com United Nations (UN, 2018), o crescimento populacional em torno de 1,22%⁵ ao ano desde o ano 2000, com o desenvolvimento econômico, e o produto interno bruto mundial crescendo em média 2,9%⁶ ao ano desde o ano 2000, aliado às mudanças no padrão de consumo da população, exercem pressão sobre a demanda por recursos hídricos em todo o mundo. Segundo o relatório da UN (2018), a demanda mundial por água cresceu nos últimos anos a uma taxa de 1% ao ano.

Ao mesmo tempo, as mudanças climáticas e a poluição dos corpos hídricos vêm provocando impactos na disponibilidade de água. Nesse ritmo, a tendência é que mais pessoas sejam afetadas pela escassez hídrica no mundo. Atualmente, de acordo com UN (2018), aproximadamente 3,6 bilhões de pessoas vivem em regiões com escassez de água pelo menos um mês por ano.

Grande parte da água consumida está relacionada à produção de bens e serviços, o que levou ao desenvolvimento de alguns conceitos e índices para melhor entender a relação entre a utilização da água e o processo produtivo. Nesse contexto, os conceitos de pegada hídrica e água virtual são de suma importância.

A pegada hídrica nacional define a quantidade de água doce consumida e poluída pelos habitantes de um país, com base na produção doméstica e nos produtos importados. Já a água virtual está relacionada ao comércio internacional e à quantidade de água embutida em produtos de exportação e importação entre as nações (Hoekstra e Hung, 2002; Hoekstra, 2002).

5. Dados do Banco Mundial.

6. Dados do Banco Mundial.

Yang *et al.* (2006) afirmam que o aumento no fluxo de água virtual entre os países pode ser uma solução para combater a escassez de água regional. No entanto, é essencial que os países tenham informações para identificar sua posição no comércio mundial de água virtual, no intuito de definir estratégias de comércio que racionalizem o consumo de água, de forma a torná-lo sustentável.

De acordo com Pimentel *et al.* (2004), a produção de alimentos é intensiva em recursos hídricos. A agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo da água doce em todo o mundo. Por exemplo, aproximadamente 100 L de água são necessários para produzir 1 kg de cereal e 43 mil litros para produzir 1 kg de carne bovina.

Considerando que o Brasil é o segundo maior exportador agrícola do mundo e o maior fornecedor de alimentos (OCDE e FAO, 2015), e dada a importância da água para a produção desses, entender a interdependência hídrica entre o Brasil e os demais países por meio do comércio internacional torna-se essencial, principalmente para a elaboração de políticas que corroborem para a utilização sustentável da água no país.

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo estudar o papel do Brasil no comércio internacional de água virtual a fim de verificar se o país é exportador ou importador líquido desse recurso. Além disso, busca-se identificar o montante de valor adicionado doméstico gerado no comércio internacional em comparação à quantidade de água virtual. Para isso, adaptou-se o método proposto por Los, Timmer e Vries (2016) e Haddad, Mengoub e Vale (2018), com a utilização das matrizes de insumo-produto mundiais e das contas ambientais de 1995 a 2009⁷ da WIOD (Genty, Arto e Neuwahl, 2012).

Além dessa introdução, o artigo está dividido em quatro seções. Na segunda seção, são apresentados alguns conceitos necessários para entender as formas de mensuração da utilização da água no processo produtivo. Na terceira seção, é abordada a metodologia empregada para a obtenção dos resultados, bem como a base de dados utilizada. Os resultados são apresentados na quarta seção, e a quinta seção traz as conclusões.

2 A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA NO PROCESSO PRODUTIVO

Água é essencial para as atividades cotidianas. Embora a Terra seja coberta por cerca de 70% de água, apenas uma pequena porcentagem é água doce (UN, 1992). Logo, as discussões sobre seu manejo são necessárias. Nesse contexto, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, por meio da Agenda 21, ressaltou a importância do tema por meio da criação de um marco de medidas

7. Esse é todo o período de disponibilidade dos dados até a realização da pesquisa.

e de ações, a fim de garantir a qualidade e o abastecimento dos recursos hídricos no planeta, em específico da água doce (UN, 1992). Dessa forma, a compreensão das relações de oferta e demanda de água nos países é de suma importância para o gerenciamento dos recursos hídricos.

No que tange à utilização do recurso hídrico, esse pode ser consuntivo ou não consuntivo. No uso consuntivo, há consumo efetivo da água captada para determinada atividade ou processo, de modo que uma parcela da água captada retorna para os corpos hídricos em quantidade menor e/ou com qualidade inferior (por exemplo, o uso para irrigação e para a produção de grande parte dos bens e serviços). Já no uso não consuntivo, a água não é efetivamente consumida durante a atividade ou processo, e retorna em sua quantidade e qualidade originais aos corpos de retirada – por exemplo, atividades de pesca, navegação e hidroeletricidade (Zuffo e Zuffo, 2017).

O consumo de água no processo produtivo se dá de maneira direta ou indireta. O consumo direto se refere ao volume físico efetivo de água no processo de produção dos bens e/ou serviços. O consumo indireto está relacionado ao volume embutido nos bens utilizados como insumo no processo de produção de outros bens e/ou serviços (Visentin, 2017).

Diante do exposto, Hoekstra e Hung (2002) propõem o termo pegada hídrica, o qual pode ser definido em termos de consumidor ou em termos de uma região delimitada geograficamente, como um estado ou um país. A pegada hídrica do consumidor é definida pelo volume total de água doce consumida e poluída direta ou indiretamente na produção de bens e serviços por ele utilizados. A pegada hídrica de um país é definida como o total de água consumida e poluída no âmbito de seus limites geográficos.

Dessa forma, é possível definir a pegada hídrica nacional, que se refere à pegada hídrica do consumidor de um país e à pegada hídrica dentro de um país (Hoekstra e Hung, 2002). A pegada hídrica do consumidor de um país ($PH_{cons,pais}$) pode ser dividida em dois componentes, conforme a equação (1).

$$PH_{cons,pais} = PH_{cons,pais,int} + PH_{cons,pais,ext}, \quad (1)$$

em que $PH_{cons,pais,ext}$ é a pegada hídrica externa consumida nacionalmente [volume/tempo] e $PH_{cons,pais,int}$ é a pegada hídrica do consumo nacional [volume/tempo], que pode ser calculada conforme a equação (2).

$$PH_{cons,pais,int} = PH_{\acute{a}rea,pais} - V_{e,d}, \quad (2)$$

em que $PH_{\acute{a}rea,pais}$ é a soma da pegada hídrica no âmbito do país [volume/tempo] e $V_{e,d}$ é o volume de água utilizada no processo de produção de produtos exportados [volume/tempo].

Para Hoekstra (2002) o volume de água embutida no processo produtivo de produtos que são importados ou exportados por um país é chamado de “água virtual”.

Nesse contexto, Bleninger e Kotsuka (2015) indicam que os conceitos de pegada hídrica e água virtual estão diretamente relacionados, uma vez que água virtual está relacionada com a água incorporada ao processo produtivo de bens industriais ou agrícolas, essencialmente ligados às relações comerciais.

Logo, pode-se calcular a pegada hídrica externa que compõe o consumo nacional como:

$$PH_{cons,pais,ext} = V_i - V_{e,r}, \quad (3)$$

em que:

V_i = volume de água virtual importada pelo país [volume/tempo]; e

$V_{e,r}$ = volume de água virtual exportado para outros países, considerando a reexportação de produtos importados.

Pode-se constatar que a pegada hídrica nacional está diretamente relacionada com o comércio exterior e com a intensidade da utilização do recurso hídrico na produção dos bens e serviços importados e exportados por um país.

No que diz respeito à origem da água utilizada, os indicadores de pegada hídrica são divididos em azul, verde e cinza. Essa separação, de acordo com Hoekstra *et al.* (2011), esclarece os rastros do uso da água para a confecção de um produto. A pegada hídrica azul se refere ao consumo de água doce, de origem superficial ou subterrânea; a pegada hídrica verde contempla o volume de água da chuva utilizado ao longo da cadeia produtiva. E, por fim, a pegada hídrica cinza indica a quantidade de água doce necessária para reverter a carga de poluentes gerados no processo produtivo, para que a água retorne à sua qualidade inicial.

Diante dos grandes desafios associados ao uso sustentável de recursos hídricos, várias pesquisas têm se dedicado a estudar os fluxos de água virtual no Brasil e no mundo. Haddad, Mengoub e Vale (2018) desenvolveram um índice que revela a intensidade relativa do uso de água, associada aos fluxos de comércio internacional e inter-regional do Marrocos.

Zhang, Yang e Shi (2016) realizaram uma análise espacial e setorial das características e mudanças nos fluxos de água virtual associados ao comércio internacional e inter-regional da China entre os anos de 2002 e 2007. Cazcarro *et al.* (2020) examinaram o critério de realocação regional utilizado para reduzir as restrições ao uso da água na economia espanhola.

No Brasil, Visentin (2017) identificou os principais responsáveis pela utilização da água no país, calculou os coeficientes técnicos diretos de captação, consumo e

retorno de água, as vazões e os volumes de uso desse recurso, os fluxos inter-regionais de água virtual e as pegadas hídricas das atividades econômicas de cada uma das bacias hidrográficas do Plano Nacional de Recursos Hídricos.

Picoli (2016) caracterizou o uso da água na economia brasileira com base nas cadeias produtivas dos setores, por meio da análise de insumo-produto para 71 setores de atividade no ano de 2009. De forma agregada, os resultados mostraram que 38% de toda a água utilizada na economia está incorporado aos produtos destinados à exportação; o consumo das famílias representa 58%; e o consumo da administração pública, juntamente com a formação bruta de capital fixo, representou 4% do consumo total.

Ferrarini (2017) utilizou um modelo computável de equilíbrio geral para identificar como expansões de área irrigada no país aumentariam o uso da água regionalmente. Os resultados indicaram um aumento no uso de água nas regiões hidrográficas do Tocantins-Araguaia (Tocantins, Pará, Mato Grosso e Goiás) e no Atlântico Nordeste Ocidental (Maranhão e Pará).

Já Hoekstra e Hung (2002) e Chapagain e Hoekstra (2003) estimaram respectivamente o volume de água utilizado na produção de várias culturas agrícolas e em diferentes produtos da pecuária entre 1995 e 1999. Os autores identificaram que o Brasil está entre os dez maiores exportadores líquidos de água virtual tanto para produtos agrícolas quanto pecuários.

Hoekstra e Mekonnen (2012), estimaram as pegadas hídricas azul, verde e cinza para produtos agrícolas, pecuários, industriais e de abastecimento público entre 1996 e 2005. Nessa pesquisa, o Brasil ocupou o quarto lugar como maior exportador líquido de água virtual.

A disponibilidade hídrica no Brasil, se considerarmos o país como um todo, é confortável e está em uma condição satisfatória (Brasil, 2012). No entanto, como o Brasil é um país de grandes proporções e caracterizado por condições climáticas regionais bastante heterogêneas, as informações em nível nacional podem mascarar as características locais (Visentin, 2017).

Dessa forma, com base na relevância do Brasil no cenário mundial no que diz respeito à exportação de água virtual, principalmente no que se refere aos produtos agropecuários, é de suma importância analisar a posição brasileira também como importador de água virtual e o saldo líquido resultante. Além desses aspectos, importa identificar a relação entre valor adicionado e água virtual existente nos produtos importados e exportados pelo Brasil. Para isso, será utilizada a técnica de extração hipotética regional, com o auxílio das matrizes mundiais de insumo-produto, conforme descrito nas próximas seções.

3 EXTRAÇÃO HIPOTÉTICA REGIONAL E ANÁLISE DE INSUMO-PRODUTO

Tanto a economia mundial quanto a economia de um país podem ser analisadas por meio de um sistema de processos interdependentes. A interdependência produtiva se dá pela utilização de insumos de diferentes regiões na composição de um produto. Assim, o estudo da estrutura produtiva de uma região se torna mais completo e complexo quando a interdependência entre diferentes sistemas produtivos é observada (Leontief, 1973).

Nesse contexto, a interdependência do sistema econômico pode ser descrita no formato de uma tabela de insumo-produto (Gonçalves Júnior *et al.*, 2014). De acordo com Miller e Blair (2009), os sistemas inter-regionais de insumo-produto são ferramentas essenciais para entender à relação entre um grupo de regiões, sejam elas regiões metropolitanas, estados e/ou países.

O processo metodológico utilizado nesta pesquisa se baseia no trabalho realizado por Los, Timmer e de Vries (2016), que foi inicialmente construído para a análise do valor adicionado doméstico embutido nas exportações de um país. No entanto, utilizou-se, além do coeficiente de valor adicionado, também o coeficiente de água virtual. Dessa forma, foi possível identificar tanto o valor adicionado doméstico embutido nas exportações brasileiras como o posicionamento do Brasil no comércio internacional de água virtual. Posteriormente relacionou-se o valor adicionado doméstico com a água virtual presente nas exportações, de maneira similar a Haddad, Mengoub e Vale (2018).

Para Miller e Blair (2009) um sistema inter-regional de insumo-produto pode ser definido pela equação:

$$X = (I - A)^{-1} Y, \quad (4)$$

em que:

- X é o valor bruto da produção;
- I é uma matriz identidade de dimensão apropriada;
- A é uma matriz de coeficientes técnicos; e
- Y é a demanda final.

Em termos matriciais, considerando a existência de três países no sistema inter-regional, a matriz de coeficientes técnicos é definida por:

$$A = \begin{bmatrix} A_{ss} & A_{sr} & A_{st} \\ A_{rs} & A_{rr} & A_{rt} \\ A_{ts} & A_{tr} & A_{tt} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

A matriz A contém os coeficientes de insumo a_{ij} , os quais representam as quantidades de bens intermediários requeridos pela indústria i para produção de uma unidade bruta na indústria j .

A_{ss} representa a necessidade de compra no mercado interno de indústrias no país s , enquanto A_{sr} fornece a necessidade das indústrias em r de produtos comprados das indústrias em s , bem como A_{tr} é composta pelas necessidades das indústrias em r supridas pelas indústrias em t . Assim sucessivamente para todos os elementos de A .

A demanda final poderá ser escrita de forma similar pela equação (6).

$$Y = \begin{bmatrix} y_{ss} & y_{sr} & y_{st} \\ y_{rs} & y_{rr} & y_{rt} \\ y_{ts} & y_{tr} & y_{tt} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

em que:

y_{ss} são os produtos demandados pelos usuários finais internamente; e

y_{sr} representam os valores de fluxos da indústria do país s para todos os usuários finais em r .

Os coeficientes de água virtual (ou valor adicionado) necessários para a produção bruta das indústrias do país s estão contidos nas linhas do vetor av_s . O comprimento desse vetor se iguala ao número de indústrias em s , em r e em t , com coeficientes de quantidade de água virtual para as indústrias de s como os primeiros elementos (\tilde{a}_{vs}) e zero para as demais: $av_s = [\tilde{a}_s \ 0 \ 0]$.

Ao aplicar a relação apresentada na equação (4), a quantidade de água virtual (ou valor adicionado doméstico) consumida pelo país s ($QAVR_s$) pode ser definida como:

$$QAVR_s = av_s (I - A)^{-1} Y i, \quad (7)$$

em que i é um vetor de uns e $(I - A)^{-1}$ é a inversa de Leontief, já definida na equação (4). Dessa forma, a quantidade de valor adicionado ou água virtual consumida pelo país s em uma situação hipotética em que o país s não exporta nada para o país r (QAV^*) pode ser definida pela equação:

$$QAV_s^* = av_s (I - A^*)^{-1} Y_s^*, \quad (8)$$

em que as matrizes de coeficientes técnicos e a demanda final são alteradas, conforme as equações (9) e (10):

$$A^* = \begin{bmatrix} A_{ss} & 0 & A_{st} \\ A_{rs} & A_{rr} & A_{rt} \\ A_{ts} & A_{tr} & A_{tt} \end{bmatrix}; \quad (9)$$

$$Y^* = \begin{bmatrix} y_{ss} & 0 & y_{st} \\ y_{rs} & y_{rr} & y_{rt} \\ y_{ts} & y_{tr} & y_{tt} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Nesse contexto, a quantidade de água virtual doméstica (ou valor adicionado doméstico) presente nas exportações de um país s para um país r é vista como a diferença entre os cenários real (descrito pelas relações de insumo-produto) e hipotético, em que o país s deixa de exportar para o país r , conforme descrito em Los, Timmer e de Vries (2016).

$$QAV_s = QAVR_s - QAV_s^*. \quad (11)$$

4 BASE DE DADOS

Utilizou-se o sistema mundial de insumo-produto World Input-Output Tables da WIOD (Timmer *et al.*, 2015), bem como as contas ambientais de consumo de água por setor, também da WIOD, para os anos de 1995 a 2009, que corresponde a todo o período disponível na referida base. Importante ressaltar que ambas as tabelas possuem mesma estrutura, com data de divulgação referente ao *release* 2012.

As estimativas quanto ao consumo de água virtual são dadas em m^3 para cada setor de atividade econômica, e seguem a metodologia sugerida por Hoekstra *et al.* (2011).

As matrizes se referem aos anos de 1995 a 2009, contemplam 35 setores e 40 países, além de uma região denominada Restante do Mundo. No entanto, para os objetivos desta pesquisa, os países foram agregados em 11 grupos, de acordo com a relevância de cada grupo na economia mundial e nas relações comerciais com o Brasil.

As agregações resultaram nos grupos econômicos e países descritos adiante.

- 1) Brasil.
- 2) União Europeia (Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, República Tcheca, Alemanha, Dinamarca, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Reino Unido, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Lituânia, Luxemburgo, Letônia, Malta, Holanda, Polônia, Portugal, Romênia, Eslováquia, Eslovênia e Suécia).
- 3) Canadá.
- 4) China.
- 5) Índia.
- 6) Japão.
- 7) Coreia do Sul.
- 8) México.

- 9) Rússia.
- 10) Estados Unidos.
- 11) Restante do mundo (Austrália, Indonésia, Turquia, Taiwan e Restante do Mundo).

Essa agregação torna possível analisar as relações comerciais brasileiras com alguns dos principais países do continente americano, como os Estados Unidos, o México e o Canadá; com países em desenvolvimento integrantes do BRICS,⁸ como a China, a Índia e a Rússia; com países asiáticos, como a Coreia do Sul; além da União Europeia, principal parceiro comercial brasileiro em valores monetários. Também é importante considerar que, sem levar em conta o Restante do Mundo, as outras regiões foram responsáveis, no ano de 2009, por cerca de 60% das importações e 66% das exportações brasileiras, conforme a tabela 1.

TABELA 1
Importações e exportações brasileiras (2009)

Região	Importação (US\$ 1 milhão)	Importação (%)	Exportação (US\$ 1 milhão)	Exportação (%)
Estados Unidos	20.218,08	13,20	15.744,93	12,30
Canadá	1.601,86	1,00	1.712,17	1,30
China	15.911,13	10,40	21.003,89	16,50
Índia	2.191,10	1,40	3.415,04	2,70
Japão	5.367,78	3,50	4.269,69	3,30
Coreia do Sul	4.818,55	3,10	2.658,29	2,10
México	2.783,56	1,80	2.675,89	2,10
Rússia	1.412,13	0,90	2.868,56	2,30
União Europeia	36.331,23	23,70	30.135,27	23,60
Restante do Mundo	62.359,32	40,80	43.238,61	33,80
Total	152.994,74	100,00	127.722,34	100,00

Fonte: UN Comtrade Database. Disponível em: <<https://bit.ly/39xkrC6>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente são apresentados os resultados referentes ao fluxo de água virtual vinculado às exportações brasileiras. Posteriormente apresentam-se os resultados referentes ao fluxo de água virtual embutido nas importações realizadas pelo Brasil. Em seguida analisa-se o saldo do fluxo de água virtual com base nas exportações e importações. Finalmente são apresentados os resultados referentes à relação existente entre a água virtual e o valor adicionado vinculado às importações e exportações brasileiras.

8. Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.

5.1 Exportação brasileira de água virtual

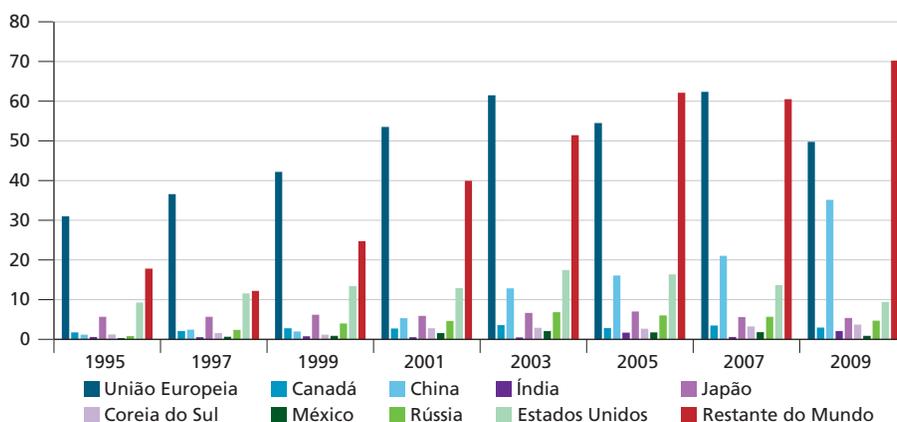
Por meio do método de extração hipotética (Los, Timmer e Vries, 2016), são verificadas as diferenças do consumo de água virtual do Brasil quando esse deixa de exportar seus produtos para cada uma das regiões em análise, em relação ao período entre 1995 e 2009.

Os principais setores da pauta de exportações brasileiras no ano de 2009, com base nos valores em dólar, foram: i) agropecuária, com cerca de 33% do total; ii) petróleo e outros minerais, com cerca de 19%; iii) indústria química, com 13%; e iv) serviços como turismo e transporte e outros, com 13%.⁹

De acordo com o gráfico 1, a extração das exportações brasileiras para a União Europeia e para a região Restante do Mundo representam as maiores reduções no consumo brasileiro de água virtual.

GRÁFICO 1

Reduções nas exportações de água virtual brasileira após extração de cada grupo econômico
(Em 1 bilhão de metros cúbicos)



Fonte: Dados da pesquisa.

A importância brasileira para o cenário europeu, no que diz respeito ao fornecimento de água virtual, está relacionada diretamente com o comportamento das exportações brasileiras para a essa região, uma vez que em 1995 a União Europeia ocupava a primeira posição como destino dos produtos brasileiros, o que representava 33,84% das exportações do país, pautada principalmente em produtos agrícolas e alimentos, que são grandes consumidores de água no processo produtivo.¹⁰

9. UN Comtrade Database. Disponível em: <<https://bit.ly/39xkrC6>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

10. UN Comtrade Database. Disponível em: <<https://bit.ly/39xkrC6>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

A partir de 2008, o Brasil conquista espaço no mercado asiático. Em 1995 as exportações brasileiras para a China representavam apenas 0,25% do consumo de água virtual do Brasil. Em 2009 essas exportações passam a representar 4,81% do consumo de água virtual brasileiro, o que representou um volume de 35,2 bilhões de metros cúbicos de água, como pode ser observado no gráfico 1.

No que tange aos Estados Unidos, as exportações brasileiras em 2003 representavam 2,77% do consumo brasileiro de água virtual; em 2009 esse valor se reduz para 1,29%. Essa redução é consequência do comportamento das exportações do Brasil para os Estados Unidos, que em 2003 representavam 22% e em 2009 representavam apenas 10,8% do total das exportações brasileiras.

Após tratar da água virtual vinculada às exportações brasileiras, isto é, a água que o Brasil envia “virtualmente” para os outros países, constatou-se que a posição do Brasil como um grande produtor e exportador de alimentos faz que o país seja um grande exportador de água virtual, principalmente para a Europa, os Estados Unidos e a China. No entanto, para entender a posição do país no comércio de água virtual, é preciso analisar a água virtual embutida nas importações brasileiras, que serão abordadas na próxima seção.

5.2 Importações brasileiras de água virtual

Os produtos importados pelo Brasil também utilizam água dos países de origem em seus processos produtivos. Dessa forma, pode-se calcular o consumo de água virtual do país de origem vinculado às importações brasileiras de cada uma das regiões analisadas.

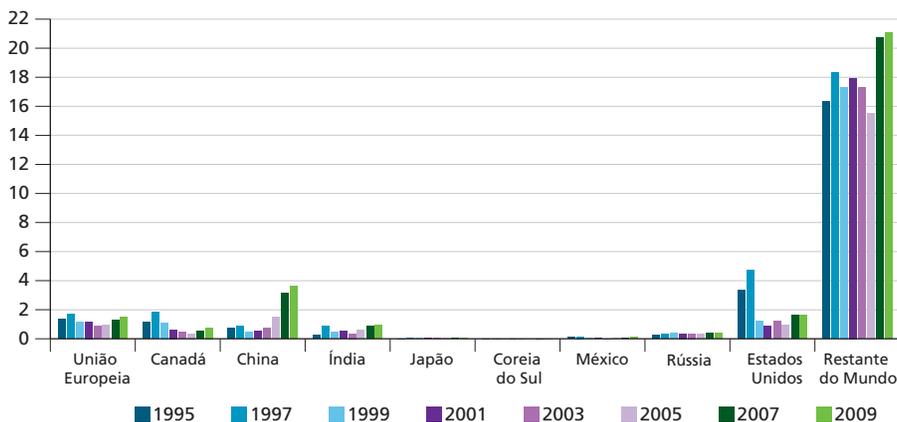
Durante o período em análise, os principais produtos da pauta de importação brasileira foram dos setores a seguir descritos.

- 1) Serviços e seus produtos:
 - a) serviços de transporte; e
 - b) tecnologias da informação e de comunicação.
- 2) Setor químico e seus produtos:
 - a) químicos orgânicos.
- 3) Setor de maquinários e seus produtos (maquinário industrial).
- 4) Setor de minerais e seus produtos (combustíveis minerais, óleos e graxas).
- 5) Setor de eletrônicos e seus produtos (equipamentos e máquinas eletrônicas).
- 6) Setor de veículos (com o produto único “veículos”).¹¹

11. UN Comtrade Database. Disponível em: <<https://bit.ly/39xkrC6>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

Conforme o gráfico 2, grande parte da água virtual importada pelo Brasil tem como origem a região Restante do Mundo, ou seja, a redução, em volume, entre o cenário real e o cenário hipotético, no qual o Brasil deixa de importar produtos dessa região, é a maior entre as regiões analisadas.

GRÁFICO 2
Reduções no consumo de água virtual das regiões analisadas causadas pela extração das importações brasileiras
 (Em 1 bilhão de metros cúbicos)



Fonte: Dados da pesquisa.

Além disso, destacam-se os comportamentos da China e dos Estados Unidos. Em 1995, as importações brasileiras eram responsáveis pelo consumo de 0,75 bilhão de metros cúbicos de água chinesa. Em 2009, esse valor passou para 3,63 bilhões de metros cúbicos de água. Pode-se inferir que esse aumento ocorreu devido ao aumento da participação brasileira nas exportações chinesas, que eram 0,34%, em 1995, e passaram para 1,02%, em 2009.¹²

No que se refere aos Estados Unidos, em 1995, as importações brasileiras eram responsáveis pelo consumo de 3,34 bilhões de metros cúbicos de água virtual americana; em 2009 esse valor foi reduzido para 1,64 bilhão de metros cúbicos. Essa redução ocorreu mesmo com o aumento na participação brasileira no total das exportações americanas e sem grandes alterações na pauta de produtos importados pelo Brasil.¹³ Nesse sentido, pode-se inferir que a redução na água virtual embutida nas importações brasileiras dos Estados Unidos tenha ocorrido por alterações tecnológicas no processo produtivo daquele país em direção à melhoria da eficiência hídrica.

12. UN Comtrade Database. Disponível em: <<https://bit.ly/39xkrC6>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

13. UN Comtrade Database. Disponível em: <<https://bit.ly/39xkrC6>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

Após analisar a água virtual associada às exportações e às importações brasileiras, faz-se necessário apurar o saldo líquido dessa balança de transações, de modo a considerar cada uma das regiões analisadas.

5.3 Avaliação do saldo brasileiro de água virtual

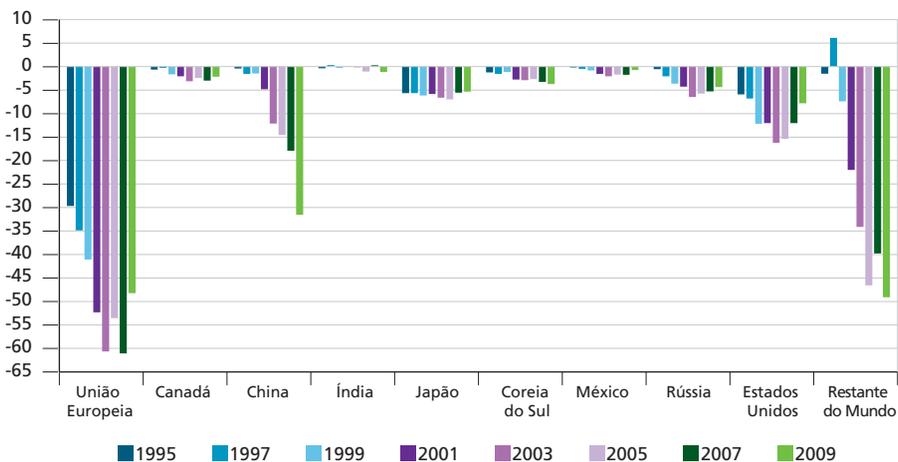
A diferença entre os volumes de água virtual exportados e importados pelo Brasil resultam no saldo da balança de transações que envolve a água virtual. Assim, quando o Brasil importa um produto, está economizando a água que seria utilizada no processo produtivo caso esse produto fosse produzido internamente. Da mesma forma que, quando o Brasil exporta um produto, está exportando água, ou seja, quem está economizando água é a região compradora.

Por se tratar do uso de um recurso ambiental, a definição de saldo para os fins desta pesquisa foi estabelecida como: positivo ou superavitário, se o país importa mais água do que exporta, ou seja, se entra no país mais água do que sai, como resultado do seu comércio internacional; e negativo ou deficitário, caso contrário.

Essa definição pode auxiliar a resposta ao questionamento feito por Hoekstra (2003): quanto de água um país economiza se importar um produto em vez de produzir internamente? No caso do Brasil, é possível identificar se o país, com base em suas importações e exportações, economiza ou dispende mais água.

Conforme o gráfico 3, a situação brasileira é deficitária para praticamente todas as regiões em todos os anos. As exceções são apenas em 1997 e 2007, com a Índia, e em 1997, com restante do mundo. Isso implica que, de forma geral, o Brasil exporta mais água para seus parceiros comerciais do que importa.

GRÁFICO 3
Saldo de água virtual do Brasil na série histórica
(Em 1 bilhão de metros cúbicos)



Isso não é necessariamente uma condição ruim, uma vez que, de acordo com Brasil (2012), de forma geral, o Brasil possui uma situação confortável e está em uma condição satisfatória ao analisar o cenário global no que diz respeito à disponibilidade de água.

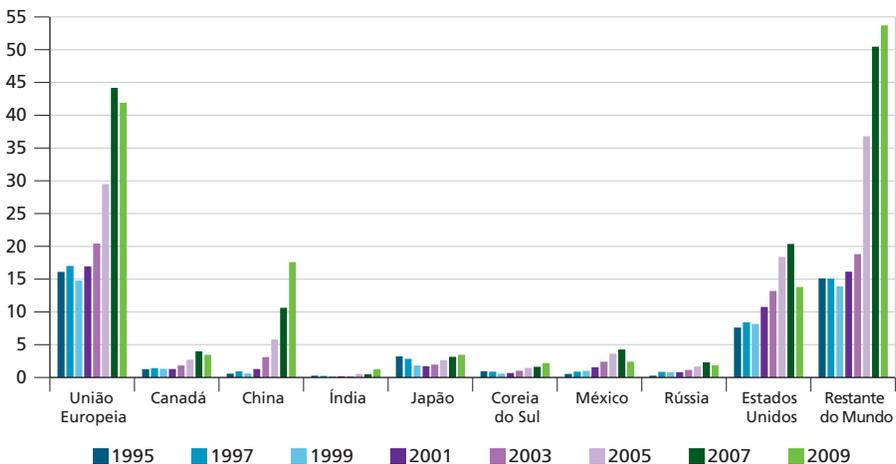
Pode-se inferir que o cenário brasileiro é deficitário principalmente pela condição do país de grande exportador de produtos agrícolas, que são grandes demandantes de água em seu processo produtivo. Esse comportamento é condizente com a teoria econômica, que preconiza que um país deve especializar-se na produção de produtos que utilizam intensivamente recursos que são abundantes no âmbito de suas fronteiras.

Depois de analisar toda a situação brasileira no que diz respeito ao fluxo de água virtual, tanto nas importações quanto nas exportações, bem como o saldo líquido das relações comerciais entre o Brasil e seus principais parceiros, será analisado o valor adicionado doméstico vinculado às exportações brasileiras e o valor adicionado gerado em cada um dos parceiros comerciais brasileiros pelas importações feitas pelo Brasil. Isso permitirá, em seguida, avaliar a relação entre o valor adicionado e a água virtual, a fim de identificar o valor adicionado médio por metro cúbico de água dispendida (US\$/m³).

5.4 Valor adicionado *versus* água virtual gerado pelo fluxo de comércio entre o Brasil e os principais parceiros comerciais

Entre os resultados referentes ao valor adicionado doméstico brasileiro vinculado às exportações para cada uma das regiões analisadas, no período entre 1995 e 2009, observa-se a importância da União Europeia, do Restante do Mundo e dos Estados Unidos, além da crescente participação da China, conforme pode ser observado no gráfico 4.

GRÁFICO 4
Valor adicionado doméstico vinculado às exportações brasileiras
 (Em US\$ 1 bilhão)



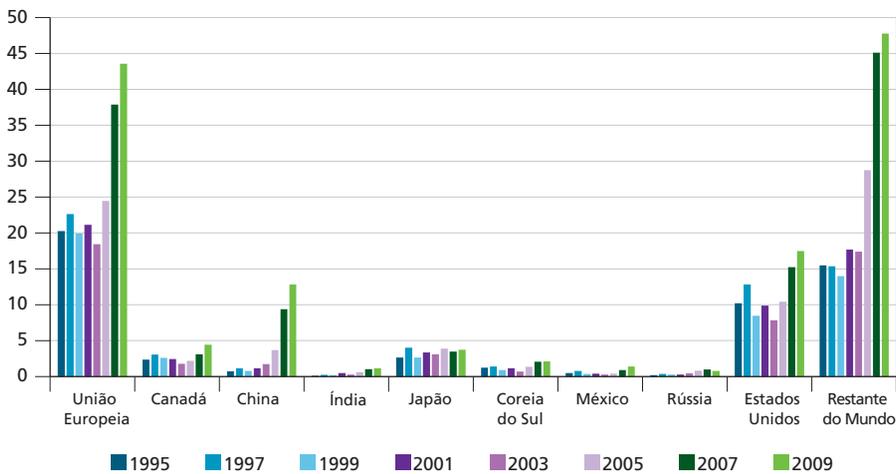
Fonte: Dados da pesquisa.

No gráfico 5 observa-se a contribuição do Brasil para o valor adicionado doméstico de cada um dos grupos estudados, isto é, o quanto do valor adicionado doméstico de cada uma das regiões está vinculado às importações brasileiras.

É possível constatar que as regiões com maior valor adicionado doméstico vinculado às importações brasileiras são, respectivamente, Restante do Mundo, União Europeia e Estados Unidos. Também é importante ressaltar o crescimento do valor adicionado doméstico chinês vinculado às importações brasileiras.

GRÁFICO 5

Valor adicionado de cada uma das regiões analisadas vinculado às importações brasileiras
(Em US\$ 1 bilhão)



Fonte: Dados da pesquisa.

A razão entre valor adicionado doméstico vinculado às exportações brasileiras para cada uma das regiões analisadas e o volume de água virtual vinculado também a essas exportações diz o quanto de valor adicionado é gerado domesticamente no Brasil para cada metro cúbico de água virtual exportada.

Já a razão entre o valor adicionado doméstico gerado em cada uma das regiões analisadas, vinculado às importações brasileiras, e o volume de água virtual de cada uma das referidas regiões, também vinculado a essas importações, diz o quanto é gerado de valor adicionado em cada uma das regiões para cada metro cúbico de água virtual embutido nas importações brasileiras. Essa relação pode ser observada na tabela 2.

Conforme já mencionado, o Brasil é produtor e exportador de produtos que utilizam recursos hídricos de forma intensiva, por exemplo, produtos agrícolas. Dessa forma, quando se realiza a divisão entre o valor adicionado e a quantidade de

água embutida no processo produtivo, pode-se obter o valor adicionado por metro cúbico de água utilizado nas exportações para cada parceiro comercial do país.

Ao observar a tabela 2, pode-se notar, para o período entre 1995 e 2009, que o Brasil gera, em média, US\$ 0,67 de valor adicionado para cada metro cúbico de água embutido nas exportações. Enquanto os produtos importados pelo Brasil das regiões analisadas geram, naqueles países, em média, US\$ 22,29 de valor adicionado para cada metro cúbico de água consumida.

TABELA 2
Relação entre o valor adicionado e o consumo de água virtual total por metro cúbico (1995-2009)

Bloco econômico	Valor adicionado médio por metro cúbico da água virtual exportada (US\$/m ³)	Valor adicionado médio por metro cúbico da água virtual importada (US\$/m ³)
União Europeia	0,51	21,10
Canadá	0,77	3,93
China	0,38	2,21
Índia	0,44	0,81
Japão	0,44	84,04
Coreia do Sul	0,50	89,39
México	1,73	10,80
Rússia	0,29	1,51
Estados Unidos	0,98	7,70
Restante do Mundo	0,79	1,36
Média	0,67	22,29

Fonte: Dados da pesquisa.

É possível identificar um alto valor adicionado doméstico por metro cúbico de água vinculado às importações brasileiras, principalmente para o Japão e a Coreia do Sul. Nesses países as importações brasileiras estão relacionadas a produtos eletrônicos e maquinários industriais, que possuem alto valor adicionado.

Em suma, observa-se baixo valor adicionado doméstico vinculado às exportações brasileiras, principalmente devido a características específicas dos produtos exportados (produtos agrícolas com uso intensivo de água e baixo valor adicionado). O que, de forma geral, resulta em um baixo valor adicionado por metro cúbico no Brasil quando comparado à geração de valor adicionado por metro cúbico de água nos países de onde o Brasil importa produtos.

6 CONCLUSÕES

Conclui-se que o Brasil é um grande exportador de água virtual e cumpre importante papel no mundo como fornecedor de água. Justifica-se a intensa demanda pela água virtual brasileira principalmente devido à quantidade de água utilizada no processo produtivo do setor da agricultura, silvicultura e pesca, uma vez que o Brasil é o segundo maior exportador agrícola do mundo (OCDE e FAO, 2015).

Da mesma forma, os produtos importados pelo Brasil utilizam água em seus processos produtivos. Contudo, o volume de água virtual importado pelo Brasil é menor do que o volume de água virtual exportado, isso se dá em função da demanda reduzida de água no processo produtivo dos principais produtos importados pelo Brasil. Cabe mencionar que, para o período em análise, os principais produtos da pauta de importação brasileira foram: i) serviços de transporte; ii) tecnologias da informação e de comunicação; iii) químicos orgânicos; iv) maquinário industrial; v) combustíveis minerais, óleos e graxas; vi) equipamentos e máquinas eletrônicas; e vii) veículos.¹⁴

Ao comparar as exportações e as importações brasileiras de água virtual perante seus principais parceiros comerciais, verifica-se que a situação brasileira é deficitária, isto é, o país exporta mais água para seus parceiros comerciais do que importa.

A alta intensidade no uso de água e o baixo valor adicionado vinculado às exportações brasileiras fizeram que o valor obtido pela razão entre o valor adicionado doméstico e a quantidade de água embutida no processo produtivo fosse baixo, quando comparado a outras regiões. Em média, as exportações brasileiras geraram US\$ 0,67 de valor adicionado por metro cúbico de água virtual. Enquanto isso, os produtos importados pelo Brasil das regiões analisadas geraram, em média, naqueles países, US\$ 22,29 de valor adicionado para cada metro cúbico de água consumida.

Os resultados dessa pesquisa apontam para o saldo negativo no balanço de água virtual do Brasil e para o baixo valor adicionado doméstico obtido pela exportação de água virtual em relação ao valor obtido pelos parceiros comerciais brasileiros. Espera-se que essas informações possam orientar políticas no sentido de planejar de forma racional a utilização do recurso hídrico.

Nesse sentido, podem-se sugerir aos elaboradores de políticas públicas estratégias que aumentem o valor adicionado doméstico mais que proporcionalmente ao uso de água no processo produtivo. Isso pode ser alcançado, por exemplo, com o aumento das etapas de elaboração de alguns produtos agropecuários antes de exportá-los.

14. UN Comtrade Database. Disponível em: <<https://bit.ly/39xkrC6>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

A principal limitação do trabalho é a disponibilidade dos dados, que abrangem somente até o ano de 2009. Novos trabalhos podem ser realizados a partir da disponibilidade de informações para anos mais recentes.

REFERÊNCIAS

BLNINGER, T.; KOTSUKA, L. K. Conceitos de água virtual e pegada hídrica: estudo de caso da soja e óleo de soja no Brasil. **Revista Recursos Hídricos**, v. 36, n. 1, p. 15-24, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Painel Nacional de Indicadores Ambientais**: relação entre demanda total e oferta de água superficial. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/3OGVljJ>>.

CAZCARRO, I. *et al.* Water and production reallocation in the Spanish agri-food system. **Economic Systems Research**, v. 32, n. 2, p. 278-299, Apr. 2020.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. **Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products**. Netherland: UNESCO-IHE, 2003. (Value of Water Research Report Series, n. 13). Disponível em: <<https://bit.ly/3OeqhHM>>.

FERRARINI, A. S. F. **Avaliação setorial do uso da água no Brasil**: Uma análise de equilíbrio geral computável. 2017. 156 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

GENTY, A.; ARTO, I.; NEUWAHL, F. **Final database of environmental satellite accounts**: technical report on their compilation. Groningen: WIOD, Apr. 2012. (WIOD Deliverable 4.6, Documentation).

GONÇALVES JÚNIOR, C. A. *et al.* O impacto do programa minha casa, minha vida na economia brasileira: uma análise de insumo-produto. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 1, p. 177-189, jan-mar. 2014.

HADDAD, E. A.; MENGOU, F. E.; VALE, V. A. **Water content in trade**: a regional analysis for Morocco. São Paulo: Nereus, 2018. (TD Nereus, n. 05-2018).

HOEKSTRA, A. Y. **Virtual water trade**: proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. Netherland: UNESCO-IHE, 2003. (Value of Water Research Report Series, n. 12). Disponível em: <<https://bit.ly/3OakK4E>>.

HOEKSTRA, A. Y. *et al.* **Manual de avaliação da pegada hídrica**: estabelecendo o padrão global. Londres: Earthscan, 2011.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. **Virtual water trade**: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Netherland: UNESCO-IHE, Sept. 2002. (Value of Water Research Report Series, n. 11).

HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M. The water footprint of humanity. **Proceedings of the National Academy of Science**, v. 109, n. 9, p. 3232-3237, Feb. 2012.

LEONTIEF, W. Structure of the world economy: Outline of Simple Input-Output Formulation. **Nobel Memorial Lecture** – Economic Sciences, 1973. Disponível em: <<https://bit.ly/3xuR4bx>>.

LOS, B.; TIMMER, M. P.; VRIES, G. J. Tracing value-added and double counting in gross exports: comment. **American Economic Review**, v. 106, n. 7, p. 1958-1966, 2016.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. (Ed.). **Input-output analysis**: foundations and extensions. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. 750 p.

OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO; FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **OCDE-FAO**: perspectivas agrícolas 2015-2024. Paris: OECD Publishing, 2015.

PICOLI, I, T. **Pegada hídrica da economia brasileira**: uma análise de insumo-produto. 2016. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

PIMENTEL, D. *et al.* Water resources: agricultural and environmental issues. **Bioscience**, v. 54, n. 10, p. 909-918, Oct. 2004.

TIMMER, M. P. *et al.* An illustrated user guide to the World Input-Output Database: the case of global automotive production. **Review of International Economics**, v. 23, n. 3, p. 575-605, Aug. 2015.

UN – UNITED NATIONS. **Agenda 21**. *In*: UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1992, Rio de Janeiro. Brazil: UN, 1992. 351 p. Disponível em: <<https://bit.ly/3OjprJD>>.

_____. **The United Nations world water development report 2018**: nature-based solutions for water. Paris: UNESCO, 2018.

VISENTIN, J. C. **O uso da água e a interdependência das economias regionais**: o caso das bacias hidrográficas brasileiras. 2017. 163 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

YANG, H. *et al.* Virtual water trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 10, n. 3, p. 443-454, 2006.

ZHANG, Z.; YANG, H.; SHI, M. Spatial and sectoral characteristics on China's international and interregional virtual water flows – base on multi-regional input-output model. **Economic Systems Research**, v. 28 n. 3, p. 362-382, 2016.

ZUFFO, A.; ZUFFO, M. (Org.). **Gerenciamento de recursos hídricos: conceitualização e contextualização**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. 480 p.

Data da submissão em: 3 abr. 2020.

Primeira decisão editorial em: 16 nov. 2020.

Última versão recebida em: 23 nov. 2020.

Aprovação final em: 21 jan. 2021.

