

**Michelle Marcia Viana
Martins^{1*}**

ORCID: [0000-0002-0790-5625](https://orcid.org/0000-0002-0790-5625)

Jaqueline Gisele Gelain¹

ORCID: [0000-0001-5478-5104](https://orcid.org/0000-0001-5478-5104)

**Alexandre Nunes de
Almeida¹**

ORCID: [0000-0002-0680-5446](https://orcid.org/0000-0002-0680-5446)

¹ Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz" ESALQ/USP,
Piracicaba, São Paulo, Brasil.

* michellemartins@usp.br

AS EXPORTAÇÕES DE FRUTAS BRASILEIRAS: UMA PERSPECTIVA DA ÁGUA VIRTUAL

RESUMO

O Brasil é depositário de 13,22% do volume total de água doce disponível do mundo, caracterizando-se como uma região com abundância relativa do recurso. No comércio de *commodities* agrícolas no mercado internacional, parte dessa água é transferida para os importadores na forma de água virtual – volume hídrico utilizado no processo produtivo embutida nos produtos exportados. O objetivo desse trabalho é quantificar o volume do recurso transferido por meio do comércio de frutas, utilizando-se a metodologia da pegada hídrica. Parte da produção brasileira de frutas ocorre em regiões cujo déficit hídrico é recorrente, viabilizando políticas que otimizam o uso da água nesses locais. No entanto, na maioria dos casos foi verificado que a produção frutífera no Brasil é adequada para as condições hídricas do país ao comparar à produção em outras economias, o que indica que, ao comercializar frutas para seus principais parceiros importadores, o Brasil tem sido responsável pela promoção de um comércio sustentável.

Palavras-chave: Água virtual; Frutas; Exportações; Comércio Sustentável; Recurso Hídrico.

ABSTRACT

Brazil has 13.22% of the total volume of fresh water available in the world, being characterized as a region with relative abundance of the resource. In the trade of agricultural commodities on the international market, part of this water is transferred to importers in the form of virtual water - water volume used in the production process embedded in exported products. The objective of this work is to quantify the amount of the resource transferred through the fruit trade using water footprint methodology. Part of the Brazilian fruit production occurs in regions whose water deficit is recurrent, enabling policies that optimize the use of water in these places. In most cases, it was found that fruit production in Brazil is adequate for its water conditions, which indicates that when selling fruit to its main importing partners, it promotes sustainable trade.

Key words: Virtual Water; Fruits; Exports; Sustainable Trade; Water Resource.

JEL Code: F18; Q17; Q25.

INTRODUÇÃO

O agronegócio tem grande representatividade no desenvolvimento de países em ascensão econômica, como o Brasil, cujo setor contribuiu com 23,5% do PIB brasileiro em 2017 (CEPEA, 2018). O comércio de produtos agrícolas é responsável por grande parte das receitas de exportações no país, com destaque para o setor frutícola. Dados do *World Integrated Trade Solution* (WITS, 2018) apontam que, atualmente, o Brasil está entre os maiores exportadores de frutas no mundo e apresenta perspectivas de crescimento devido à preocupação dos consumidores sobre o consumo de alimentos saudáveis. Somado a isso, no mercado internacional a tendência é de expansão do comércio de frutas tropicais, sobretudo pela abertura de novos mercados, como os asiáticos, e pelo aumento do consumo pelos mercados já existentes, como União Europeia, Estados Unidos e Japão (ABRAFRUTAS, 2018).

É plausível que a disponibilidade de terras cultiváveis e de recursos hídricos confere ao Brasil vantagens comparativas na produção agrícola. Atrelado a esse fato, os sucessivos aumentos de produtividade no setor colocam o país em posição de destaque no mercado internacional de *commodities*. Com a expansão do comércio brasileiro no exterior, é considerado que além da comercialização do produto final em si, todos os insumos e recursos naturais utilizados na produção de mercadorias estão sendo transacionados direta ou indiretamente, entre eles a água, que é parte integrante e indissociável na produção das *commodities*. A partir dessa perspectiva, é explorado o comércio “virtual” da água incorporada na produção dos produtos comercializados, no qual dá-se o nome de água virtual.

Segundo as considerações do *World Water Council* (WBCSD, 2005) a água virtual pode ser vista como uma opção para aliviar a pressão sobre os países com pouca oferta de recursos hídricos, mas essa discussão deve vir acompanhada de uma política de conscientização para o seu uso na produção de bens que demandam grande volume do recurso. Porém, pouco se destaca sobre a eficácia do uso da água na agricultura. Grande parte dos debates sobre o manejo adequado do recurso se restringe, sobretudo, ao seu uso nos domicílios e nos grandes centros urbanos, sublinhando as questões de tratamento e desperdício.

Contudo, o aumento da produção e da exportação dos produtos agrícolas eleva a importância dessa temática para a compreensão da gestão dos recursos de água na agricultura e para a resolução dos problemas de escassez hídrica no mundo. Os trabalhos que discutem o uso indispensável do recurso hídrico na produção agrícola com o contratempo da escassez, sob o ponto de vista da água virtual, são incipientes na literatura econômica, havendo muitas possibilidades de explorar o tema, sobretudo para a economia brasileira.

Nesse caso, com a finalidade de contribuir com a questão hídrica e fornecer um estudo que envolve o agronegócio, o objetivo geral desse estudo é exibir a quantidade total de água virtual exportada pelo Brasil através do

comércio de frutas¹, nos anos de 2010 a 2017. Especificamente, pretende-se identificar os principais importadores dos produtos selecionados e verificar a quantidade de água utilizada no processo produtivo dos mesmos. Além disso, propõem-se apontar quais estados destacam-se na exportação de água virtual através das frutas, identificando se esses estados apresentam condições hidrográficas satisfatórias, de forma relativa, para tal atividade comercial. No Brasil, destaca-se o trabalho realizado por Gelain et al. (2017), que investigou a água virtual na perspectiva do comércio de soja e carne bovina. O presente estudo, portanto, busca promover uma extensão do ensaio realizado por aqueles autores.

Para atender aos objetivos são recomendadas as metodologias da água virtual e pegada hídrica, comumente utilizadas para avaliar e comparar o consumo de água em diversos produtos. Além disso, por esses métodos e pela análise do volume exportado é possível determinar o fluxo de água embutida nos produtos comercializados (HOEKSTRA et al., 2009).

Países com escassez de água tendem a importar produtos intensivos em água e exportar produtos menos intensivos neste recurso, o que implica necessariamente em exportação e importação de água na forma virtual (HOEKSTRA et al, 2011). Assim, as hipóteses a serem testadas neste estudo são: i) ao exportar frutas, o Brasil transfere água (na forma de água virtual) para países que demandam maior volume de recursos hídricos na produção dos mesmos; e, ii) as regiões brasileiras que se destacam nas exportações das frutas designadas apresentam disponibilidade de água satisfatória para tal atividade, relativamente às demais regiões.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA E ÁGUA VIRTUAL

Haja visto que os recursos hídricos apresentam valor econômico, dado sua fonte limitada e esgotável e, considerando que apenas a água doce é própria para consumo, é importante classificá-la quanto a sua distribuição. De acordo com Shiklomanov e Rodda (2003) apenas 2,53% do volume total de recursos hídricos do planeta refere-se à água doce. Dessa quantidade, 69,6% encontra-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 30,1% disponível como água subterrânea e 0,30% é acessível em lagos, rios e pântanos. O desenvolvimento socioeconômico e o crescimento contínuo da população tem sido desafios inerentes à desigual distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos globais (OKI, KANAE, 2004; PERRONE, HORNBERGER, 2014; LIU et al. 2017). Nesse aspecto, Kumar e Shing (2005), por exemplo, chamam atenção para a questão da água virtual como um fator de influência do nível de renda de um país, tamanho da população, área cultivada e a própria disponibilidade de recursos hídricos. Porém, esses elementos nem sempre beneficiam as regiões que sofrem com a

¹ As frutas elegidas são aquelas que tiveram maior importância na pauta exportadora brasileira, no período de 2010 a 2017, segundo o WITS (2018), são elas: abacaxi, banana, coco, laranja, limão, maçã, mamão, manga, melancia e uva. Embora melão esteja entre as frutas mais exportadas pelo Brasil, não há dados de água virtual e pegada hídrica disponíveis.

escassez. Além das diversas formas do uso da água, outros aspectos como fatores climáticos e mudanças nos padrões de produção e de consumo estão entre os elementos que afetam os recursos globais de água, elevando a competição pela mesma.

Segundo o *World Business Council* (WBCSD, 2005) menos de 10 países concentram 60% da água doce disponível no mundo, só o Brasil detém 13,22% do volume total desse recurso, o que faz da economia brasileira a maior detentora de reserva de água doce no mundo. Mas, ainda que disponha de grande quantidade total de água, o recurso é mal distribuído pelo território brasileiro. A água superficial, por exemplo, tem sua concentração na região Norte, onde residem menos de 5% da população nacional. Por outro lado, a região Nordeste sofre recorrentemente com a seca, reforçando os resultados de Kumar e Shing (2005), anteriormente mencionados. Além disso, o uso da água não se restringe apenas ao consumo humano, mas também às atividades agropecuárias, de navegação e energética, entre outros usos. Cerca de 70% da eletricidade produzida no país é proveniente de energia elétrica gerada em usinas hidrelétricas, o que altera a configuração geopolítica do uso do recurso (ANA, 2017).

Melhorar o uso do suprimento hídrico e aliviar a sua escassez tornaram-se preocupações críticas em diversas esferas econômicas (HOEKSTRA, MEKONNEN, 2012; HOEKSTRA, 2016). No comércio internacional, o volume hídrico utilizado mais que dobrou entre 1986 a 2007 (DALIN et al. 2012), emergindo estudos que abordam políticas eficazes sobre a gestão da água no âmbito global. Entre eles, o trabalho realizado por Dalin e Rodrigues (2016), que sugere que o comércio de alimentos é benéfico para as questões do uso da água no globo. Nessa mesma linha, Oki e Kanae (2004), Yang et al. (2006), Dalin et al. (2012) e Konar et al. (2016), apresentam resultados que quantificam os ganhos e perdas globais de água associadas à gestão do recurso no comércio internacional e inter-regional. No entanto, Hoekstra (2017) e Konar e Caylor (2013) demonstram que não está claro se a água poupada no país que sofre escassez hídrica contribui efetivamente para o aliviar as tensões mundiais sobre a disponibilidade do recurso. Esse resultado demonstra que as políticas hídricas mundiais ainda enfrentam um desafio e os resultados nem sempre são consistentes. Além disso, não existe trabalhos que propõe maneira de melhorar a contabilidade da relação da água utilizada sobre o volume economizado para o alívio do estresse hídrico global, apenas estimativas sobre os potenciais ganhos se as produções fossem alocadas para os países que tivessem maior disponibilidade do recurso.

Novamente, é um tema que deve ser explorado, sobretudo nas atividades agrícolas. De acordo com relatório do *Institution of Mechanical Engineers* (IMECHE, 2013), 70% do uso de água doce é utilizada na agricultura e o fato de ser um recurso finito, a sua escassez no futuro torna-se um importante desafio ambiental que o setor se defrontará (MERINO et al., 2017). Os produtos vegetais, em geral, demandam cerca de 13 a 64 m³ de água para cada tonelada de produção. No caso das frutas, a média é de 3,5 a 32 m³. A produção de um mesmo produto pode exigir diferentes volumes hídricos

conforme as características locais ligadas ao seu processo produtivo, ou seja, a demanda por água varia com o ambiente e com as condições onde o bem é produzido.

À luz do problema exposto, como muitos países e regiões carecem de volume de água necessário para atender a produção de certos produtos, o comércio internacional atua como solução para este problema. Através da importação de alimentos, as economias conseguem atender suas necessidades de consumo adquirindo produtos de outros mercados (MARIANELA et al., 2013). Além disso, por meio do comércio a água é transferida da região de produção para a região de consumo, de tal maneira que, ao importar o produto final, esses países adquirem “água virtual” (AV), que é o volume total de água doce utilizada no processo produtivo de um bem, virtualmente embutida em produtos comercializados (ALLAN, 1998).

Diretamente ligado ao comércio de água virtual está o conceito de pegada hídrica (PH), que refere-se ao indicador do uso de água doce na perspectiva da produção e do consumo (HOEKSTRA, 2017). A PH é a soma das pegadas azul, verde e cinza, cada qual utilizada em proporções diferentes na produção de um bem. A água azul é referente a água doce superficial e subterrânea (presente em rios, lagos, superfície terrestre e subsolo) sendo aquela usada no processo de irrigação; a água verde diz respeito à água pluvial, ou seja, água da chuva armazenada no solo; já a água cinza é definida como a água doce necessária para diluir a água poluída (HOEKSTRA et al., 2011). É importante sublinhar que, para as culturas primárias, as PH verde e azul são calculadas dividindo-se o volume total de água utilizada (m^3 /ano) pela quantidade total produzida de dada cultura (ton/ano) para um determinado período de tempo. Para a PH cinza é calculado o volume de água limpa necessária para que seja diluída a água poluída resultante dos processos agrícolas (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2010).

Retomando ao propósito desse trabalho, na Tabela 1 são apresentadas as médias, nacional e mundial, da pegada hídrica para as frutas elegidas. Esses dados fornecem uma ideia prévia do fluxo de comércio esperado, caso a hipótese i) seja verificada.

Tabela 1. Pegada hídrica - em m³/ton - média brasileira e média mundial.

NCM	Descrição do produto	Média brasileira de pegada hídrica (m ³ /ton)								Média mundial de pegada hídrica (m ³ /ton)							
		Água verde		Água azul		Água cinza		Água virtual		Água verde		Água azul		Água cinza		Água virtual	
		Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%	Qtd	%
080430	Abacaxi	146	91,26	3	2,15	11	6,59	160	100	215	84,44	9	3,51	31	12,05	255	100
080300	Banana	927	92,37	39	3,90	37	3,72	1003	100	660	83,53	97	12,24	33	4,23	790	100
080119	Coco	1,214	97,94	23	1,82	3	0,24	1240	100	2,669	99,35	2	0,06	16	0,59	2687	100
080510	Laranja	377	95,39	2	0,59	16	4,02	395	100	401	71,63	110	19,57	49	8,80	560	100
080530	Limão	511	95,20	3	0,59	23	4,21	537	100	432	67,30	152	23,60	58	9,09	642	100
080810	Maçã	358	96,68	3	0,03	12	3,28	373	100	561	68,32	133	16,23	127	15,45	822	100
080720	Mamão	211	88,85	17	7,20	9	3,95	238	100	399	86,83	40	8,60	21	4,57	460	100
080450	Manga	794	85,14	102	10,95	37	3,92	933	100	1,314	72,99	362	20,10	124	6,91	1,800	100
080711	Melancia	286	91,00	2	0,74	26	8,26	315	100	150	62,94	25	10,45	63	26,61	238	100
080610	Uva	297	84,33	32	9,02	23	6,65	352	100	425	69,86	97	15,89	87	14,25	608	100

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Mekonnen e Hoekstra (2010).

Para as frutas tropicais² em geral, observa-se que a quantidade média de água gasta no processo produtivo no Brasil é inferior à quantidade média mundial. Lembrando que, para composição da média mundial são considerados todos os países do mundo, inclusive aqueles que sofrem escassez de água, como Israel, Emirados Árabes Unidos e Irã, por exemplo, elevando a média.

Em termos teóricos, Hoekstra (2017) reafirma a importância de comparar a pegada hídrica dos países exportadores e importadores. Uma vez que, se o importador sofre com escassez, este poderá poupar água e promover a equidade hídrica por meio do comércio. Neste sentido, as políticas e regulamentos internacionais podem promover, de forma indireta, a alocação do recurso em diferentes regiões.

A pegada hídrica se distingue entre os países devido à própria disponibilidade de água, mas também aos fatores climáticos, à qualidade do solo e a outros elementos que determinam o crescimento e o desenvolvimento de determinada cultura. Os dados apresentados na Tabela 1 indicam que na produção das frutas selecionadas, o Brasil utiliza maior volume de água proveniente das chuvas (água verde) em relação aos recursos hídricos advindos da irrigação (água azul). Com relação à média mundial, no entanto, a água irrigada é usada em maiores proporções. Sobre esse ponto, vale ressaltar que a utilização de mecanismos de irrigação pode contribuir para elevar o custo de produção em outros países e inviabilizar a sua produção.

As frutas que demandam maior volume de água na sua produção são o coco (1.240 m³/ton), a banana (1.003 m³/ton) e a manga (933 m³/ton). Para fins de análise, selecionando apenas o produto 080119 (coco), é possível inferir que 97,94% da quantidade do recurso hídrico utilizado é proveniente da precipitação. O uso de água azul, referente à água superficial e subterrânea, é de 1,82%. Já o volume de água cinza, aquele necessário para diluir a água poluída, é usado numa proporção média de 0,24%.

COMÉRCIO INTERNACIONAL E EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE FRUTAS

Nessa seção é apresentado o panorama mundial e brasileiro do setor frutícola.

A Figura 1 caracteriza o comércio mundial de frutas, entre 2010 a 2017. Os principais importadores são indicados no lado esquerdo e verifica-se que quase 55% do total comercializado internacionalmente é concentrado em apenas dez países. Já no lado direito, é apontado os principais exportadores mundiais. Observa-se que cerca de 60% do total exportado concentra-se em dez economias, entre elas o Brasil, sendo o quarto maior exportador mundial. Embora a participação brasileira seja de apenas 3,85% no valor total das exportações globais (em dólar), há potencial para crescimento ao

² Maçã e uva são frutas típicas de clima temperado, laranja e limão de clima subtropical e as demais de clima tropical.

longo do tempo, sendo atribuído à demanda de países desenvolvidos e aos esforços do Brasil para estar em conformidade às normas fitossanitárias exigidas pelos importadores.

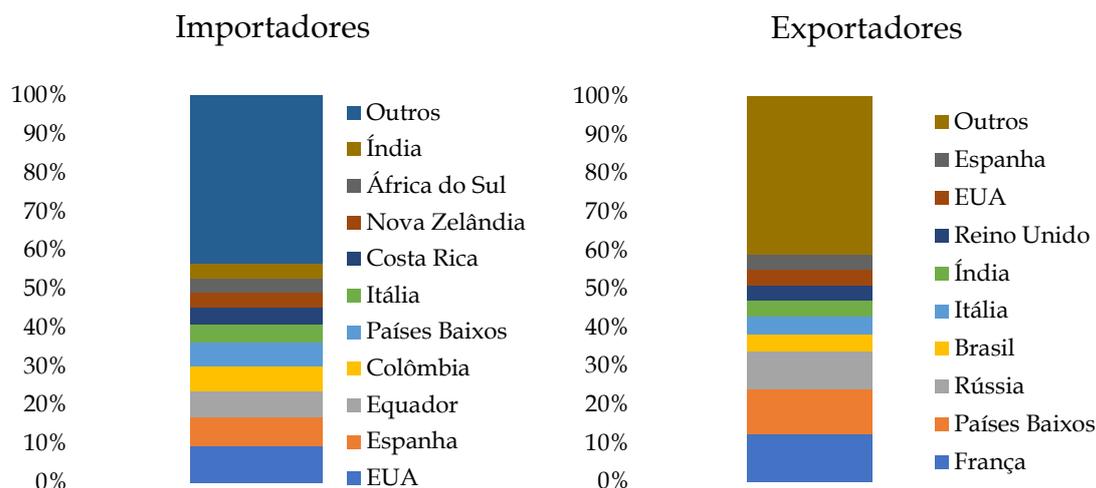


Figura 1. Principais exportadores (lado direito) e importadores (lado esquerdo) mundiais de frutas, de 2010 a 2017, em porcentagem.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponíveis no World Integrated Trade Solution (WITS).

Em atenção ao cenário nacional, a Figura 2 esboça a tendência das exportações de frutas brasileiras em relação às exportações dos demais produtos agropecuários. Observa-se que o comércio brasileiro de produtos de origem vegetal, apresentou crescimento de 56,62% entre o início e o fim do período investigado (2010-2017), revelando a participação crescente do país no mercado de bens agrícolas. Pelo fato de apresentar baixos custos de produção, terras adequadas para o cultivo e recursos hídricos disponíveis, combinados com contínuos avanços tecnológicos na agricultura, o país ocupa posição de potência internacional no *agrobusiness*. Todavia, embora sejam verificados crescimentos contínuos no comércio de produtos agrícolas, para a indústria de fruta observa-se um comportamento oscilatório para as exportações, com trajetória de queda entre 2012 a 2014. A esse declínio, justifica-se pela redução dos valores negociados no mercado internacional no período, como também pelos problemas climáticos em algumas regiões produtoras. Porém, para os anos posteriores, sobretudo em 2017, é identificado comportamento ascendente do valor exportado, com aumento de 9% entre 2016 e 2017, destacando-se o desempenho das exportações de maçã, uva e manga.

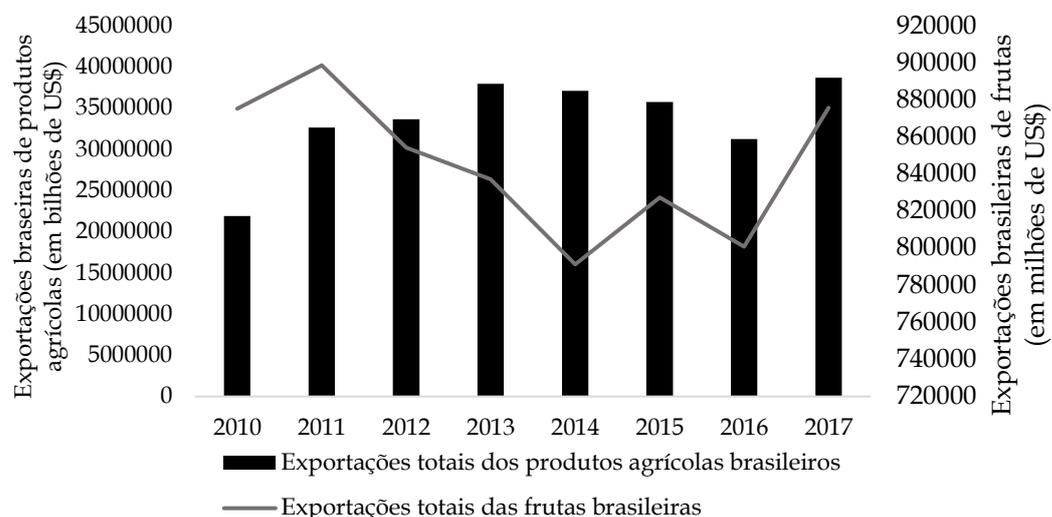


Figura 2. Evolução das exportações brasileiras dos produtos agrícolas (valores à esquerda, bilhões US\$) e das exportações brasileiras de frutas (valores à direita, milhões US\$) de 2010 a 2017, em dólares.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponíveis no World Integrated Trade Solution (WITS).

Na Figura 3 é ilustrado o comércio dos produtos selecionados em toneladas e em valores monetários.

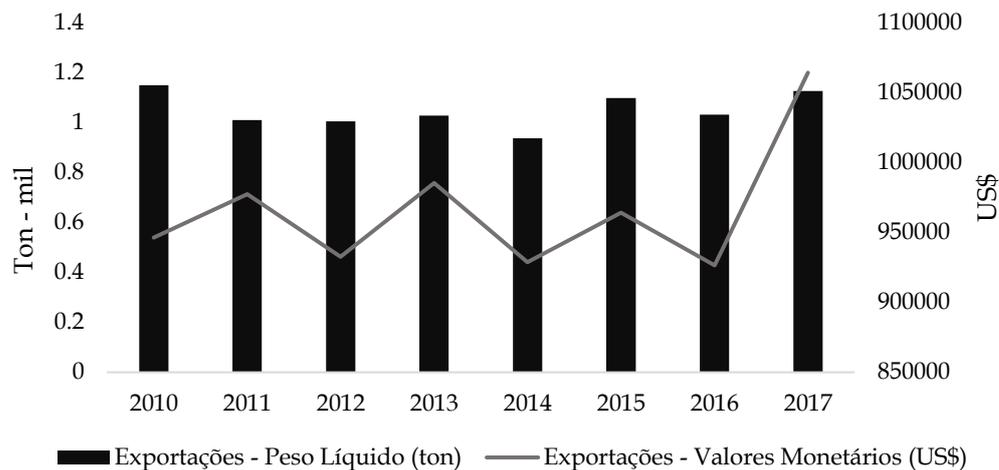


Figura 3. Exportações brasileiras das frutas selecionadas em valores monetários (US\$, à direita) e em peso líquido (mil toneladas, à esquerda), de 2010 a 2017.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponíveis no World Integrated Trade Solution (WITS).

Ao comparar a trajetória das exportações (em US\$) de todas as frutas (Figura 2) e das frutas em análise (Figura 3), observa-se que seguem tendência semelhante. Entretanto, entre 2012 e 2013 houve queda nas exportações totais de frutas, o que não foi verificado na Figura 3. Isso se dá

pela diminuição nas exportações de frutas que não foram consideradas, por exemplo, o melão, que é de grande representatividade na pauta exportadora brasileira, mas não foi inserido na análise por não apresentar dados sobre a sua pegada hídrica. Em relação ao volume em toneladas, as barras mostram certa constância na quantidade exportada, com ressalva para o ano de 2014, cujo comportamento de baixa foi destacado anteriormente.

Sobre os principais consumidores internacionais, a Figura 4 aponta para os mercados que mais adquiriram frutas brasileiras entre 2010 a 2017.

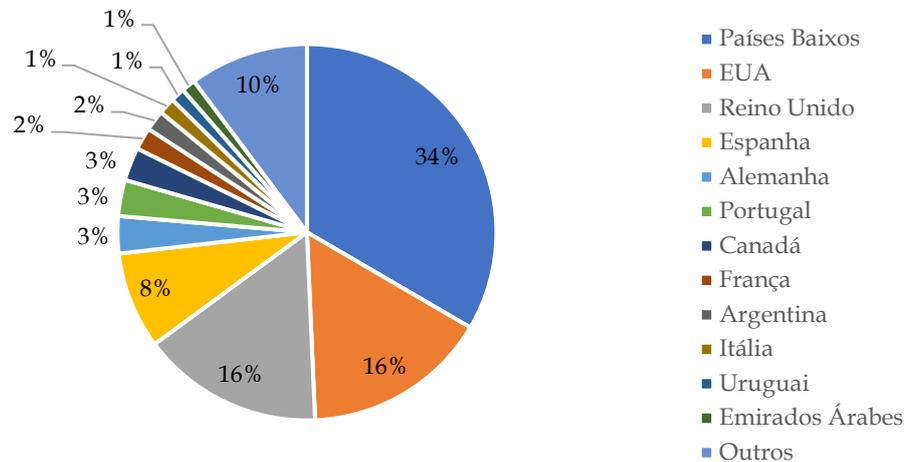


Figura 4. Destino das exportações brasileiras de frutas, de 2010 a 2017, em porcentagem.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponíveis no World Integrated Trade Solution (WITS).

A União Europeia (Países Baixos, Espanha, Alemanha, Portugal, França e Itália) e os Estados Unidos foram os principais destinos das exportações provenientes do Brasil. Assim como Canadá, Argentina, Uruguai e Emirados Árabes, que também se destacam como parceiros importadores no mercado internacional de frutas (Figura 4).

METODOLOGIA E FONTE DE DADOS

Para este estudo, foram consideradas as frutas de maior importância na pauta exportadora brasileira, para as quais há informações sobre o volume de água virtual. As frutas elegidas foram desagregadas ao nível de seis dígitos pelo Sistema Harmonizado, são elas: abacaxi (804300), banana (803000), coco fresco (801119), laranja (805100), limão (805500), maçã (808100), mamão (807200), manga (804500), melancia (807110) e uva (806100). O período de análise compreende os anos de 2010 a 2017, abordando o mesmo período considerado por Gelain et al. (2017) com a inserção de dados atuais disponíveis.

Para o cômputo do volume de água virtual exportada por cada estado brasileiro e para cada produto eleito, será considerada a Equação (1) (GELAIN et al., 2017):

$$VAVE_{i,c,j} = - Q_{export_{i,c,j}} \times QAV_i \quad (1)$$

em que $VAVE_{i,c,j}$ corresponde ao volume de água virtual exportada (VAVE), pelo Brasil em m^3/ton , da fruta i para o país c no ano j ; $Q_{export_{i,c,j}}$ refere-se ao peso líquido exportado da fruta i para o país c no ano j ; a variável QAV_i representa a quantidade de água virtual, utilizada na produção da fruta i , em m^3 . A variável $Q_{export_{i,c,j}}$ é apresentada com sinal negativo indicando a “perda” de água embutida nos produtos e enviada pelo exportador.

Para estimar o VAVE total, é utilizado a média da água virtual para cada fruta e o seu volume total exportado. De posse ao resultado do VAVE, é possível confrontar o volume de água “comprado” por cada país parceiro importador com a quantidade de água que o mesmo usaria para produzir o mesmo volume do produto adquirido, testando a hipótese i).

Os dados brasileiros de exportação por Unidade da Federação (UF) foram obtidos no portal COMEXSTAT da Secretaria de Comércio Exterior. Para verificar os parceiros importadores brasileiros, assim como identificar as frutas nacionais com maior representatividade no comércio internacional, foram utilizados os dados disponíveis no *World Integrated Trade Solution* (WITS). Dados acerca das pegadas hídricas, do volume líquido de água virtual, bem como a quantidade de água embutida em cada processo produtivo, foram obtidos em Mekonnen e Hoekstra (2010). Neste ponto é importante que sejam feitas algumas observações: i) para o cálculo de água embutida na produção de um bem, utilizar-se-á a média nacional de cada país³; ii) para as análises estaduais considera-se, também, a média para cada UF, produções municipais são desconsideradas. Para os estados que não existem informações do volume de água, foi utilizada a média nacional brasileira. Ademais, vale ressaltar que o presente estudo não aborda questões como qualidade da água e acesso à mesma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de apresentar os resultados associados ao volume de água virtual exportado, é indicado na Tabela 2 o volume total comercializado no mercado internacional, para cada fruta (em valores monetários, expresso em dólares; e em toneladas). Nota-se que em alguns casos, o estado que vende ao exterior o maior volume em valores monetários não coincide com o estado que exporta a maior quantidade em toneladas, como a banana e o coco, isso se dá pela diferença da média de preços cobrados por cada Unidade Federativa que, possivelmente, estão relacionados aos custos de

³ Para os países que não apresentarem informação disponível na base de dados, será utilizada a média mundial.

produção em cada estado. Para o cálculo do VAVE é utilizado o volume em toneladas. Dessa forma, para fins de análise, serão consideradas apenas o peso líquido comercializado.

Por ordem decrescente, as frutas com maior volume exportado, entre 2010 a 2017, são a manga, cujas exportações somam 1.293,28 mil toneladas, sendo o estado da Bahia aquele que mais a exportou (52,51% do total). Na sequência, tem-se: limão, maçã, melancia, mamão, uva, banana, laranja, abacaxi e coco (Tabela 2).

Tabela 2. Volume exportado, em dólares e em toneladas, para cada fruta e o estado que mais a exporta, de 2010 a 2017.

Abacaxi				Banana			
Estado	US\$	Ton (mil)	ton (%)	Estado	US\$	Ton (mil)	ton (%)
MG	3965002	6,97	38,7	RN	31266143		
				SC		128,02	51,04
Total	10578714	18,00		Total	84981529	250,81	
Coco				Laranja			
Estado	US\$	Ton (mil)	ton (%)	Estado	US\$	Ton (mil)	ton (%)
AL	355203			SP	97815647	217,75	87,14
BA		0,11	40,87				
Total	779001	0,26		Total	107901080	249,87	
Limão				Maçã			
Estado	US\$	Ton (mil)	ton (%)	Estado	US\$	Ton (mil)	ton (%)
SP	398308151	442,58	58,59	RS	296615774	431,8	77,29
Total	686430626	755,39		Total	387968469	558,65	
Mamão				Manga			
Estado	US\$	Ton (mil)	ton (%)	Estado	US\$	Ton (mil)	ton (%)
ES	103302289	118,92	39,15	BA	727831239	679,09	52,51
Total	377388829	303,72		Total	1455727799	1293,28	
Melancia				Uva			
Estado	US\$	Ton (mil)	ton (%)	Estado	US\$	Ton (mil)	ton (%)
RN	103302289	226,86	54,31	PE	637181725	276,9	70,44
Total	202869808	417,7		Total	885590348	393,09	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponíveis no COMEXSTAT.

Considerando a comercialização da água embutida nas frutas⁴, a Tabela 3 traz informações sobre as pegadas hídricas e o volume de água virtual por Unidade Federativa. No geral, a produção de frutas no estado do Amazonas demanda a menor quantidade de água para a produção de abacaxi, limão, mamão e manga; contudo, não está entre as UF's que mais exportam esses produtos (Tabela 2). Já o estado de Santa Catarina, destaca-se por demandar o menor volume de recurso hídrico para banana e por ser o maior exportador da fruta (em ton). Por outro lado, Pernambuco é o estado que mais envia água para o exterior através das exportações de uvas, sua PH e seu volume comercializado são os maiores entre os demais estados brasileiros. Nota-se, ainda, que a Bahia é o estado que mais exporta coco e

⁴ Todas as vezes em que for utilizada a expressão "exportação de água", deve-se entender que se trata da água virtual, ou seja, o volume de água incorporada nas frutas.

manga, mas a quantidade de água utilizada no processo produtivo dessas frutas excede a média brasileira.

Em suma, os estados que se sobressaem nas exportações das frutas (exceto banana), não são aqueles que apresentam a menor demanda de água na produção das mesmas, embora, na maioria dos casos, requerem volumes hídricos inferior à média nacional. Isso significa que, de forma relativa e considerando apenas o fator água, a produção das frutas para exportação não está ocorrendo nos locais de maior vantagem comparativa.

Tabela 3. Valor máximo, mínimo, média brasileira e a pegada hídrica das frutas para os estados que mais a exportam em volume (ton)

Frutas		Abacaxi	Banana	Coco	Laranja	Limão	Maçã	Mamão	Manga	Melancia	Uva	
Mínimo	U.F.	AM	SC	RJ	RJ	AM	SP	AM	AM	RS	RS	
	Qtd	A. Verde	119	664	992	321	404	344	186	697	203	290
		A. Azul	0	2	21	1	0	1	0	1	0	0
		A. Cinza	9	20	3	15	17	13	7	21	24	20
		A. Virtual	128	686	1016	337	421	358	193	720	227	311
Máximo	U.F.	PE	PB	PB	AL	RN	MS	PB	RN	MS	PE	
	Qtd	A. Verde	177	1465	1384	503	648	413	264	939	526	212
		A. Azul	4	113	33	2	4	65	28	155	2	269
		A. Cinza	11	68	3	21	36	13	11	47	27	25
		A. Virtual	192	1646	1421	527	687	492	303	1142	555	506
Média Brasileira	Qtd	A. Verde	146	927	1214	377	511	358	211	794	286	297
		A. Azul	3	39	23	2	3	3	17	102	2	32
		A. Cinza	11	37	3	16	23	12	9	37	26	23
		A. Virtual	160	1003	1240	395	537	373	238	933	315	352
U.F. que mais exporta (ton)	U.F.	MG	SC	BA	SP	SP	RS	ES	BA	RN	PE	
	Qtd	A. Verde	134	664	1259	367	485	361	207	802	269	212
		A. Azul	4	2	16	2	4	0	3	133	1	269
		A. Cinza	10	20	3	16	21	12	8	47	26	25
		A. Virtual	148	686	1278	385	509	373	218	981	296	506

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Mekonnen e Hoekstra (2010).

Considerando o período de 2010 a 2017, é explanado na Tabela 4 o volume de água embutido nas frutas exportado pelo estado que mais a comercializa. À luz das informações apresentadas nas Tabelas 3 e 4, é possível inferir que os estados da Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Norte estão inseridos em uma região cujo problema de crise hídrica é frequente (ANA, 2017) e, ainda assim, enviam grande quantidade do recurso para seus parceiros importadores através do comércio de frutas. Outros fatores devem ser considerados, como a qualidade do solo, a temperatura, a topografia e outros elementos que não são abordados neste estudo. No entanto, como o objetivo é observar apenas a disponibilidade do recurso hídrico, esse exercício permite fornecer subsídios para discutir medidas de incentivo para o uso eficiente da água e evitar futuras crises hídricas no país.

Tabela 4. Volume de água virtual exportada, de 2010 a 2017

Fruta	Unidade da Federação	Água virtual (milhões m ³ /ton)
Abacaxi	MG	-1,03
Banana	SC	-87,82
Coco	BA	-0,14
Laranja	SP	-83,83
Limão	SP	-225,27
Maçã	RS	-160,98
Mamão	ES	-25,92
Manga	BA	-666,18
Melancia	RN	-67,15
Uva	PE	-140,11

Fonte: Elaboração própria, resultado da pesquisa.

Em âmbito nacional, o volume de água virtual total exportado pelo Brasil, através das frutas elegidas, é esboçado na Figura 5.

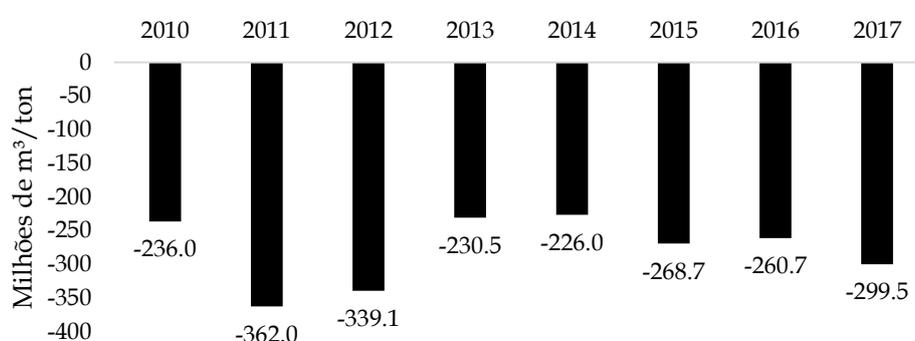


Figura 5. Volume de água virtual total exportado pelo Brasil através das frutas, de 2010 a 2017.

Fonte: Elaboração própria, resultado da pesquisa.

O comportamento da trajetória é oscilatório, havendo pico de exportação de água virtual nos anos 2011 e 2012, com média de 350 milhões de m³ do recurso hídrico enviadas ao exterior. Nos anos posteriores, 2013 e 2014, houve queda da quantidade de água enviada para fora, cerca de 228 milhões de m³ (Figura 5).

A Figura 6 explana o envio de água de virtual para os anos analisados para cada fruta. Em todos os anos, a quantidade de água exportada foi dada, principalmente, pelo comércio da manga, verifica-se que a sua trajetória segue comportamento semelhante à trajetória da água virtual total exportado pelo Brasil (Figura 5). Além de estar entre os produtos que mais demandam água em sua produção (Tabela 1), foi a fruta com maior volume exportado pelo país⁵. Percebe-se, ainda, alta incidência de exportação de água virtual através da banana, nos anos de 2011 e 2012, o que justifica o pico de comercialização nesse período (Figura 5).

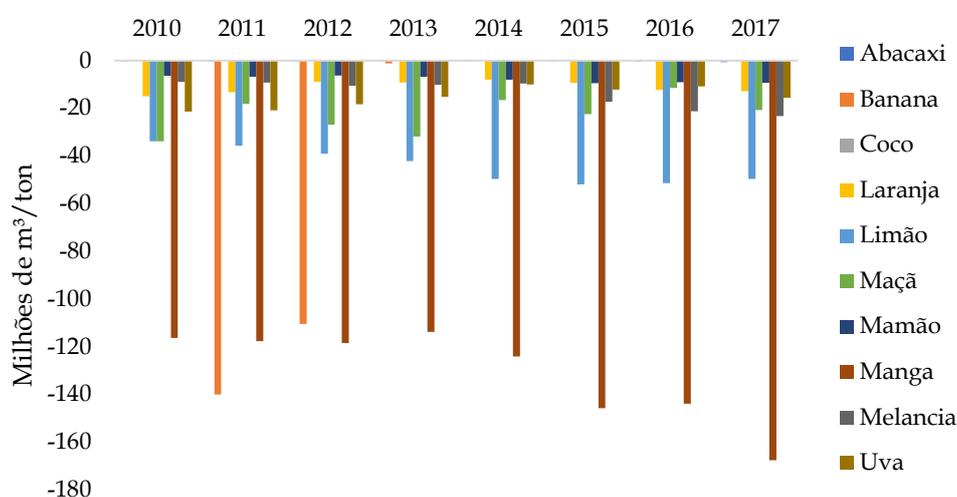


Figura 6. Volume de água virtual exportado pelo Brasil, por frutas, de 2010 a 2017.

Fonte: Elaboração própria, resultado da pesquisa.

Quanto aos parceiros brasileiros importadores, na Tabela 5 são apontados os dados sobre o volume de água utilizado em cada mercadorias caso produzissem o mesmo volume de frutas que adquiriram do Brasil. Para tanto, o cálculo realizado utiliza informações sobre a pegada hídrica por fruta de cada país. Afim de comparar esse volume com o brasileiro, as informações descritas na Tabela 6 são as mesmas, mas para o cômputo da água virtual foi usada a pegada hídrica média do Brasil.

Com base nos resultados das Tabelas 5 e 6, verifica-se que a maior parte dos países importam frutas brasileiras cujo volume de água necessário para a sua produção, no Brasil, é inferior à quantidade de água exigida caso essas fossem produzidas em seus próprios territórios.

⁵ As exportações de manga representaram 30,50% do total exportado no período de 2010 a 2017 entre as dez frutas escolhidas, seguido do limão (17,81%), da maçã (13,17%), da melancia (9,85%), da uva (9,27%), do mamão (7,16%), da banana (5,91%), da laranja (5,89%), do abacaxi (0,42%) e do coco (0,01%).

Tabela 5. Quantidade de água virtual utilizada na produção, conforme a pegada hídrica dos parceiros importadores, de 2010 a 2017, em milhões de m³

Abacaxi (96,75%)¹	Volume exportado	Água	VAVE	Suécia*	5,66	559,69	3,17	Reino Unido*	86,91	1800,22	156,46
Argentina	14,17	298,13	4,23	Limão (930,6%)	Volume exportado	Água	VAVE	Portugal*	70,18	1800,22	126,33
Uruguai	3,24	254,57	0,83	Países Baixos	496,16	641,97	318,51	Canadá*	47,14	1800,22	84,87
Banana (92,85%)	Volume exportado	Água	VAVE	Reino Unido*	118,72	641,97	76,21	Mamão (92,79%)	Volume exportado	Água	VAVE
Uruguai*	71,93	789,783	<u>56,81</u>	Emirados Árabes	46,78	766,49	35,85	Portugal*	53,69	459,59	24,68
Argentina	61,90	707,664	43,80	Alemanha*	24,03	641,97	15,43	Espanha*	47,41	459,59	21,79
Alemanha*	47,71	789,783	<u>37,68</u>	Espanha	17,29	435,36	7,53	Países Baixos*	44,32	459,59	20,37
Reino Unido*	26,03	789,783	<u>20,56</u>	Maçã (91,92%)	Volume exportado	Água	VAVE	Reino Unido*	39,33	459,59	18,08
Países Baixos*	15,00	789,783	<u>11,85</u>	Bangladesh*	116,00	821,61	95,31	Alemanha*	34,81	459,59	16,00
Polônia*	10,32	789,783	<u>8,15</u>	Países Baixos	108,97	145,51	<u>15,86</u>	EUA	26,85	474,85	12,75
Coco (93,55%)	Volume exportado	Água	VAVE	Reino Unido	59,35	287,84	<u>17,08</u>	França*	22,73	459,59	10,45
Egito*	0,11	2687,06	0,29	Irlanda	49,67	212,71	<u>10,57</u>	Itália*	12,67	459,59	5,82
Paraguai*	0,07	2687,06	0,19	Portugal	41,66	581,50	24,23	Suíça*	11,95	459,59	5,49
EUA*	0,05	2687,06	0,13	França	26,73	188,51	<u>5,04</u>	Melancia (96,68%)	Volume exportado	Água	VAVE
Turquia*	0,02	2687,06	0,05	Espanha	25,06	535,80	13,43	Países Baixos*	224,77	238,32	53,57
Laranja (91,83%)	Volume exportado	Água	VAVE	Rússia	22,52	1289,89	29,05	Reino Unido*	138,78	238,32	33,07
Espanha	57,91	437,46	25,33	Alemanha	22,25	212,93	<u>4,74</u>	Argentina	14,01	494,73	6,93
Reino Unido*	41,64	559,69	23,31	Dinamarca	14,94	264,06	<u>3,94</u>	Espanha	13,74	154,85	<u>2,13</u>
Portugal	37,54	667,31	25,05	Suécia	14,48	355,46	<u>5,15</u>	Uva (92,79%)	Volume exportado	Água	VAVE
Países Baixos*	37,44	559,69	20,96	Emirados Árabes*	11,87	821,61	9,75	Países Baixos	194,47	1131,87	220,12
França	20,12	329,69	6,63	Manga (94,16%)	Volume exportado	Água	VAVE	Reino Unido	97,75	1910,99	186,80
Paraguai	16,11	636,20	10,25	Países Baixos*	607,04	1800,22	1092,80	EUA	46,27	416,41	19,27
Dinamarca*	7,00	559,69	3,92	EUA	245,61	3804,90	934,51	Alemanha	18,89	304,35	<u>5,75</u>
Arábia Saudita*	6,03	559,69	3,37	Espanha*	160,90	1800,22	289,66	Noruega*	7,34	608,22	4,46

¹ Os valores entre parêntese indicam a parcela relativa do volume importado pelos países descritos; os "*" representam os países para os quais não haviam dados disponíveis da quantidade de água embutida na elaboração de um produto, sendo utilizado, neste caso, a média mundial. As unidades de medidas das variáveis são: "Valor exportado" definida em mil toneladas, "Água" definida em m³/ton e "VAVE" em milhões de m³.

Fonte: Elaboração própria, resultado da pesquisa.

Tabela 6. Quantidade de água virtual utilizada na produção, conforme a pegada hídrica brasileira de 2010 a 2017, em milhões de m³

Abacaxi (96,75%)¹	Volume exportado	Água	VAVE	Suécia	5,66	395,18	2,24	Reino Unido	86,91	933,06	81,10
Argentina	14,17	159,55	2,26	Limão (93,06%)	Volume exportado	Água	VAVE	Portugal	70,18	933,06	65,48
Uruguai	3,24	159,55	0,52	Países Baixos	496,16	537,13	266,50	Canadá	47,14	933,06	43,99
Banana (92,85%)	Volume exportado	Água	VAVE	Reino Unido	118,72	537,13	63,77	Mamão (92,79%)	Volume exportado	Água	VAVE
Uruguai	71,93	1003,317	<u>72,17</u>	Emirados Árabes	46,78	537,13	25,12	Portugal	53,69	237,91	12,77
Argentina	61,90	1003,317	62,10	Alemanha	24,03	537,13	12,91	Espanha	47,41	237,91	11,28
Alemanha	47,71	1003,317	<u>47,87</u>	Espanha	17,29	537,13	9,28	Países Baixos	44,32	237,91	10,54
Reino Unido	26,03	1003,317	<u>26,12</u>	Maçã (91,92%)	Volume exportado	Água	VAVE	Reino Unido	39,33	237,91	9,36
Países Baixos	15,00	1003,317	<u>15,05</u>	Bangladesh	116,00	372,77	43,24	Alemanha	34,81	237,91	8,28
Polônia	10,32	1003,317	<u>10,35</u>	Países Baixos	108,97	372,77	<u>40,62</u>	EUA	26,85	237,91	6,39
Coco (93,55%)	Volume exportado	Água	VAVE	Reino Unido	59,35	372,77	<u>22,12</u>	França	22,73	237,91	5,41
Egito	0,11	1239,60	0,13	Irlanda	49,67	372,77	<u>18,52</u>	Itália	12,67	237,91	3,01
Paraguai	0,07	1239,60	0,09	Portugal	41,66	372,77	15,53	Suíça	11,95	237,91	2,84
EUA	0,05	1239,60	0,06	França	26,73	372,77	<u>9,96</u>	Melancia (96,68%)	Volume exportado	Água	VAVE
Turquia	0,02	1239,60	0,02	Espanha	25,06	372,77	9,34	Países Baixos	224,77	314,77	70,75
Laranja (91,83%)	Volume exportado	Água	VAVE	Rússia	22,52	372,77	8,40	Reino Unido	138,78	314,77	43,68
Espanha	57,91	395,18	22,88	Alemanha	22,25	372,77	<u>8,29</u>	Argentina	14,01	314,77	4,41
Reino Unido	41,64	395,18	16,46	Dinamarca	14,94	372,77	<u>5,57</u>	Espanha	13,74	314,77	<u>4,33</u>
Portugal	37,54	395,18	14,84	Suécia	14,48	372,77	<u>5,40</u>	Uva (92,79%)	Volume exportado	Água	VAVE
Países Baixos	37,44	395,18	14,80	Emirados Árabes	11,87	372,77	4,42	Países Baixos	194,47	352,32	68,52
França	20,12	395,18	7,95	Manga (94,16%)	Volume exportado	Água	VAVE	Reino Unido	97,75	352,32	34,44
Paraguai	16,11	395,18	6,37	Países Baixos	607,04	933,06	566,40	EUA	46,27	352,32	16,30
Dinamarca	7,00	395,18	2,77	EUA	245,61	933,06	229,17	Alemanha	18,89	352,32	<u>6,66</u>
Arábia Saudita	6,03	395,18	2,38	Espanha	160,90	933,06	150,13	Noruega	7,34	352,32	2,59

¹ Os valores entre parêntese indicam a parcela relativa do volume importado pelos países descritos. As unidades de medidas das variáveis são: "Valor exportado" definida em mil toneladas, "Água" definida em m³/ton e "VAVE" em milhões de m³.

Fonte: Elaboração própria, resultado da pesquisa.

Além disso, foi sublinhado no corpo das Tabelas (5 e 6) os países nos quais a produção das frutas exigem menor volume de água em comparação ao Brasil. Fica evidente que para grande parte dos parceiros importadores brasileiros que consomem maçã, por exemplo, a demanda do recurso hídrico é menor. Logo, ao considerar apenas o elemento água, é recomendado que o Brasil importe a fruta em vez de produzi-la, elevando a eficiência do recurso hídrico no país. Sobretudo porque o Rio Grande do Sul, estado que mais a exporta (em ton), apresenta pegada hídrica superior à média dos países sublinhados, o que implica maior quantidade de água exportada.

O mesmo foi verificado para alguns países que importaram banana, melancia e uva. No caso da banana, a maior parte dos países importadores da fruta não apresentavam dados sobre suas pegadas hídricas⁶, sendo utilizada a média mundial. Esse procedimento metodológico, embora recomendado na literatura, inviabiliza realizar inferências exatas sobre a demanda hídrica de cada país importador e compará-la à demanda brasileira. No entanto, ressalta-se que o estado de Santa Catarina, que apresenta o maior volume exportado da fruta (em ton), exige menos água que a média mundial para a produção da mesma, deste modo, sugere-se que o Brasil está utilizando a água de forma eficiente na produção de banana.

Por fim, a Tabela 7 apresenta o volume de recurso hídricos renováveis de água doce (em milhões de m³) para os países citados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 7. Recursos internos renováveis de água doce, em milhões de m³

Brasil	Rússia	Canadá	EUA	Noruega	Argentina	Turquia	França	Itália
5,661	4,312	2,850	2,818	3,82	292	227	200	182,5
Suécia	Reino Unido	Paraguai	Espanha	Alemanha	Bangladesh	Uruguai	Polônia	Irlanda
171	145	117	111,2	107	105	92,2	53,6	49
Suíça	Portugal	Países Baixos	Dinamarca	Arábia Saudita	Egito	Emirados Árabes		
40,4	38	11	6	2,4	1,8	0,15		

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do Banco Mundial.

Percebe-se que a quantidade de água doce disponível aos parceiros importadores do Brasil inviabiliza as atividades agrícolas que exigem grandes volumes do recurso (Tabela 7). De acordo com Deng et al. (2015), o setor agrícola é o menos eficiente no uso da água e os problemas de escassez nos países podem ser controlados através da estrutura de comercialização dos produtos no mercado internacional. De tal modo, torna-se possível

⁶ Na Tabela 5 os países que apresentam símbolo “*” não disponibilizavam dados sobre a pegada hídrica para o produto em questão.

concluir que o comércio internacional é uma boa medida para a redução dos problemas de escassez hídrica e para a promoção da alocação do recurso no globo, promovendo a sustentabilidade no sistema de trocas no quesito “comércio de água virtual”.

CONCLUSÕES

Estima-se que grande quantidade de água, associada ao comércio de alimentos, é exportada para outros países através dos fluxos de água virtual. Para o comércio brasileiro de frutas, verificou-se que o estado de Santa Catarina é o mais eficiente no uso do recurso hídrico, haja vista ser o estado que mais exporta o bem (em toneladas), sendo também o estado que demanda o menor volume de água no processo produtivo. Por outro lado, Pernambuco é o menos eficiente, uma vez que é o maior exportador de água virtual através do comércio de uvas e o estado que demanda maior volume de água para a sua produção. Ademais, apesar dos outros estados não estarem otimizando o uso do recurso hídrico na produção das frutas que mais exportam, têm uma pegada hídrica inferior à média brasileira.

No geral o Brasil tem comercializado suas frutas para os países que gastariam volume de água superior para produzir a mesma quantidade de frutas que importaram. O que leva à conclusão de que ao exportar frutas, o Brasil contribuiu para um comércio sustentável em relação ao uso da água.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. *Conjuntura dos recursos hídricos*. Agência Nacional de Águas. Brasília. 2017.
- ALLAN, J.A. Virtual water: a strategic resource global solution to regional deficits. *Ground Water*. University of London, UK, 36, 545–546. 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS - ABRAFRUTAS. *Fruticultura – Setor em Expansão*. Brasília. 2018.
- BANCO MUNDIAL. *Renewable internal fresh water resources, total (billion cubic meters)*. Food and Agriculture Organization, AQUASTAT data. Genebra, Suíça. 2019.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). *Pib do Agronegócio Brasileiro*. Piracicaba, São Paulo. 2018.
- ESTATÍSTICAS DO COMÉRCIO EXTERIOR BRASILEIRO – COMEXSTAT. *Database*. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Brasília. 2019.
- DALIN, C.; RODRIGUEZ, I. Environmental impacts of food trade via resource use and greenhouse gas emissions. *Environmental Research Letters*, IOP Science, v. 11, n. 3, p. 035012, 2016.

- DALIN, C.; SUWEIS, S.; KONAR, M.; HANASAKI, N.; RODRIGUEZ, I. Modeling past and future structure of the global virtual water trade network. *Geophysical Research Letters*, Wiley Online Library, v. 39, n. 24, 2012.
- DENG G., WANG L., SONG Y. Effect of Variation of Water-Use Efficiency on Structure of Virtual Water Trade - Analysis Based on Input-Output Model. *Water Resources Management*. Springer, v. 29, n. 8, p. 2947-2965, 2015.
- GELAIN, J.G., LICKS, E.B, ALMEIDA, A.N. Exportação Brasileira de Soja e Carne Bovina em Termos de Água Virtual. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 55, 2017. *Anais...Santa Maria UFSM: SOBER*, 2017.
- HOEKSTRA, A. Y. A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA. *Ecological Indicators*. Elsevier, v. 66, p. 564-573, 2016.
- HOEKSTRA, A. Y. Water Footprint Assessment: Evolvement of a New Research Field. *Water Resource Manage*. Springer, v. 31, n. 10, p. 3061-3081, 2017.
- HOEKSTRA, A. Y.,CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M.,MEKONNEN, M. M. Water Footprint Manual: State of the Art . *Water Footprint Network*, Ensched, The Netherlands. 2009.
- HOEKSTRA, A. Y.,CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M.,MEKONNEN, M. M. *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Earthscan. The Netherlands, 2011.
- HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M. The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 109, n. 9, p. 3232-3237, 2012.
- INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS - IMECHE. *Global Food: Waste Not, Ant Not*. Londres, Inglaterra. 2013.
- KONAR, M.; CAYLOR, K. K. Virtual water trade and development in Africa. *Hydrology and Earth System Sciences*. *Copernicus*, v. 17, n. 10, p. 3969-3982, 2013.
- KONAR, M.; REIMER, J. J; HUSSEIN, Z.; HANASAKI, N. The water footprint of staple crop trade under climate and policy scenarios. *Environmental Research Letters*. IOP Science, v. 11, n. 3, p. 035006, 2016.
- KUMAR, M.D.; O.P. SINGH. Virtual water in global food and water policy making: is there a need for rethinking? *Water Resource Manage*. Springer, v. 19, n. 6, p. 759-789, 2005.
- LIU, W.; ANTONELLI, M.; LIU, X.; YANG, H. Towards improvement of grey water footprint assessment: With an illustration for global maize cultivation. *Journal of Cleaner Production*. Elsevier, v. 147, p. 1-9, 2017.
- MARIANELA, F., DIETER, G., MICHAEL, K., WOLFGANG, L., WOLFGANG, C. Spatial decoupling of agricultural production and consumption: quantifying dependences of countries on food imports due to

domestic land and water constraints. *Environmental Research Letters*. IOP Science, v. 8, n. 1, p. 14-46, 2013.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The Green, Blue and Grey Water Footprint of Crops and Derived Crop Products. Volume 1: Main Report. In. *Value of Water Research Report Series*, n° 47, IHE, Delft, The Netherlands, 2010.

MERINO, C.A.N.; RODRIGUEZ, O.O.O. VILLAMIZAR, R.A.G. Assessing Green and Blue Water Footprints in the Supply Chain of Cocoa Production: A Case Study in the Northeast of Colombia. *Sustainability*. MDPI. v. 10, n. 1, p. 38, 2017.

OKI, T.; KANAE, S. Virtual water trade and world water resources. *Water Science and Technology*, IWA Publishing, v. 49, n. 7, p. 203-209, 2004.

OKI, T.; YANO, S.; HANASAKI, N. Economic aspects of virtual water trade. *Environmental Research Letters*. IOP Science, v. 12, n. 4, p. 02-44, 2017.

PERRONE, D.; HORNBERGER, G. M. Water, food, and energy security: Scrambling for resources or solutions? *WIREs Water*. Wiley Library, v. 1, n. 1, p. 49-68, 2014.

SHIKLOMANOV, I. A.; RODDA, J. C. World water resources at the beginning of the twenty-first century. *Internacional Hydrology Series*. Cambridge University Press. 2003. Disponível em: <<http://assets.cambridge.org>>. Acesso em março/2019.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - WBCSD, Water Version 2, Facts and Trends. Genebra, Suíça. 2005.

WORLD INTEGRATED TRADE SOLUTION - WITS. *Database*. Disponível em: <<https://wits.worldbank.org/>> Acesso em março/2019.

YANG, H.; WANG, L.; ABBASPOUR, K. C.; ZEHNDER, A. J. B. Virtual water trade: An assessment of water use efficiency in the international food trade. *Hydrology and Earth System Sciences*. *Copernicus*, v. 10, n. 3, p. 443-454, 2006.