

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM AGRONEGÓCIOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

JACQUELINE PIRES COIN

**OS FLUXOS DE ÁGUA VIRTUAL NAS EXPORTAÇÕES DOS SETORES DO  
AGRONEGÓCIO BRASILEIRO**

PORTO ALEGRE

2022

JACQUELINE PIRES COIN

**OS FLUXOS DE ÁGUA VIRTUAL NAS EXPORTAÇÕES DOS SETORES DO  
AGRONEGÓCIO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Orientador: Prof. Dr. Edson Talamini

PORTO ALEGRE

2022

### CIP - Catalogação na Publicação

Coin, Jacqueline Pires  
OS FLUXOS DE ÁGUA VIRTUAL NAS EXPORTAÇÕES DOS  
SETORES DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO / Jacqueline Pires  
Coin. -- 2022.  
65 f.  
Orientador: Dr. Edson Talamini.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em  
Agronegócios, Programa de Pós-Graduação em  
Agronegócios, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Agronegócio. 2. Exportação. 3. Água virtual. 4.  
Escassez hídrica. 5. Matriz insumo-produto. I.  
Talamini, Dr. Edson, orient. II. Título.

JACQUELINE PIRES COIN

**OS FLUXOS DE ÁGUA VIRTUAL NAS EXPORTAÇÕES DOS SETORES DO  
AGRONEGÓCIO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Orientador: Prof. Dr. Edson Talamini

Aprovada em: Porto Alegre, agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Marco Antonio Montoya Rodriguez

UPF

---

Profa. Dra. Gabriela Allegretti

UFRGS

---

Prof. Dr. Heinrich Hasenack

UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

Esta dissertação nasceu junto a uma pandemia, no dia 18/03/2020 seria meu primeiro dia de aula do mestrado e então a notícia do lockdown. Desenvolver um trabalho de pesquisa no meio de uma pandemia não foi uma tarefa fácil por questões físicas e psicológicas, chegar até aqui foi um desafio. Porém, a busca pelo conhecimento supera as dificuldades.

Agradeço imensamente pelas orientações e sensibilidade do prof. Dr. Edson Talamini por guiar com sabedoria e maestria com toda sua experiência esta pesquisa.

Agradeço ao prof. Dr. Marco Antonio Montoya por auxiliar na realização desse trabalho e compartilhar parte do seu conhecimento pelo tema da pesquisa.

Agradeço a Deus pela vida, a minha família, em especial meus pais Graciano e Vitória, meus irmãos Jackson e Janaine, meu noivo Luciano, minha sogra Lucia e minha filha de quatro patas Charlotte, pela motivação, força, amor e compreensão. Em especial, a minha tia/madrinha/segunda-mãe amada, Margarida, que foi vítima da COVID. E aquele adeus não pude dar, você marcou em minha vida...

A BECOMEX e colegas de equipe, em especial para o meu gerente Luiz Carlos Nepomuceno Jr. pela compreensão nas vezes que precisei me ausentar do trabalho.

Agradeço a UFRGS pela oportunidade do título de mestra em Agronegócio.

E a todos que de forma direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação - o meu muito obrigada.

## RESUMO

A água está presente em todos os processos e atividades humanas, sendo uma fonte vital para o ser humano. O Brasil é depositário de cerca de 12% do estoque mundial de água, caracterizando-se como um dos países com relativa abundância de água. Entretanto, devido a um histórico de uso inadequado dos recursos hídricos pela humanidade, associado a um aumento da demanda por diversos atores sociais e econômicos, como exemplo, o aumento da população e a crescente demanda por alimentos, alguns países já enfrentam situações de escassez hídrica. A água é um dos recursos naturais bastante empregados nas atividades econômicas e principalmente nos setores de atividades do agronegócio, sendo estas responsáveis pelo consumo de mais de 72% de toda a água utilizada no país. O setor agropecuário, por exemplo, é o maior consumidor de água do mundo, evidenciando a importância de compreender em maior profundidade a relação entre o agronegócio e a água. O conceito água virtual e pegada hídrica surge com o intuito de quantificar a água envolvida nos meios de produção e, a partir dessa quantificação, tornar possível o entendimento do uso e troca de água através da comercialização de produtos. A pesquisa buscou analisar o fluxo de água virtual incorporado aos produtos que circulam no mercado exterior, especialmente do setor do agronegócio. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os fluxos de água virtual nas exportações dos setores do agronegócio brasileiro e sua relação com a escassez hídrica nos países importadores, demonstrando o papel do Brasil como um grande exportador de água virtual através de produtos ligados ao agronegócio. Para a pesquisa foram analisadas as exportações brasileiras relativas aos anos de 2010 a 2020 com destino aos 42 principais países parceiros comerciais e o volume de água virtual utilizado para as 67 atividades econômicas para as quais o Brasil realizou exportações neste período, dentre elas as do setor do agronegócio. Para isto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica descritiva pautada em livros, artigos científicos e site especializados sobre o tema e dados da matriz insumo-produto para calcular o consumo de água virtual, a pesquisa possibilitou concluir que os países com maior escassez de água apresentaram tendência a aumentar as importações do agronegócio brasileiro. A pesquisa visou demonstrar a importância da água para as relações comerciais e a atual situação do Brasil. Assim, frente a escassez de água global, o Brasil através de suas exportações contribui com abundantes recursos hídricos para o abastecimento mundial através das exportações. O conceito de pegada hídrica e água virtual devem ser de conhecimento dos exportadores brasileiros, alertando sobre a importância do consumo de água consciente como forma de prevenir a sua escassez no futuro e uma forma de vantagem competitiva em comparação com outros países que possuem escassez hídrica e risco de seca.

**Palavras-Chave:** Agronegócio. Água virtual. Exportação. Escassez hídrica. Pegada hídrica. Matriz insumo-produto. Comércio Internacional.

## ABSTRACT

Water is present in all human processes and activities, and it is a vital source for human beings. Brazil is the depository of about 12% of the world's water supply, characterizing itself as one of the countries with a relative abundance of water. However, due to a history of inadequate use of water resources by humanity, associated with the increase in demand by various social and economic actors, such as the increase in population and the growing demand for food, some countries are already facing situations of water scarcity. Water is one of the natural resources widely used in economic activities, mainly in the agribusiness sectors, which are responsible for consuming more than 72% of all water used in the country. The agricultural sector, for example, is the largest consumer of water in the world, highlighting the importance of understanding in greater depth the relationship between agribusiness and water. The concept of virtual water and water footprint arises to quantify the water involved in the means of production and, based on this quantification, making it possible to understand the use and exchange of water through product commercialization. This research sought to analyze virtual water flow incorporated in products that circulate in the foreign market, mainly in the agribusiness sector. The present study aimed to evaluate virtual water flows in exports from the Brazilian agribusiness sectors and their relationship with water scarcity in importing countries, demonstrating Brazil's role as a great exporter of virtual water through products linked to agribusiness. For the research, Brazilian exports from 2010 to 2020 to the 42 major trading partner countries and the volume of virtual water used for the 67 economic activities to which Brazil exported in this period were analyzed, including the agribusiness sector. For this, descriptive bibliographic research was carried out based on books, scientific articles, and specialized websites on the matter and data from the input-output matrix to calculate virtual water consumption. The research concluded that countries with greater water scarcity tend to increase Brazilian agribusiness imports. This research aimed to demonstrate the importance of water for commercial relations and the current situation in Brazil. Thus, in the face of global water scarcity, Brazil, through its exports, contributes abundant water resources to the world supply through exports. The concept of water footprint and virtual water should be known by Brazilian exporters, warning them about the importance of water conscientious consumption as a way to prevent its scarcity in the future and as a form of competitive advantage over countries that have water scarcity and droughts risk.

**Keywords:** Agribusiness. Virtual water. Export. Water shortage. Water footprint. Input-output matrix. International trade.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valores das exportações dos demais setores da economia brasileira em comparação com as exportações dos setores do agronegócio, Brasil, 2010 a 2020, em US\$ bilhões. ....	32
Figura 2 - Principais destinos das exportações brasileiras nos anos de 2010, 2015 e 2020, Valor FOB (US\$).....	36
Figura 3 - Principais setores do agronegócio em volume de exportações e seus respectivos destinos, 2020, Valor FOB (US\$). ....	37
Figura 4 - Distribuição de água doce nos continentes (%). ....	40
Figura 5 - Volume anuais de água virtual exportada pelos agregados dos setores do agronegócio brasileiro, 2010 a 2020, em hm <sup>3</sup> /ano. ....	48
Figura 6 - Volume anuais de água virtual em hm <sup>3</sup> /ano e valor em dólar exportada pelos setores agregados do agronegócio brasileiro, 2010 a 2020. ....	48
Figura 7 - Volume total acumulado anuais de água virtual exportada pelos setores agregados do agronegócio brasileiro, 2010 a 2020, em hm <sup>3</sup> /ano, por país.....	49
Figura 8 - Correlação entre exportações totais e consumo setorial de água.....	50
Figura 9 - Correlação entre exportações para os 42+ parceiros comerciais do Brasil e consumo setorial de água . ....	51
Figura 10 - Matriz de correlação de Pearson entre o consumo setorial total de água e os estados de estresse hídrico considerando as exportações setoriais para os 42+ parceiros comerciais do Brasil.....	55
Figura 11 - Matriz de correlação de Pearson entre o consumo setorial total de água e os estados de risco de seca considerando as exportações setoriais para os 42+ parceiros comerciais do Brasil.....	56



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Água utilizada para a produção de alimentos selecionados. ....	20
Tabela 2 - Setores da matriz de Insumo-Produto .....	24
Tabela 3 - Critérios do WRI para a classificação dos países quanto o estresse hídrico e risco de seca .....	25
Tabela 4 - Fluxo de valores das exportações brasileiras no período de 2010 a 2020.....	31
Tabela 5 Divisão das atividades econômicas ligadas ao agronegócio que exportaram nos anos 2010 a 2020, Brasil, Valor FOB (milhões de US\$).....	33
Tabela 6 - Área do país, terras agrícolas e população dos principais países importadores do Brasil.....	35
Tabela 7 - Os 10 maiores riscos em termos de Probabilidade e Impacto, para o ano de 2020.	41
Tabela 8 - Classificação do estresse hídrico, do esgotamento de água e do risco de seca e dos principais países importadores do agronegócio brasileiro.....	44
Tabela 9 - Volume total e médio de água virtual exportado pelos setores do agronegócio, Brasil – Acumulado 2010 a 2020, em hm <sup>3</sup> .....	47

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1- Os países que mais importam do Brasil com base no valor relativo das importações de ANO 2020, em US\$.....	25
Quadro 2 - Maiores Riscos Globais em Termos de Impacto dos anos de 2010 a 2020. ....	42

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	9
1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.3 OBJETIVOS .....	13
<b>1.3.1 Objetivo geral .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
1.4 JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 A DOTAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS E O COMÉRCIO INTERNACIONAL.....	15
2.2 A DOTAÇÃO DO RECURSO NATURAL ÁGUA ENTRE OS PAÍSES.....	16
2.3 O COMÉRCIO INTERNACIONAL E OS FLUXOS DE ÁGUA VIRTUAL .....	17
2.4 PEGADA HÍDRICA.....	18
2.5 ÁGUA VIRTUAL .....	20
2.6 ESCASSEZ HÍDRICA .....	21
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>23</b>
3.1 MODELO INSUMO-PRODUTO EM UNIDADES MONETÁRIAS.....	26
3.2 MODELO INSUMO-PRODUTO ECOLÓGICO .....	27
<b>3.2.2 As exportações de água virtual.....</b>	<b>28</b>
3.3 BASE DE DADOS .....	28
<b>4 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>29</b>
4.1 EXPORTAÇÕES DOS SETORES DO AGRONEGÓCIO .....	29
4.2 PRINCIPAIS DESTINOS DAS EXPORTAÇÕES DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO .....	35
4.3 DOTAÇÃO DO RECURSO NATURAL ÁGUA NOS PAÍSES IMPORTADORES...38	
4.4 EXPORTAÇÕES DE ÁGUA VIRTUAL PELOS SETORES DO AGRONEGÓCIO..45	
4.5 EXPORTAÇÕES DE ÁGUA VIRTUAL E ESCASSEZ HIDRICA NOS PAÍSES IMPORTADORES .....	49
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A água é um recurso natural de extrema importância para o planeta Terra, sendo essencial à vida humana e à manutenção da biodiversidade terrestre e aquática. O relacionamento dos seres humanos com a natureza ocorre de várias formas, dependendo de sua cultura e costumes. Alguns seres humanos alteram e danificam o meio ambiente mais do que os outros, de maneira que os componentes naturais são apropriados e modificados de diferentes formas pela sociedade. A água sempre foi vista como um recurso natural renovável, devido à sua capacidade de se recompor em termos de quantidade e qualidade. Porém, as ações humanas têm influenciado na disponibilidade da água, pois a forma de uso é que irá condicionar qualidade e disponibilidade da sua oferta (NIEDERAUER, 2007).

O Brasil é o maior depositário natural de águas doces do planeta, detém 12% de toda a água doce superficial do mundo. Apesar disso, nos deparamos com graves problemas sociais relacionados com a água no território nacional, indo desde situações de carência absoluta até o desperdício e problemas de baixa qualidade por contaminação orgânica ou química. Impactos ambientais, como desmatamentos, mineração irregular, têm alterado a disponibilidade de água potável, dificultando o uso para consumo humano (AUGUSTO *et al.*, 2012).

Além da importância da água para vida humana, a água tem também, um papel econômico de grande relevância, uma vez que seus usos múltiplos – abastecimento público, produção de alimentos, geração de hidroeletricidade, navegação, desenvolvimento industrial entre outros – promovem a movimentação das economias nacionais e internacionais (BRAGA *et al.*, 2008).

A demanda por água vem crescendo rapidamente, na medida do aumento populacional e industrialização observada em todo o mundo. O consumo dos recursos naturais frente ao perfil de consumo adotado pela humanidade tem se tornado insustentável, sendo um dos grandes problemas previstos para o século XXI. A escassez de recursos hídricos, provocados pela expansão demográfica, crescimento populacional, expansão das atividades econômicas, industrialização registrada no último século acompanhada do desperdício tem causado impacto na disponibilidade da água potável e degradação de recursos naturais. A escassez de recursos também pode se dar pela dotação natural do recurso, a disponibilidade de recursos naturais não é distribuída de forma igual em todos os países.

O consumo da água ocorre de duas maneiras: de forma direta, quando alguém abre a torneira para realizar atividades cotidianas domésticas; e, de forma indireta, através da aquisição de bens de consumo, como carros, roupas, material de limpeza, produtos alimentícios, etc. O problema do consumo indireto de água é que ela passa despercebida pelas pessoas por ser “invisível”, ou seja, se ignora as enormes quantidades de água embutida nos processos de produção de bens e serviços finais consumidos no país (MONTROYA, 2020).

A água também se faz presente nas diferentes etapas do processo produtivo de diversos setores da agricultura, pecuária, agroindústria ou indústria. A água presente como componente de alimentos ou produtos não necessariamente está na forma líquida, mas encontra-se indiretamente no produto, pois foi utilizada ao longo de seu processo produtivo. A maior parte do uso da água ocorre na produção agrícola, mas há também volumes substanciais de água consumida pelos setores industriais durante a produção (WWAP, 2009). Durante a pesquisa será demonstrado que o Brasil como um grande exportador de produtos ligados a agricultura e agropecuária se torna automaticamente um grande exportador de água virtual.

Segundo Rebouças (1999, p.7), 97,5% das águas são salgadas. O restante, 2,5%, é de água doce. Com relação a esta última tem-se que:

a) Parte da água doce é composta por geleiras glaciais, calotas polares e neves, portanto, não disponível para o consumo humano; e,

b) As águas estão nas superfícies, subterrâneo e evapotranspiração. Estão disponíveis nos rios e lagos, para uso e consumo imediato, assim como compõem a umidade dos solos, vapor e águas dos pântanos.

Consequentemente, menos de 1% de toda a água doce é potável e está disponível para os diversos usos, tais como uso humano, incluindo atividades domésticas e agrícolas (SAPKOTA, 2019). Além disso, dados da WWF (2006) mostram que o consumo de água vem aumentando nos últimos 100 anos. De 1900 a 2000, o consumo total da água no planeta aumentou dez vezes (de 500 km<sup>3</sup>/ano para mais 5.000 Km<sup>3</sup>/ano) em todos os usos, setores, continentes e países. Soma-se a distribuição e acesso desigual entre os países e dentro de cada país (GODOY, 2006).

Para quase todos os propósitos precisamos da água doce na forma como ela é encontrada no continente. A água salgada do oceano não é útil para beber, lavar, cozinhar, irrigar ou para a maioria das aplicações na indústria. A água salgada pode ser dessalinizada, mas este é um processo caro e demanda muita energia sendo viável somente para um número limitado de aplicações. A má distribuição da água no planeta é um grave problema, pois alguns países como o Brasil desfrutam de uma grande disponibilidade hídrica, mesmo com problemas internos

citados na abertura do capítulo, por outro lado, existem países que tem esse recurso escasso, limitado ou até nulo (ANA, 2010).

As crises hídricas vivenciadas dentro e fora do Brasil podem ser interpretadas como reflexo do que Porto-Gonçalves (2008) chama de uma grande desordem ecológica vivenciada pela sociedade atual, que transparece, de maneira particular, quando percebida a partir das águas. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), os recursos hídricos do planeta enfrentam uma grande ameaça, estimando-se que até 2050, entre 3,5 a 4,4 milhões de pessoas terão acesso limitado à água, incluindo a população que reside nas grandes cidades (ONU, 2020).

A partir de 1992, por meio da Agenda 21, foi estabelecido o papel de cada país na preservação de recursos, dentre eles, a água. Muito mais que se comprometer a refletir, os países foram convocados a agir e cumprir metas para o desenvolvimento sustentável (ONU, 1995). Após essa contextualização sobre a importância da água para as questões sociais e comerciais, na próxima seção será tratado sobre o problema de pesquisa.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Hoekstra (2002) levantou um questionamento essencial que une o manejo de recursos hídricos com o suprimento de um país: “Quanta água uma nação economiza se importar um produto ao invés de produzi-lo?”. No âmbito mundial, Yang *et al.* (2006) afirmam que o aumento no fluxo de água virtual entre os países é uma solução para combater a escassez de água regional. Contudo, os países exportadores devem entender os dados desse fluxo. Logo, a discussão sobre os fluxos de água virtual de um país se amplia a fim de entender seu balanço hídrico. A questão principal seria a demanda e a oferta de água para o contexto nacional e internacional, gerando dados essenciais para tomada de decisões de políticas públicas quanto ao direcionamento do potencial hídrico da nação.

As reservas estão desigualmente distribuídas geográfica e demograficamente, pois alguns países possuem maior reserva hídrica do que outros países. Conforme citado na seção anterior, a água doce tem se tornado cada vez mais um recurso global disputado, determinado pelo crescimento do comércio internacional de mercadorias de alto consumo de água. Além dos mercados regionais, há também mercados globais para bens que consomem muita água, tais como produtos agrícolas e pecuários.

A reserva de água doce do Brasil é a maior do planeta, mas em algumas regiões do país já existe escassez, devido a desigualmente que é distribuída internamente, podendo se agravar

com o crescimento da economia brasileira, que aumenta significativamente a demanda da água nas atividades produtivas. Por isso há necessidade de debater o assunto a fim de buscar possíveis soluções e/ou políticas públicas sobre a utilização da água (ANA, 2010).

Como um grande exportador de commodities agrícolas, o Brasil também tende a exportar volumes significativos de água virtual incorporada aos produtos. A economia brasileira se encontra em fase de ascensão com relação às exportações. No ano de 2020, os principais produtos que o Brasil exportou, em valores monetários, de acordo com as estatísticas de comércio exterior foram: soja, minério de ferro, petróleo, açúcares e melações, carne bovina, farelo de soja, celulose, carne de aves, milho e óleos combustíveis. Alguns dos produtos mais demandados no exterior são tradicionalmente associados às terras brasileiras. Dentre os principais parceiros importadores dos produtos brasileiros destacam-se: China (33,6%), Estados Unidos (9,84%), Argentina (3,88%), Holanda (3,68%) e Espanha (2,1%) (MDIC, 2021).

Os produtos do agronegócio brasileiro desempenham importante papel no cenário comercial mundial, sendo o país um importante parceiro comercial no cenário global. Entre janeiro e outubro de 2020, as exportações brasileiras somaram US\$ 174,1 bilhões, de acordo com dados do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Num país como o Brasil, que é grande exportador de commodities, junto com os contêineres cheios de produtos que deixam o país rumo ao exterior também são exportadas toneladas de água virtual.

O Brasil, ao longo dos últimos 50 anos, vem pressionando o meio ambiente por mais recursos hídricos devido ao crescimento econômico, que lhe deu o status da oitava economia mundial, bem como ao aumento da população que duplicou, passando de 93,1 milhões em 1970 para 201,1 milhões de habitantes em 2020 (MONTROYA, 2020). Esse panorama intensifica ainda mais a necessidade de recursos hídricos para atender ao crescimento populacional e o desenvolvimento da economia.

Essa breve contextualização demonstra que o Brasil ocupa uma posição importante como exportador de derivados da agricultura e pecuária e pode, no futuro, enfrentar questões de falta de água diante do cenário de escassez de água apresentada. Diante desses fatos, a pesquisa busca testar a hipótese de que países com maior escassez hídrica tendem a importar de setores da atividade econômica que mais consomem água. A questão que norteiam a presente pesquisa é: Quais os volumes, principais setores econômicos e principais destinos que tem sido exportados água virtual pelo Brasil e se há alguma relação entre a exportação de água virtual e a escassez de recursos hídricos nos países importadores? Na próxima seção será apresentado os objetivos da pesquisa.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Analisar as exportações de água virtual e sua relação com a escassez de recursos hídricos nos países importadores.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- a. Mensurar as exportações brasileiras de água virtual pelos setores das atividades econômicas, em geral, e do agronegócio, em particular.
- b. Avaliar a evolução da participação do agronegócio nas exportações de água virtual entre os anos de 2010 a 2020.
- c. Analisar a relação entre a intensidade no consumo de água e exportação de água virtual pelos setores da atividade econômica e a escassez de recursos hídricos nos países importadores.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Conforme citado nas seções anteriores, o Brasil ocupa um espaço muito importante no cenário atual, sendo um dos maiores exportadores de commodities, isto se deve por alguns fatores, como disponibilidade de terras cultiváveis, recursos hídricos e custos relativamente baixos de produção. O agronegócio é um dos principais segmentos que utilizam o recurso da água, neste contexto a água pode ser considerada uma vantagem competitiva e comparativa para o Brasil. A transferência da água, recurso natural que o país possui em grande quantidade, para países que não dispõem desse recurso cria o vínculo de dependência.

A água virtual é um assunto que entra no processo de educação para a sustentabilidade e vantagens comerciais para o Brasil, sendo uma nova forma de tratar este recurso natural. Partindo-se do pressuposto de que o assunto sobre exportação de água virtual é pouco divulgado em países como o Brasil, que é um grande produtor e exportador agrícola.

A valoração econômica da água é um assunto que precisa ser discutido também, uma vez que a água é um recurso escasso em alguns países, é necessário a inserção desse insumo nos custos de produção e agregar valor aos produtos exportados. O debate sobre a gestão do



uso da água se baseia também em princípios econômicos e toma como ponto sensível e fundamental, a demanda por recursos hídricos.

Nos próximos anos ainda assistiremos ao crescimento da população mundial. Uma questão importante a ser enfrentada é como alimentar essa população, principalmente considerando que a produção de alimentos está estreitamente relacionada com a disponibilidade de água, e que alguns dos alimentos exigem muito mais água para serem produzidos do que outros.

Além de uma perspectiva mercadológica, a concepção de água virtual pode trazer instrumentos para analisar e compreender como as trocas de água estão se configurando entre as diversas regiões do planeta. O desenvolvimento do presente estudo motiva a reflexão da escassez de recursos hídricos a nível mundial e o volume de água virtual exportado pelo Brasil.

Espera-se, com esta pesquisa, em um primeiro momento, compreender a relação de independência dos países com o Brasil referente aos recursos hídricos, gerar informações do volume de água virtual exportada pelo Brasil e a escassez global de água, bem como fornecer indicadores para um melhor planejamento dos recursos hídricos internamente.

Compreender a situação de oferta e demanda entre os países é entender o papel das relações comerciais internacionais, as quais explicam a dependência por recursos hídricos entre os países e pensar no método de assegurar a manutenção das reservas hídricas brasileiras. O próximo capítulo irá trazer o referencial teórico para melhor entendimento da pesquisa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será explorada a literatura sobre dotação de recursos naturais e o comércio internacional, a dotação de recursos natural água entre os países, o comércio internacional e os fluxos de água virtual, pegada hídrica, água virtual e escassez hídrica para melhor entendimento dos elementos pertinentes a presente pesquisa.

### 2.1 A DOTAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS E O COMÉRCIO INTERNACIONAL

Harold Hotelling em seu artigo clássico de 1931, *The Economics of Exhaustible Resources* citou que a utilização e exploração de qualquer recurso natural não-renovável se configura na renúncia do dispêndio deste bem no futuro, ou seja, consumir hoje um recurso que no futuro provavelmente custará mais caro ou deixará de existir. Hotelling (1931) têm comprovado que a abundância de recursos naturais não é um passaporte para elevados índices de crescimento e desenvolvimento econômico das nações e em alguns casos leva a super exploração desses recursos.

A percepção de que o excesso de recursos financeiros pode se transformar em fenômeno análogo à maldição dos recursos naturais é de Postali (2007), ao verificar que as regiões produtoras de petróleo tendem a apresentar desempenho inferior em termos de crescimento do PIB ao das regiões não produtoras. Serra (2007) traz a ideia que é necessário incluir ao custo de produção de um bem que utiliza recurso natural como uma forma de oportunidade de ganho.

No comércio internacional, a teoria das vantagens comparativas busca explicar as diferenças entre produzir e comercializar bens entre dois países, analisando o menor custo, baseando-se em um mesmo produto. As vantagens comparativas seriam mais relevantes para explicar vantagens baseadas em custos (como são as commodities). A vantagem competitiva é a capacidade de uma empresa fornecer produtos e/ou serviços de melhor qualidade ou mais baratos do que seus concorrentes, já as vantagens competitivas é mais importante quando consideramos produtos diferenciados. As vantagens comparativas seguem sendo o pilar central das teorias de comércio internacional (BUCHANAN, 2008).

A maior dotação natural de recursos representa uma vantagem comparativa entre um país que detém maior dotação comparado a outro país com menor dotação. Por exemplo, a maior disponibilidade de água em um país frente a escassez em outro, caracteriza uma vantagem comparativa para o primeiro em relação ao segundo e a teoria econômica sugere que tenderia a haver fluxos comerciais de produtos intensivos em água do primeiro para o segundo. Por outro

lado, as vantagens competitivas diriam que os países com escassez hídrica poderiam desenvolver tecnologias que, mesmo tendo menor dotação dos recursos água, tornariam os mais competitivos no mercado internacional. Na próxima seção será revisada a dotação natural do recurso água entre os países, haja vista sua centralidade no tema da pesquisa.

## 2.2 A DOTAÇÃO DO RECURSO NATURAL ÁGUA ENTRE OS PAÍSES

Ao longo do desenvolvimento das sociedades, os grupos populacionais buscavam se estabelecer nas proximidades de rios, já que a exploração dos recursos naturais é imprescindível para o desenvolvimento de qualquer civilização no mundo. Dentre os vários recursos naturais de importância social e econômica, a água é considerada a mais importante, pois é necessária para a sociedade e também necessária no processo produtivo de alguns insumos (RAMALHO, 2011).

O World Resources Institute (WRI), através do *Aqueduct Water Risk Atlas*, avaliou o estresse hídrico, escassez hídrica e riscos de seca de 189 países e mostrou que um quarto da população do mundo enfrenta estresse hídrico “extremamente alto”. Atualmente 40% da população do planeta sofre com a escassez de água. De acordo com a FAO (2022), o crescimento da escassez hídrica tem relação com o excesso do consumo de água para a produção de alimentos e a agricultura.

Uma projeção da Organização das Nações Unidas (ONU) indica que até 2050 dois terços da população mundial sofrerão com a escassez hídrica devido ao uso excessivo de recursos hídricos para a produção de alimentos, e conflitos pela água passarão a ser uma preocupação mundial.

A água virtual pode evidenciar em que medida os países que possuem um déficit hídrico, estão aumentando sua capacidade hídrica local ao importar produtos que demandem maior volume de água em sua produção. A água é um recurso escasso, e o seu uso indiscriminado pode colaborar para déficit futuro. Estudos trazem à tona o debate sobre os fluxos de água virtual entre as nações e podem colaborar na organização de uma matriz hídrica mundial (PARADA-PUIG, 2012).

No Brasil, a Lei Federal nº 9.433 de 1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a qual representa um novo marco institucional no país, pois incorpora princípios, normas e padrões de gestão de água já aceitos e praticados em muitos países. Assim, a Lei 9.433/97, ao traçar as linhas gerais quanto às prioridades para os usos da água estabelece que: “em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a

dessedentação de animais” passando a considerar a água como um bem de domínio público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico (BORBA; COSTA; TORRES, 2021).

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (Lei 9.433/97).

A Lei das Águas se refere a uma gestão descentralizada, priorizando o processo de bacias hidrográficas e remetendo o abastecimento público e o saneamento básico à responsabilidade dos municípios. Nas próximas seções são tratadas mais sobre esses três aspectos: estresse hídrico, escassez de hídrica e riscos de seca a nível mundo, iniciando pela análise do comércio internacional e os fluxos de água virtual.

### 2.3 O COMÉRCIO INTERNACIONAL E OS FLUXOS DE ÁGUA VIRTUAL

O comércio internacional se caracteriza pela troca de bens e serviços através das fronteiras internacionais. O comércio exterior está presente em grande parte da história do desenvolvimento da humanidade, mas a sua importância econômica, social e política se tornou crescente nos últimos séculos, e seu aumento pode ser relacionado com o fenômeno da globalização. É possível identificar que houve um aumento do comércio internacional por meio do PIB mundial e como vem se comportando ao longo do tempo. Em 1970 a participação era de 25%, em 2008 atingiu 61% e no ano de 2020 está em 52% (BANCO MUNDIAL, 2020).

A participação do Brasil no mercado externo sofreu uma influência muito grande do agronegócio nas últimas décadas, impulsionada principalmente pelo aumento da exportação de commodities agrícolas. O agronegócio atualmente tem uma representatividade de extrema

importância na economia nacional e mundial, empregando 1/3 de forma direta ou indireta e impulsionando a economia brasileira. Hoje ele representa aproximadamente 21,4 % do PIB. No decorrer de 2020, a pandemia COVID-19 afetou vários setores da economia, mas no agronegócio houve um superávit para os produtos agrícolas e encerrou o saldo da balança comercial como positivo (COMEXSTAT, 2022).

Além das relações econômicas decorrentes do comércio internacional de produtos, destaca-se também outra questão, não menos relevante para a sustentabilidade produtiva: a disponibilidade de recursos hídricos e sua capacidade de atender à crescente demanda por alimentos. Com o aumento das exportações, principais de insumos ligados ao agronegócio, o consumo de água vem crescendo (COMEXSTAT, 2022). O fluxo de água virtual é uma forma de suprir a escassez hídrica e/ou risco de seca internas de uma países e o comércio internacional de produtos pode auxiliar a suprir as necessidades hídricas.

Em resumo devido ao crescimento demográfico e principalmente o desenvolvimento econômico acelerado os recursos renováveis têm sofrido pressões extremamente grandes. Esta situação tem provocado estresse hídrico para a maioria dos países do mundo o que tende a intensificar o mercado de água virtual (FAO, 2021). Para entender o estresse hídrico mundial é necessário conhecer a definição de pegada hídrica e água virtual. Cabe destacar a diferença entre os conceitos de pegada hídrica e água virtual. Segundo Hoekstra *et al.* (2011), enquanto pegada hídrica se refere ao tipo da água utilizada no processo produtivo (verde, azul, cinza), água virtual possui um significado mais restrito e refere-se à quantidade de água embutida em um produto. Se um país (ou região) exporta/importar um produto, ele está exportando/importando água de modo virtual. Neste contexto, pode-se falar sobre a exportação ou importação da água virtual ou, de forma mais geral, sobre os fluxos ou o comércio de água virtual (HOEKSTRA *et al.*, 2011, p. 42). Ambos os conceitos serão tratados com detalhes nas próximas seções.

## 2.4 PEGADA HÍDRICA

O termo recurso hídrico diferencia-se de água. Rebouças *et al.* (1999, p. 1) comentam que água se refere ao elemento natural, desvinculado de qualquer utilização, enquanto recursos hídricos considera a água como bem econômico que, por sua vez, necessita de políticas econômicas e sociais específicas, pois, visa atender a múltiplos usos. Grande parte do recurso hídrico consumido está relacionada à produção de bens e serviços em cada país.

Pegada Hídrica é uma ferramenta desenvolvida para o cálculo do recurso hídrico (indicador de consumo) necessário para produção de bens e serviços, que representa o volume total de água utilizada para a produção de produtos ou utilizado por pessoa. Este conceito foi introduzido por Hoekstra e Huang (2002) como um indicador para mapear o impacto do consumo humano em relação aos recursos globais de água doce. A pegada hídrica foi introduzida com o propósito de ilustrar as relações pouco conhecidas entre o consumo humano e o uso da água, tal como também entre o comércio global e a gestão de recursos hídricos (FENG *et al.* 2011).

Tendo como objetivo de contabilizar a quantidade de água utilizada na produção de bens e serviços que são consumidos pelos indivíduos, a pegada hídrica permite quantificar o consumo de água total ao longo de toda a cadeia de produção. O conceito de pegada hídrica (PH) foi introduzido como um importante indicador do consumo de água humano (FERRAZ *et al.*, 2020). A composição de pegada hídrica de uma nação é dividida em interna e externa, sendo a interna referente ao consumo dos recursos hídricos dentro do país enquanto a externa se refere à apropriação dos recursos hídricos de outros países (OEL; MEKONNEN; HOEKSTRA, 2009).

A pegada é dividida em três tipos principais (OEL; MEKONNEN; HOEKSTRA, 2009):

- i) Verde: água precipitada sobre a terra que não escoar ou recarrega aquíferos, sendo armazenada no solo, evapotranspiração do solo e plana, ou seja, o volume de água da chuva despendida durante o processo produtivo;
- ii) Azul: refere-se ao consumo de água doce superficial e subterrânea, que pode estar em lagos, rios e aquíferos, informando o consumo de água utilizada pelos seres humanos e para a conservação da vida nos ecossistemas;
- iii) Cinza: relativa ao volume de água necessário para diluir os poluentes de modo que a qualidade de água em seu estado natural possa ser mantida em condições adequadas.

A divisão nestas três classes pode auxiliar no entendimento mais detalhado de como é realizado o consumo de água para o desenvolvimento das mais variadas atividades humanas. Para cada setor é possível analisar a pegada hídrica dos produtos e processos específicos, e assim calcular a água utilizada.

Para exemplificar, na Tabela 1 é possível verificar a quantidade de água necessária para a produção de alguns alimentos.

Tabela 1 - Água utilizada para a produção de alimentos selecionados

<b>PRODUTO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>ÁGUA UTILIZADA (Litros)</b>
MANTEIGA	1 KG	18.000
CARNE DE BOI	1 KG	17.100
QUEIJO	1 KG	5.280
CARNE DE FRANGO	1 KG	3.700
ARROZ	1 KG	2.500
LEITE	1 LITRO	712,5
BANANA	1 KG	499
OVO	1 UNIDADE	200
BATATA	1 KG	132,5

Fonte: SABESP (2021).

Enquanto a pegada hídrica define a quantidade de água consumida por uma nação, a água virtual mensura a quantidade de água embutida em produtos de exportação e importação entre as nações (HOEKSTRA; HUANG, 2002), conforme detalhado na próxima seção.

## 2.5 ÁGUA VIRTUAL

O conceito de Água Virtual foi introduzido por John Anthony Allan em 1998, sendo definida como água incorporada em commodities que mostrou como milhões de litros do “ouro azul” são utilizados na produção de alimentos e depois comercializados sem receber o valor devido. Em sua essência, Água Virtual está na concepção ao comércio indireto da água que está embutida em certos produtos e consiste em compreender que o consumo de água não é limitado pelo uso direto em atividades cotidianas, mas também, pela água utilizada na produção de bens e serviços (HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2007; CARMO et al., 2007).

Segundo Allan (2003), o termo água virtual foi introduzido a partir de meados de 1980, através da designação de “água embutida” pelo economista israelense Gideon Fishelson. A ideia original de Fishelson teve origem ao analisar a exportação de água utilizada e incorporada (embedded) aos produtos agrícolas exportados por Israel nos anos 1980. Então, Fishelson decidiu criar um ferramental que possibilitasse a quantificação da água virtual. Desde então, as discussões acerca do tema se destacam cada vez mais entre economistas, ambientalistas e instituições de Estado.

Segundo Allan (2003), o nível de importações de alimentos é o principal indicador da escala do déficit hídrico de uma economia. O uso consuntivo dominante da água é aquele que retiram água do manancial para sua destinação, como a irrigação, a utilização na indústria e o

abastecimento humano. Já os usos não consuntivos não envolvem o consumo direto da água. É utilizado a água sem consumi-la, como exemplo, a pesca e navegação (ANA, 2020).

A partir da década de 1990, o termo “água virtual” passou a ser muito mais divulgado com as publicações de A. Y. Hoekstra. De acordo com Hoekstra e Huang (2002), ganhando novos conceitos e debates do tema, a água virtual seria definida como a quantidade total de água utilizada no processo de produção de um produto agrícola ou industrial. Os autores destacam que um país com escassez de água pode necessitar importar produtos intensivos em água e exportar produtos menos intensivos nesse recurso, o que implica necessariamente em exportação e importação de água na forma virtual.

Existem outras formas de classificar água virtual, Haddadin (2002) apud Hoekstra (2003) afirma que a água virtual se refere à quantia de água exigida na produção de um bem considerando o lugar onde ele será consumido. Já Garrido (2002, p.1-2) define Água Virtual como a quantidade de água utilizada desde o início da cadeia de relações intersetoriais até chegar ao produto. A água virtual expressa uma contabilidade básica, qual seja, a de determinar a quantidade de água exigida no processo de fabricação de um produto, calculando a quantidade de água necessária, ou melhor, utilizada na elaboração dos bens, desde a sua origem (água usada na irrigação, na fabricação de maquinário e insumos) até o consumo (água envolvida na produção de combustível, na construção dos veículos de transporte e na comercialização) (BERGAMASCHI; MINGOTTE, 2015).

Alguns estudiosos levam em conta a quantidade de água contida no produto proveniente do local de produção enquanto outros consideram o volume de água levando em conta o volume utilizado no local onde ele é consumido (BERGAMASCHI; MINGOTTE, 2015). Num país como o Brasil, que é grande produtor de commodities, junto com os contêineres cheios de insumos que deixam os portos brasileiros rumo ao mercado internacional, saem toneladas de água, que foram usadas para a produção desses alimentos. Na próxima seção será tratada sobre a escassez hídrica a nível mundial.

## 2.6 ESCASSEZ HÍDRICA

O estresse hídrico (também associado à escassez hídrica) é quando a demanda por água e o consumo médio por habitante supera a oferta. Ocorre geralmente, na natureza, de maneira gradual (CHAVES FILHO; STACCIARINI-SERAFHIN, 2001). Existem algumas definições de estresse hídrico, de acordo com as áreas que estuda os recursos hídricos e usam terminologias específicas. Para pesquisa foi analisada pela visão das vantagens comparativas da economia, no



qual o estresse hídrico tem relação da (in)disponibilidade do recurso no ambiente natural (biofísico) de um país. A escassez hídrica pode ser consequência da baixa disponibilidade hídrica em termos quantitativos e qualitativos. (SANTOS; CARLESSO, 1998; TAIZ; ZEIGER, 2013). O World Resources Institute (WRI), analisa o estresse hídrico por meio da demanda por água em regiões pelo mundo, o estresse hídrico significa que a disponibilidade de água de determinada região não atende à demanda, incluindo para abastecimento doméstico, uso industrial, irrigação e consumo da pecuária, desta forma o WRI cria um panorama da segurança hídrica no planeta.

O acesso à água potável é uma condição intimamente relacionada ao direito à vida, fato que justifica a frequência com a qual questões associadas à escassez de água em nível mundial vêm sendo debatidas. A Organização das Nações Unidas (ONU), desde 1966, define a água como um bem jurídico a ser protegido (AITH; ROTHBARTH, 2015). No início da década de 2010, 1.9 bilhões de pessoas (27% da população mundial) viviam em áreas de escassez severa de água e até 2050 a estimativa é de que esse número atinja de 4.8 a 5.7 bilhões de pessoas em todo o mundo (UNESCO, 2018).

A gestão dos recursos hídricos é um fator essencial no desenvolvimento territorial e econômico, tornando-se um componente estratégico de grande relevância, especialmente neste século XXI, em que os usos múltiplos e competitivos se acentuam e colocam pressões adicionais sobre quantidade e qualidade da água. À medida que a economia se desenvolve e se diversifica, maior é a necessidade de uma gestão eficiente e participativa, de forma a contribuir para gerenciar a escassez ou o estresse hídrico, regular a demanda e compartilhar os usos múltiplos (TUNDISI, 2003).

De acordo com Reynaud (2003), muitas são as razões para se estudar a demanda hídrica do setor industrial, como exemplo, esse setor representa uma parte importante do volume total de água captada na maioria dos países. Medir o valor da água nos seus usos competitivos é um pré-requisito para qualquer desenvolvimento de políticas de recursos hídricos. Quando a água é escassa e, conseqüentemente, os conflitos de sua alocação são mais acentuados, para a indústria em especial, a escassez hídrica obriga empresas a buscarem outras fontes de abastecimento (MORAES, 2018).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Metodologicamente o trabalho baseia-se em uma pesquisa bibliográfica e descritiva com levantamento e tabulação de dados secundários obtidos junto a fontes tais como: IBGE, ComexStat, FAO (Food and Agriculture Organization), WRI (World Resources Institute), Aqeduct e matriz insumo-produto para cálculo do consumo de utilização de água virtual nas atividades econômicas brasileiras.

Concebida nos anos 40 pelo economista russo Wassily Leontief, a matriz insumo-produto vem sendo elaborada por um número cada vez maior de países. É uma ferramenta que usa rotinas matemáticas que permitem rastrear o uso direto, indireto e induzido de todos os recursos incorporados na produção que são destinados para o consumo final (LEONTIEF 1970). No Brasil, a matriz de insumo-produto vem sendo elaborada desde 1970 pelo IBGE, com periodicidade quinquenal.

O modelo insumo-produto é o instrumento da contabilidade social que permite conhecer os fluxos de bens e serviços produzidos em cada setor da economia. O uso do modelo de insumo-produto em questões relacionadas à água tem ganhado notoriedade na bibliografia internacional. De acordo com Duarte e Yang (2011), a metodologia de insumo-produto também é um método de análise adequado para analisar questões referentes aos recursos naturais, como a água, por exemplo. É um instrumento importante para avaliar as interdependências entre os setores produtivos, possibilitando identificar os requerimentos de água para a produção e posterior consumo podendo definir os efeitos sobre o comércio de água virtual.

Nas atividades econômicas, as relações setoriais tendem a ser bastante complexas, envolvendo vários grupos de setores, diferentes formas de encadeamentos e várias hierarquias de ramificações. O modelo insumo-produto desenvolvido por Leontief (1970) tem a capacidade de retratar essas relações em diferentes níveis de complexidade e pode ser estendido para avaliar, no caso desta pesquisa, o uso e o consumo setorial da água em virtude de incorporar um vetor linha que registra os fluxos físicos da água para o uso e o consumo dos setores do sistema econômico.

Nas Matrizes Insumo-Produto (MIPs) constam 67 atividades econômicas, as quais foram analisadas na presente pesquisa e houve a desagregação dos setores econômicos ligados ao agronegócio. Na Tabela 2 estão listadas essas atividades, sendo possível identificar as atividades relacionadas ao agronegócio. Conforme um dos conceitos, do ponto de vista do processo econômico o agronegócio é o conjunto de atividades relacionadas à agricultura e pecuária como atividades de base.

Tabela 2 - Setores da matriz de Insumo-Produto

Setores
1 - Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita
2 - Pecuária, inclusive o apoio à pecuária
3 - Produção florestal; pesca e aquicultura
4 - Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos
5 - Extração de petróleo e gás, inclusive as atividades de apoio
6 - Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração
7 - Extração de minerais metálicos não ferrosos, inclusive beneficiamentos
8 - Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca
9 - Fabricação e refino de açúcar
10 - Outros produtos alimentares
11 - Fabricação de bebidas
12 - Fabricação de produtos do fumo
13 - Fabricação de produtos têxteis
14 - Confecção de artefatos do vestuário e acessórios
15 - Fabricação de calçados e de artefatos de couro
16 - Fabricação de produtos da madeira
17 - Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
18 - Impressão e reprodução de gravações
19 - Refino de petróleo e coquerias
20 - Fabricação de biocombustíveis
21 - Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros
22 - Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos
23 - Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal
24 - Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
25 - Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
26 - Fabricação de produtos de minerais não metálicos
27 - Produção de ferro gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura
28 - Metalurgia de metais não ferrosos e a fundição de metais
29 - Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
30 - Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
31 - Fabricação de máquinas e equipamentos elétricos
32 - Fabricação de máquinas e equipamentos mecânicos
33 - Fabricação de automóveis, caminhões e ônibus, exceto peças
34 - Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores
35 - Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
36 - Fabricação de móveis e de produtos de indústrias diversas
37 - Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
38 - Energia elétrica, gás natural e outras utilidades
39 - Água, esgoto e gestão de resíduos
40 - Construção
41 - Comércio por atacado e varejo
42 - Transporte terrestre
43 - Transporte aquaviário
44 - Transporte aéreo
45 - Armazenamento, atividades auxiliares dos transportes e correio
46 - Alojamento
47 - Alimentação
48 - Edição e edição integrada à impressão
49 - Atividades de televisão, rádio, cinema e gravação/edição de som e imagem
50 - Telecomunicações
51 - Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
52 - Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
53 - Atividades imobiliárias
54 - Atividades jurídicas, contábeis, consultoria e sedes de empresas
55 - Serviços de arquitetura, engenharia, testes/análises técnicas e P & D
56 - Outras atividades profissionais, científicas e técnicas
57 - Aluguéis não imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual
58 - Outras atividades administrativas e serviços complementares

- 59 - Atividades de vigilância, segurança e investigação
- 60 - Administração pública, defesa e seguridade social
- 61 - Educação pública
- 62 - Educação privada
- 63 - Saúde pública
- 64 - Saúde privada
- 65 - Atividades artísticas, criativas e de espetáculos
- 66 - Organizações associativas e outros serviços pessoais
- 67 - Serviços domésticos

Fonte: IBGE (2015).

Nessa pesquisa foram analisadas também as questões do estresse hídrico e risco de seca dos 42 principais países que importam do Brasil (Quadro 1). Os dados foram extraídos do Aqueduct disponibilizado pela WRI (World Resources Institute). Na Tabela 3 consta a classificação do WRI para o estresse hídrico e risco de seca mundial.

Tabela 3 - Critérios do WRI para a classificação dos países quanto o estresse hídrico e risco de seca

Estresse Hídrico	Risco de seca
Baixo (<10%)	Baixo (0,0-0,2)
Médio baixo (10-20%)	Médio baixo (0,2-0,4)
Médio alto (20-40%)	Médio (0,4-0,6)
Alto (40-80%)	Médio-alto (0,6-0,8)
Extremante alto (>80%)	Alto (0,8-1,0)

Fonte: World Resources Institute (2019).

No Quadro 1 consta a lista dos 42 principais países em termos do valor de importações feitas do Brasil, sendo esses os países considerados para as análises da presente pesquisa.

Quadro 1- Os países que mais importam do Brasil com base no valor relativo das importações de ANO 2020, em US\$

Países	
Alemanha	Indonésia
Austrália	Irlanda
Áustria	Itália
Bélgica	Japão
Bulgária	Letônia
Canadá	Lituânia
China	Luxemburgo
Chipre	Malta
Coreia do Sul	México
Croácia	Noruega
Dinamarca	Países Baixos
Eslováquia	Polônia
Eslovênia	Portugal
Espanha	Reino Unido
Estados Unidos	Romênia

Estônia	Rússia
Finlândia	Suécia
França	Suíça
Grécia	Taiwan
Hungria	Tcheca, República
Índia	Turquia

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados da pesquisa (2022)

Na próxima seção será apresentado o modelo insumo-produto utilizado na pesquisa para analisar os dados coletados.

### 3.1 MODELO INSUMO-PRODUTO EM UNIDADES MONETÁRIAS

Os fluxos intersetoriais do modelo de insumo-produto podem ser representados da seguinte maneira. A equação (1) mostra que a soma da demanda intermediária e da demanda final é igual a demanda total do produto do setor  $i$ . A equação (2) mostra que o consumo intermediário mais as contribuições dos fatores de produção (Valor Adicionado) é igual a produção bruta do setor  $j$ . Finalmente, a equação (3) mostra a condição de equilíbrio entre a oferta e a demanda para cada um dos setores produtivos da economia.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{s=1}^n Y_{is} = X_i \quad (1)$$

Demanda intermediaria + Demanda final = Demanda Total

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + \sum_{r=1}^n V_{rj} = X_j \quad (2)$$

Consumo intermediário + Fatores primários (Valor adicionado) = Oferta Total

$$X_i = X_j \quad (3)$$

Demanda Total = Oferta Total

No modelo de insumo-produto, supõe-se que os coeficientes de produção são fixos; desse modo, os requerimentos de insumos intermediários têm uma participação fixa em relação à produção bruta dos setores. Os coeficientes técnicos ( $a_{ij}$ ) representam a quantidade do produto do setor  $i$  requerida para produzir uma unidade do produto do setor  $j$ . Assim:

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \quad \text{ou} \quad X_{ij} = a_{ij}X_j \quad (4)$$

Substituindo a equação (4) na equação (1), e fazendo  $\sum_{s=1}^n Y_{is} = Y_i$ , obtém-se o sistema de equações (5).

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + Y_i = X_i \quad (5)$$

A solução do modelo insumo-produto clássico para estudar as interdependências dos setores de uma economia pode ser expressa matricialmente pelas equações (6), cuja solução é dada pela equação (7):

$$AX + Y = X \quad \text{ou} \quad X - AX = Y \quad (6)$$

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (7)$$

Os coeficientes da matriz inversa de Leontief  $(I - A)^{-1}$  são chamados de requerimentos totais de produção, ou seja, os requerimentos diretos e indiretos de produção. Eles indicam, em unidades monetárias, as mudanças na produção setorial necessárias para atender a uma determinada variação da demanda final. Note-se que a demanda final do modelo é exógena, o que permite que se analisem de forma sistêmica o perfil da estrutura de transações, os efeitos multiplicadores decorrentes da demanda final, diferentes tipos de problemas que envolvem programas de investimentos, aumento do consumo, tributação, mudança tecnológica etc.

Com as informações disponibilizadas pelo ComexStat dos valores em dólar exportados pelo Brasil nos anos de 2010 a 2020, foi possível coletar as informações dos volumes monetários. Na próxima seção será apresentado o modelo insumo-produto ecológico utilizado na pesquisa.

### 3.2 MODELO INSUMO-PRODUTO ECOLÓGICO

A inserção da dimensão ambiental na matriz de insumo-produto foi efetivada pela inserção de um vetor linha  $H_{(nx1)}$ , no lado dos fatores primários que registra os fluxos físicos do uso total da água e do consumo total da água das atividades produtivas estimada pela ANA (2018).

Na estrutura da matriz de insumo-produto, o cálculo dos requerimentos de água total em unidades físicas, às vezes chamados intensidade de água, é análogo ao cálculo do modelo tradicional de insumo-produto de Leontief em unidades monetárias. Assim, para obter a matriz de requerimentos diretos de água e a matriz de requerimentos totais de água, é necessário converter as unidades monetárias de  $A$  e  $(I - A)^{-1}$  em unidades físicas, por intermédio de uma matriz de coeficientes técnicos da água.

Os coeficientes técnicos ( $h_i$ ) representam a quantidade de água do setor  $i$  requerida para produzir uma unidade do produto do setor  $j$ . Assim:

$$h_i = \frac{H_{ij}}{X_j} \quad (8)$$

Diagonalizando o vetor dos coeficientes de água, obtém-se a matriz de coeficientes de água  $\hat{h}_{(nxn)}$ , que, ao multiplicar as matrizes de requerimentos diretos e de requerimentos totais, convertem as unidades monetárias do modelo em unidades físicas, o que permite calcular setorialmente a intensidade do uso e do consumo de água.

Logo, os coeficientes representam os requerimentos diretos ( $\delta$ ) e os requerimentos totais de água virtual ( $\alpha$ ):

$$\delta = \hat{h}A \quad (9)$$

$$\alpha = \hat{h}(i - A)^{-1} \quad (10)$$

### 3.2.2 As exportações de água virtual

Para calcular a água virtual incorporada nos bens e serviços finais exportados para cada país, a Equação (10) deve ser multiplicada pelas exportações da demanda final:

$$H_j^k = \hat{h}(i - A)^{-1}Y_k \quad (11)$$

Onde  $H_j^k$ , representa a água virtual exportada para o setor j do país k e  $Y_k$ , representa o componente monetário exportação da demanda final destinado para o país k, alternativamente. Na próxima seção será apresentado a base de dados utilizado na pesquisa.

### 3.3 BASE DE DADOS

Os dados econômicos utilizados nesta pesquisa foram extraídos das Matrizes de Insumo-Produto (MIP) de 2015, agregadas em seis setores, elaborada a partir das Contas Nacionais n. 62, fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018b). Para a compilação das matrizes, adotou-se o modelo de tecnologia do setor cuja hipótese central é que a tecnologia é uma característica das atividades, isto é, a tecnologia para a produção dos produtos é determinada pela atividade que os produz.

Os dados sobre a água foram extraídos das Contas Econômicas Ambientais da Água (CEAA) de 2015, elaboradas com base nas Contas Nacionais n. 60, fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018a), com informações das TRU Físicas construídas de acordo com o SEEA-Water e com informações de produção, consumo Intermediário e consumo Final.

As informações da MIP estão a preços básicos e estão em milhões de reais de 2015, e as informações físicas da CEAA estão em hectômetros cúbicos (hm<sup>3</sup>), o que corresponde a um milhão de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) ou um bilhão de litros de água. No próximo capítulo será exposto as análises dos dados e resultados.

## 4 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os resultados da pesquisa foram analisados os dados das exportações dos setores do agronegócio, principais destinos das exportações do agronegócio brasileiro, dotação do recurso natural água nos países importadores, exportações de água virtual pelos setores do agronegócio, exportações de água virtual e escassez hídrica nos países importadores e assim apresentar os resultados da pesquisa.

### 4.1 EXPORTAÇÕES DOS SETORES DO AGRONEGÓCIO

O conceito de agronegócio compreende uma rede de negócios que integra as atividades econômicas de fabricação e fornecimento de insumos, produção, processamento, beneficiamento e transformação, comercialização, armazenamento, logística e distribuição de bens agrícolas, pecuários, de reflorestamento e pesca, bem como seus subprodutos e resíduos de valor econômico. Esse conceito foi adequadamente retratado e sistematizado com os estudos dos professores da Universidade Harvard, John Davis e Ray Goldberg em 1957, e coloca a matriz insumo-produto no centro da análise dos negócios agrícolas (BURANELLO, 2017).

O agronegócio é muito mais que agricultura e pecuária por si só. Em linha com Davis e Goldberg (1957), para estudá-lo é necessário considerar tudo o que é gerado em razão da agropecuária, como os segmentos de fertilizantes, químicos, fármacos, máquinas agrícolas, biotecnologia, energia elétrica, combustíveis etc. Também, é preciso considerar tudo o que é gerado a partir da produção agrícola ou pecuária, como as indústrias de alimentos, beneficiadores de grãos, frigoríficos, produtores de biocombustíveis, têxteis, dentre outras indústrias. Além disso, há que se considerar os segmentos do setor de serviços que transportam, armazenam, financiam, comercializam internamente e exportam a produção primária (LUZ; FOCHEZATTO, 2022).

Portanto, o agronegócio vai além das fronteiras da propriedade rural (agrícola ou pecuária), envolvendo os atores que participam de maneira direta ou indireta do processo de fornecimento de alimentos e de fibras destinadas aos consumidores (MENDES; PADILHA, 2007). Precisamente, conforme as palavras dos autores:

[...] o agronegócio engloba não somente os que trabalham diretamente com a terra, mas também as pessoas e empresas que fornecem os insumos (por exemplo, fertilizantes, defensivos, rações, crédito e sementes), processam os produtos agropecuários (por exemplo, grãos, fibras, carne e leite, entre outros) manufaturam os alimentos e fibras (como pães, bolachas, massas, sorvetes, calçados, roupas, entre



outros), transportam e vendem esses produtos aos consumidores (por exemplo, supermercados, restaurantes, lanchonetes, panificadoras, lojas de calçados e de tecidos (MENDES; PADILHA, 2007, p. 46).

O sucesso do agronegócio no Brasil foi tal que, de um país importador de produtos agropecuários na década de 1970, tornou-se, em pouco tempo, um dos maiores produtores mundiais de alimentos. Certamente, além da modernização dos processos produtivos, a disponibilidade de recursos naturais como terras férteis, irradiação solar e recursos hídricos tem participação importante nesse sucesso. Os recursos hídricos vêm contribuindo significativamente com o crescimento do agronegócio na medida em que a água desempenha um papel fundamental na produção de alimentos no campo e em seu processamento industrial no setor urbano (MONTROYA; FINAMORE, 2020).

A importância do comércio exterior no processo de crescimento econômico de um determinado país é geralmente destacada pela Teoria da Base de Exportação, proposta inicialmente por Douglas North, em 1955. A ideia é que o crescimento das exportações (atividade básica) gera um efeito multiplicador e de aceleração no setor de mercado interno, criando demanda por serviços, como transportes, comunicações e financiamentos (FARIAS; FARIAS, 2018).

Uma forma de entender a dinâmica do comércio exterior é verificar se um país possui vantagem comparativa de uma determinada commodity quando comparado a outros países, ou seja, é assumir que o país possa ser capaz de gerar retornos econômicos crescentes. A dinâmica do comércio internacional pode representar um elemento-chave sobre as condições de desenvolvimento de determinadas economias nacionais (MUNDURUCA; SANTANA, 2012). Assim pode ser visto o avanço no agronegócio brasileiro para o comércio exterior, o agronegócio brasileiro não tem sido importante apenas para a economia doméstica, mas também para outros países para os quais o Brasil exporta.

A balança do comércio exterior brasileiro tem registrado aumento das exportações do setor do agronegócio nos últimos anos, principalmente, pela alta dos preços internacionais das commodities exportadas pelo Brasil e do aumento da demanda mundial por alimentos. No período de 2010 a 2020 houve um aumento de 34% nos valores das exportações brasileiras relacionadas aos setores do agronegócio (COMEXSTAT, 2022). Com os dados disponibilizados pelo ComexStat é possível evidenciar que (i) as exportações do Brasil estão aumentando e que (ii) as exportações do agronegócio em relação às exportações totais estão aumentando.

A partir dos dados apresentados na Tabela 4 é possível verificar o comportamento do setor do agronegócio nos últimos anos em relação ao demais setores exportadores da economia brasileira. Os valores totais exportados nos últimos 10 anos para todos os setores da economia e a parcela exportada correspondente aos setores do agronegócio.

Tabela 4 - Fluxo de valores das exportações brasileiras no período de 2010 a 2020

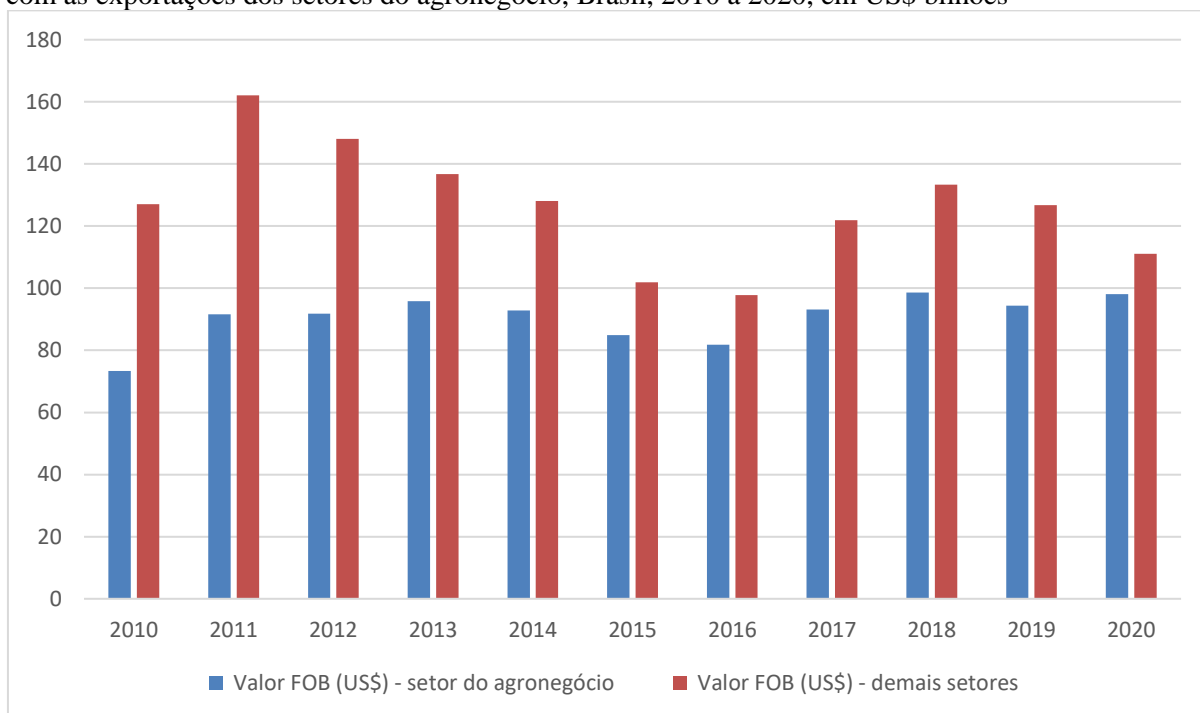
Ano	Exportações Brasil Valor FOB (US\$)	Exportações Agronegócio Valor FOB (US\$)	Participação das Exportações do Agronegócio nas Exportações Brasileiras (%)
2010	200.434.134.826	73.336.830.881	37%
2011	253.666.309.507	91.613.881.252	36%
2012	239.952.538.158	91.835.701.547	38%
2013	232.544.255.606	95.777.889.106	41%
2014	220.923.236.838	92.864.831.493	42%
2015	186.782.355.063	84.906.322.959	45%
2016	179.526.129.214	81.790.461.004	46%
2017	214.988.108.353	93.099.296.335	43%
2018	231.889.523.399	98.555.123.304	43%
2019	221.126.807.647	94.411.229.503	43%
2020	209.180.241.655	98.115.179.428	47%

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados da ComexStat (2022).

Na Figura 1 é possível visualizar o total de valor FOB em dólar das exportações dos demais setores da economia em comparação com as exportações dos setores do agronegócio nos últimos 10 anos. Nos últimos anos o agronegócio tem aumentado a participação relativas nas exportações em comparação aos demais setores da economia. Alguns fatores têm proporcionado este aumento como o desenvolvimento econômico e do comércio exterior nas relações internacionais e aumento da demanda em consequência do crescimento constante da população mundial. No ano de 1971 a população mundial era de 3,7 bilhões, já em 2021 a população foi de 7,8 bilhões, ou seja, em 50 anos a população mundial mais que duplicou.

Analisando os dados da Figura 1 é possível identificar que a participação relativa dos setores do agronegócio nas exportações totais oscilou entre 36%, em 2011, e 47% em 2020, sendo esse o ano com maior participação relativa. Pode-se se dizer que na última metade da década de 2010 os valores da participação dos setores do agronegócio aumentaram, indicando que o setor tem ampliado sua importância relativa na pauta de exportações do Brasil.

Figura 1 - Valores das exportações dos demais setores da economia brasileira em comparação com as exportações dos setores do agronegócio, Brasil, 2010 a 2020, em US\$ bilhões



Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados da ComexStat (2022).

Embora a participação relativa das exportações do agronegócio tenha crescido, a participação relativa dos setores nas exportações do agregado do agronegócio não é igual e varia ao longo do tempo. Na Tabela 5, estão descritos os setores da atividade econômica ligadas ao agronegócio brasileiro e que exportaram no período de 2010 a 2020 em valor (US\$) como forma de visualizar as atividades que tiveram maior relevância nas movimentações das exportações.

Tabela 5 - Divisão das atividades econômicas ligadas ao agronegócio que exportaram nos anos 2010 a 2020, Brasil, Valor FOB (milhões de US\$)

DIVISÃO - ISIS	2010	%	2011	%	2012	%	2013	%	2014	%	2015	%	2016	%	2017	%	2018	%	2019	%	2020	%	Média por setor
Fabricação de madeira e de produtos de madeira e cortiça, exceto móveis; fabricação de artigos de palha e de cestaria	1909,8	2,6	1890,1	2	1880,4	2	1993,1	2	2217,9	2	2233,8	3	2315,2	3	2711,2	3	3042,6	3	2774,4	3	2961,3	3	2357,3
Fabricação de papel e produtos de papel	6757,1	9,2	7174,2	8	6712,1	7	7204,2	8	7258,4	8	7692,4	9	7490,5	9	8299,1	9	10308,2	10	9513,8	10	7765,1	8	7834,1
Fabricação de produtos alimentícios	37782	51,5	45157	49	43681,7	48	43073,8	45	41101	44	35278,8	42	36483,1	45	38975,6	42	35070,3	36	34582,3	37	38573,6	39	39069
Fabricação de produtos de borracha e plásticos	2683,9	3,7	3104,4	3	2960,6	3	2796	3	2613,9	3	2305,2	3	2282,7	3	2534	3	2533,4	3	2440,5	3	2102,5	2	2577,9
Fabricação de produtos de tabaco	2637,6	3,6	2788,1	3	3088,6	3	3125,3	3	2388,7	3	2092,7	2	2039,9	2	2007,4	2	1903,4	2	2053,4	2	1558,2	2	2334,9
Pesca e Aquicultura	25,2	<0,0	19,1	<0,0	21,1	<0,0	25	<0,0	27,7	<0,0	35,3	<0,0	43,9	<0,0	40,6	<0,0	52	0	52,6	0	36,7	0	34,5
Produção vegetal, animal e caça	21491	29,3	31391	34	33417,8	36	37533,2	39	37213	40	35211,2	41	31071,8	38	38445,1	41	45547,5	46	42857,7	45	44967,4	46	36286,1
Silvicultura e exploração madeireira	49,9	0,1	90,3	<0,0	73,4	<0,0	27,2	<0,0	43,5	<0,0	56,9	<0,0	63,3	<0,0	86,2	<0,0	97,9	0	136,6	0	150,5	0	79,6
<b>Total Geral</b>	<b>73337</b>	<b>100</b>	<b>91614</b>	<b>100</b>	<b>91836</b>	<b>100</b>	<b>95778</b>	<b>100</b>	<b>92865</b>	<b>100</b>	<b>84906,3</b>	<b>100</b>	<b>81790,5</b>	<b>100</b>	<b>93099</b>	<b>100</b>	<b>98555</b>	<b>100</b>	<b>94411</b>	<b>100</b>	<b>98115</b>	<b>100</b>	<b>90573,3</b>

Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados da ComexStat (2022)

De acordo com a classificação internacional padrão por atividade econômica (ISIC) as atividades principais que o Brasil exportou foram (i) produção vegetal, animal e caça; (ii) fabricação de produtos alimentícios; (iii) fabricação de papel e produtos de papel, comparando os anos de 2010 e 2020 essas atividades tiveram um aumento de 48%, 98% e 87% respectivamente no período de 10 anos. Essas atividades estão ligadas ao setor primário da economia.

É importante a definição dos setores primário, secundário e terciário para evitar confusão com o conceito de agronegócio, sob pena do entendimento de que o agronegócio refere-se a uma atividade exclusivamente primária. Enquanto o agronegócio refere-se ao conjunto de atividades relacionadas à produção, industrialização e comercialização de produtos agrícolas, o setor primário abrange a agricultura em sentido restrito (isto é, a lavoura), a pecuária, a caça, a pesca, bem como a extração de minerais e de madeira, ou seja, todas as atividades de exploração direta dos recursos naturais de origem vegetal, animal e mineral, não implicando em uma agregação de valor via industrialização (ALMEIDA; SILVA; ANGELO, 2011).

O setor secundário (ou indústria em geral) compreende todas as atividades de transformação de bens e divide-se em três subsetores: a indústria da construção civil, a indústria de serviços públicos (geração e distribuição de energia elétrica, beneficiamento e distribuição de água à população, produção e distribuição de gás encanado) e a indústria manufatureira, inclusive a relacionada ao agronegócio como, por exemplo: as fábricas de papel e celulose, os frigoríficos, entre outras. O setor terciário (ou de serviços em geral) se refere a todas as demais atividades econômicas que se caracterizam por não produzirem bens materiais e sim prestarem serviços (ALMEIDA; SILVA; ANGELO, 2011).

Analisando o conceito dos setores primários, secundários e terciário e os dados da pesquisa o setor primário caracteriza-se como de produtos de baixo valor agregado comparativamente aos seus setores secundário e terciário. Os produtos industrializados que são mais eficientes em termos de dinamização econômica em relação aos produtos primários, e os quais costumam apresentar índices de pegada de água virtual menor que os produtos primários, que geralmente são os maiores demandantes diretos de recursos naturais (inclusive água). Na próxima seção será levantado os principais destinos das exportações brasileira.

#### 4.2 PRINCIPAIS DESTINOS DAS EXPORTAÇÕES DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

A análise dos destinos das exportações do agronegócio é importante para entender a dependência de outros países por produtos oriundos do Brasil com elevada dependência de recursos naturais, como recursos hídricos, para sua produção. Esta dependência pode sinalizar que o Brasil apresenta uma vantagem competitiva quanto a disponibilidade de recursos. No caso particular do agronegócio, como setores dependentes de recursos naturais, as vantagens sinalizariam que possivelmente o Brasil (ou o agronegócio brasileiro) apresentaria vantagens comparativas (dotação de recursos naturais, inclusive água) em relação a outros países que importam produtos e serviços do agronegócio brasileiro.

Analisando os destinos das exportações dos setores do agronegócio brasileiro nos últimos anos foi possível identificar uma relação estável entre o Brasil e os principais países importadores, ou seja, nos últimos não houve alteração no ranking dos principais importadores. No período entre 2010 e 2020 o Brasil exportou para 251 países, considerando os setores do agronegócio. Os principais países importadores dos setores do agronegócio foram: China, Estados Unidos, Países Baixos (Holanda), Japão, Alemanha, Rússia, Arábia Saudita, Hong Kong, Bélgica e Espanha. Na Tabela 6 são apresentados dados sobre a área territorial, terras agrícolas e população dos 10 principais países para os quais o Brasil exportou nos anos de 2010 a 2020 e também os dados referentes ao Brasil como forma de comparação de cenários.

Tabela 6 - Área do país, terras agrícolas e população dos principais países importadores do Brasil

País	Área do país (km <sup>2</sup> )	Terras agrícolas (km <sup>2</sup> )	Área do país/habitantes (km <sup>2</sup> /hab)	Terras agrícolas/km <sup>2</sup> Por habitante	População ano de 2021
China	9.562.940	5.285.042	151	273	1.444.216.102
Estados Unidos	9.831.510	4.058.104	34	82	332.915.074
Países Baixos (Holanda)	41.540	18.168	413	945	17.173.094
Japão	377.970	43.970	333	2.867	126.050.796
Alemanha	357.580	166.660	235	503	83.900.471
Rússia	17.098.250	2.154.940	9	68	145.912.022
Arábia Saudita	2.149.690	1.735.980	16	20	35.340.680
Hong Kong	1.110	50,00	6.804	151.056	7.552.800
Bélgica	30.530	13.564	381	858	11.632.334
Espanha	505.950	262.067	92	178	46.745.211
Brasil	8.515.770	2.368.788	25	90	213.993.441

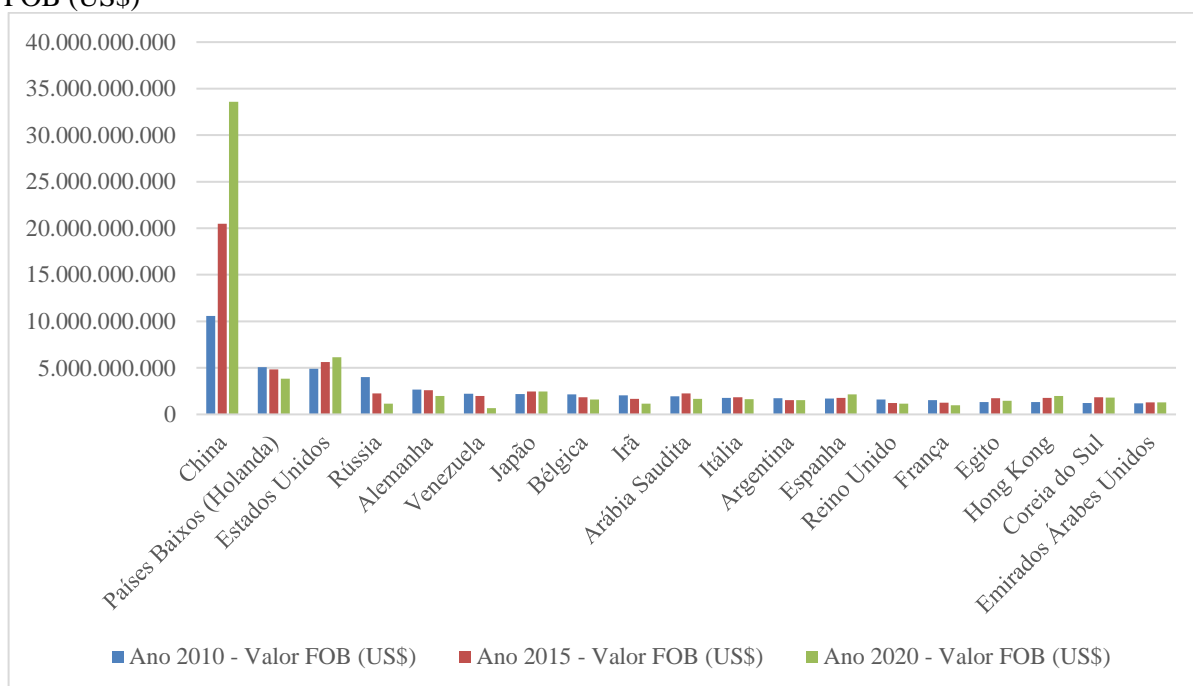
Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados da FAO (2019).

Com o intuito de discutir a questão da dotação de recursos naturais dos países que importam do Brasil utilizando a terra como recurso natural para comparação é possível

identificar alguns aspectos expostos nas Tabela 5, tais como, a dotação de recursos naturais não é igual entre os países importadores, por exemplo, os três países que mais importam do Brasil são China, Estados Unidos e Países Baixo que tem 151, 34 e 453 habitantes por km<sup>2</sup> respectivamente, considerando somente a área de terras agrícolas são 272,82 e 942 habitantes por km<sup>2</sup>. No Brasil são 25 habitantes por km<sup>2</sup> e 90 habitantes por km<sup>2</sup> considerando área de terras agrícolas. Na China e Estados Unidos o km<sup>2</sup> é mais concorrido por habitante que no Brasil que tem mais km<sup>2</sup> de terra por habitante, isto seria uma vantagem comparativa.

Na Figura 2 considerando o ano de 2010, 2015 e 2020, a cada quinquênio, é possível visualizar os principais destinos das exportações brasileiras considerando os setores do agronegócio em valor FOB em dólar (COMEXSTAT, 2022).

Figura 2 - Principais destinos das exportações brasileiras nos anos de 2010, 2015 e 2020, Valor FOB (US\$)

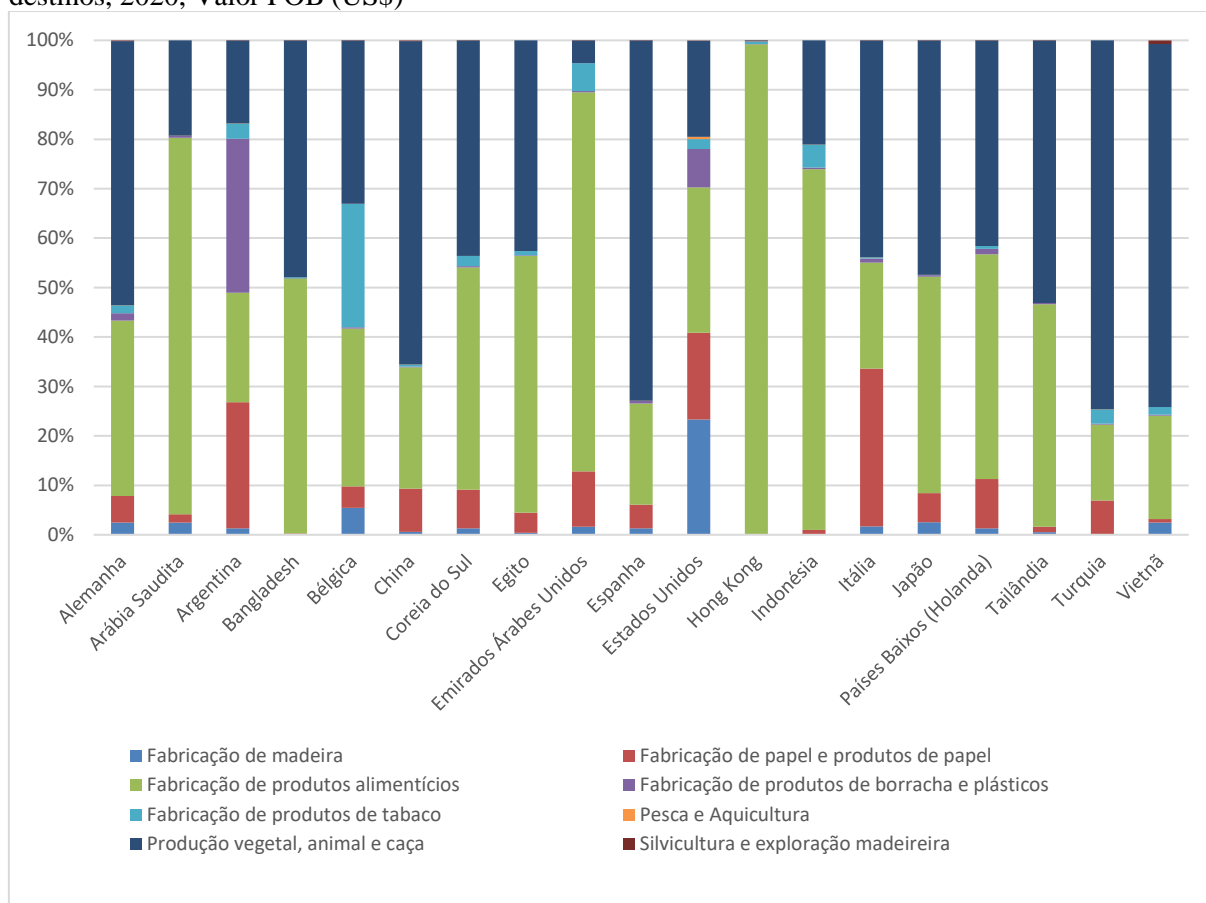


Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados da ComexStat (2022)

É possível identificar que nos anos de 2010, 2015 e 2020 os três principais países foram os mesmos: China, Países Baixos e Estados Unidos. China e Estados Unidos estão no topo dos países mais populosos do mundo. China em primeiro lugar e Estados em terceiro, atrás da Índia. No ano de 2020, conforme citado na seção anterior, o Brasil exportou para 251 países sendo dividida em 38 atividades econômicas de acordo com a classificação ISIC—Classificação Internacional Padrão por Atividade Econômica (COMEXSTAT, 2022). Há países com tendência de aumento nas exportações, como por exemplo: China, Estados Unidos, Japão, Espanha, Hong Kong, Coreia do Sul e Emirados Árabes.

Na Figura 3 está a relação de todas as atividades para as quais foram registradas exportações no período de 2010 a 2020 em valor em dólar ligadas ao agronegócio.

Figura 3 - Principais setores do agronegócio em volume de exportações e seus respectivos destinos, 2020, Valor FOB (US\$)



Fonte: Elaborada pela autora a partir dos dados da ComexStat (2022).

A partir dos dados disponibilizados pelo ComexStat é possível identificar que no ano de 2020 as principais atividades econômicas que o Brasil exportou foram: Produção vegetal, animal e caça; fabricação de produtos alimentícios e fabricação de papel e produtos de papel, são atividades do setor primário da economia. Alguns exemplos do setor primário são a agricultura, pesca, pecuária, silvicultura ou extrativismo. Em geral, a representatividade deste setor é dada pela agropecuária. A agricultura pode ser considerada, atualmente, como a principal das atividades primárias. Ela basicamente consiste no cultivo da terra e dos vegetais para a produção organizada de alimentos e produtos primários. Analisando os dados da Figura 4 é possível identificar que há padrões diferentes nas importações por país, as principais atividades que houve importação de todos os países são Produção vegetal, animal e caça e Fabricação de produtos alimentícios. E os setores com menos movimentação são silvicultura, madeireira, pesca e aquicultura. Alguns importam quase que de um setor apenas, como é o caso



de Hong Kong. Outros, tem pauta mais concentrada em produção vegetal, como é o caso da Turquia, Vietnã, Espanha. A China, o principal importador do Brasil, importa essencialmente produtos vegetais, alimentos e papel e celulose. Na próxima seção será levantado os dados dos recursos naturais dos principais países que o Brasil exporta.

#### 4.3 DOTAÇÃO DO RECURSO NATURAL ÁGUA NOS PAÍSES IMPORTADORES

Esta seção se dedica a análise da disponibilidade de recursos naturais, tais como, o esgotamento de água, riscos de seca e estresse hídrico dos principais países importadores de produtos do setor do agronegócio brasileiro. Estima-se que 97,5% da água existente no mundo seja salgada e não é adequada ao nosso consumo direto de pessoal e animais e nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso por estar concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios (ANA, 2021).

Mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que vivenciam um alto estresse hídrico e cerca de 4 bilhões experimentam escassez severa de água durante pelo menos um mês do ano (UNESCO, 2019). Em muitos países, a disponibilidade de água para a agricultura já é limitada e incerta. Países com baixa disponibilidade de recursos hídricos e, conseqüentemente, dificuldade na produção agropecuária, conseguem contornar essa situação pela importação, tornando-se importadores de água virtual. Desta forma, ao analisar as exportações brasileiras é possível identificar que os países com maior disponibilidade de recursos hídricos e terras, como o Brasil, tornam-se exportadores de água virtual.

O uso da água tem aumentado em todo o mundo a uma taxa de cerca de 1% ao ano desde a década de 1980, o que se deve a uma combinação de crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e mudanças nos padrões de consumo. A demanda mundial por água deve continuar aumentando a uma taxa semelhante até 2050, o que representará um aumento de 20% a 30% em relação ao nível atual de uso, principalmente devido à demanda crescente nos setores industrial e doméstico. Os níveis de estresse continuarão a aumentar à medida que a demanda por água aumenta e os efeitos da mudança climática se intensificam (UNESCO, 2019).

Barreto (2017) e Shiklomanov (2018) expõem que daqui há algumas décadas irá ocorrer um colapso de água potável, pois o seu ciclo continuará o mesmo, entretanto, a procura pela água irá aumentar ao longo dos anos. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2022), a atividade agropecuária é a principal responsável

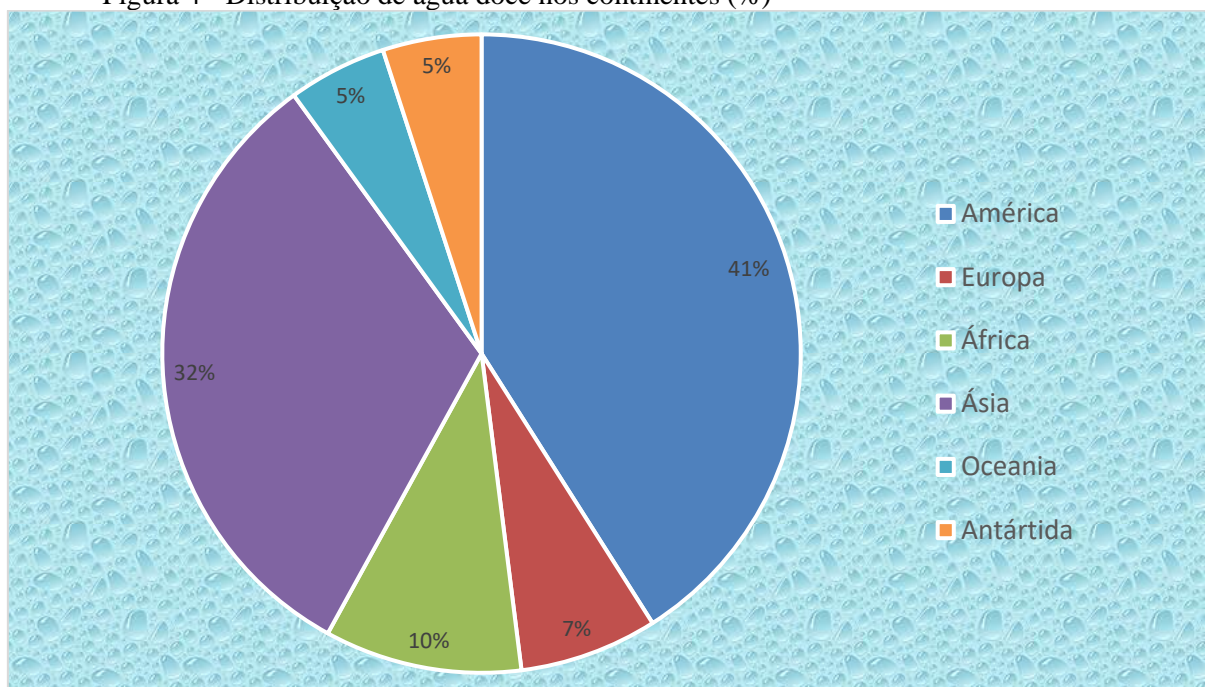
pelo uso da água. De acordo com a entidade, 70% de toda a água consumida no mundo é utilizada na irrigação das lavouras, número que se eleva para 72% no caso do Brasil, haja vista ser a agricultura uma das principais atividades econômicas do país.

Em muitos países, a disponibilidade de água para a agricultura já é limitada e incerta. Se considerarmos apenas a chamada água virtual do mundo, ou seja, toda a água envolvida em um processo industrial ou agrícola de produção de um bem, em especial das commodities, a agricultura passa a deter 67% da utilização de água, seguida pelo cultivo de animais, com 23%, e depois pela indústria, com 10% (PENA, 2022).

Gelain e Istake (2015) analisaram o comércio de água virtual para 189 produtos do agronegócio brasileiro para os anos de 1997, 2003, 2008 e 2013. Os autores concluíram que houve aumento no período de 562% na exportação de água virtual. O Brasil como um grande exportador de atividade do agronegócio também se torna um exportador de água virtual. O comércio internacional de produtos do agronegócio traduz os fluxos internacionais de água virtual, países de baixa disponibilidade de recursos hídricos e, conseqüentemente, dificuldade na produção agropecuária, conseguem contornar essa situação pela importação, tornando-se importadores de água virtual. Conforme citado anteriormente 70% de toda a água consumida no mundo é usada na irrigação das lavouras, na pecuária e na aquicultura (FAO, 2022).

A distribuição de água doce não ocorre de forma homogênea entre os países (REBOUÇAS, 2006; AUGUSTO, 2012) e nem entre os continentes. A distribuição da água doce nos continentes está distribuída da seguinte forma: América 41%; Ásia 32%; África 10%; Europa 7%; Antártida e Oceania 5%, conforme mostra a Figura 4. A América do Sul é o continente que possui a maior porcentagem entre todos, com 23,1%. Juntas, as Américas reúnem 41% de toda água doce disponível. O Brasil possui alta dotação natural desses recursos, dessa forma, em alguns países há maior disponibilidade de água, enquanto em outros há escassez desse recurso.

Figura 4 - Distribuição de água doce nos continentes (%)



Fonte: Elaborada pela autora com base Agência Nacional de Águas, 2021

A riqueza representada pelos recursos naturais é vista por alguns autores como um tipo diferente de riqueza. Os recursos naturais não precisam ser produzidos, eles simplesmente precisam ser extraídos. Os autores ainda trazem como não é resultado de um processo produtivo, a geração de riqueza natural pode ocorrer independentemente de outros processos produtivos existentes no país, formando “enclaves”, dentro dos limites do território. Uma outra característica que faz dos recursos naturais uma riqueza diferente para esses autores é o fato de que muitos deles – especialmente petróleo e gás – serem não renováveis. A abundância de recursos naturais – minerais, hidrocarbonetos, água, terras agricultáveis, florestas entre outros – do Brasil e dos países da América Latina tem favorecido nas relações comerciais que envolve a utilizações de recursos hídricos (HUMPHREYS; SACHS; STIGLITZ, 2007).

Conforme citado anteriormente, o conceito de estresse hídrico trata da relação entre o total de água utilizado anualmente em um determinado local e a disponibilidade desse recurso. Quando a demanda por água supera a oferta, ou seja, a quantidade de água utilizada é superior à sua capacidade de reposição natural, está caracterizada uma situação de estresse hídrico. O estresse e a escassez da água avançam cada vez mais no mundo (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

Nas questões de estresse hídrico, de acordo com o *World Resources Institute*, como exemplo de países e suas classificações, o Brasil é classificado como baixo (<10%), Estônia médio baixo (10-20%), Portugal médio alto (20-40%), China alto (40-80%) e Estados Unidos extremamente alto (<80%).

Tundisi (2003), há alguns anos, já informava que a escassez da água de boa qualidade estava fazendo com que houvesse a necessidade de se transportar a água por longas distâncias, requerendo o emprego de técnicas de elevado custo. Em uma economia mundial cada vez mais integrada, a escassez de água cruza fronteiras, quando há escassez de água em um país ele pode recorrer ao recurso disponível em outros países. Vários estudos indicam que o consumo mundial de água dobra a cada 20 anos (CAUBET, 2006). Em seu relatório Global Risks 2020 (WEF, 2020), o Fórum Econômico Mundial identificou as crises de abastecimento de água como um dos maiores impactos e riscos mais prováveis que o planeta enfrenta. A escassez de água é uma das questões definidoras do século XXI.

O Global Risks (WEF, 2020) disponibilizou relatório de análise da evolução do Cenário de Riscos para os anos de 2010 a 2020. Nos dados disponibilizados foi possível identificar, que as crises hídricas é um fator de risco elencado nos 10 maiores riscos em termos de probabilidade e impacto, conforme demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Os 10 maiores riscos em termos de Probabilidade e Impacto, para o ano de 2020

Os 10 maiores riscos	Em termos de Probabilidade	Em termos de Impacto
1º	Clima extremo	Deficiência nas respostas climáticas
2º	Deficiência nas respostas climáticas	Armas de destruição em massa
3º	Desastres naturais	Perda de biodiversidade
4º	Perda de biodiversidade	Clima extremo
5º	Desastres ambientais causados pelo homem	Crises hídricas
6º	Fraude ou roubo de dados	Colapso da infraestrutura de informação
7º	Ataques cibernéticos	Desastres naturais
8º	Crises hídricas	Ataques cibernéticos
9º	Falha na governança global	Desastres ambientais causados pelo homem
10º	Bolhas de ativos	Doenças infecciosas

Fonte: Elaborada pela autora com base no relatório Global Risks, 2020.

Analisando o relatório de análise da evolução do Cenário de Riscos dos anos de 2010 a 2020, considerando os 5 Maiores Riscos Globais em Termos de Impacto foi possível identificar que nos anos de 2012 a 2020, durante 9 anos consecutivos, o aspecto “Crises hídricas” é elencado entre os 5 maiores riscos da humanidade, conforme demonstrado no Quadro 2:

Quadro 2 - Maiores Riscos Globais em Termos de Impacto dos anos de 2010 a 2020

Posição	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1º	Colapso dos preços dos ativos	Crises fiscais	Falência financeira	Falência financeira	Crises fiscais	Crises hídricas	Deficiência nas respostas climáticas	Armas de destruição em massa	Armas de destruição em massa	Armas de destruição em massa	Deficiência nas respostas climáticas
2º	Desglobalização (países desenvolvidos)	Mudança climática	Crises hídricas	Crises hídricas	Deficiência nas respostas climáticas	Doenças infecciosas	Armas de destruição em massa	Clima extremo	Clima extremo	Deficiência nas respostas climáticas	Armas de destruição em massa
3º	Aumentos no preço do petróleo	Conflito geopolítico	Crises alimentares	Desequilíbrios fiscais	Crises hídricas	Armas de destruição em massa	Crises hídricas	Crises hídricas	Desastres naturais	Clima extremo	Perda de biodiversidade
4º	Doenças crônicas	Colapso dos preços dos ativos	Desequilíbrios fiscais	Armas de destruição em massa	Desemprego	Conflitos entre estados	Migração involuntária	Desastres naturais	Deficiência nas respostas climáticas	Crises hídricas	Clima extremo
5º	Crises fiscais	Volatilidade do preço da energia	Volatilidade do preço da energia	Deficiência nas respostas climáticas	Colapso da infraestrutura	Deficiência nas respostas climáticas	Choque no preço da energia	Deficiência nas respostas climáticas	Crises hídricas	Desastres naturais	Crises hídricas

Fonte: Elaborado pela autora com base no relatório Global Risks, 2020.

Para a presente pesquisa foi analisado o nível de estresse hídrico dos 42 países que mais importam produtos do setor do agronegócio brasileiro com base nos dados disponibilizado pelo WRI (*World Resources Institute*). O WRI construiu uma ferramenta global de mapeamento de risco hídrico, o *Aqueduct*, para ajudar empresas, investidores, governos e comunidades a entender melhor onde e como os riscos hídricos estão surgindo em todo o mundo.

O WRI avalia a demanda por água em regiões, incluindo para abastecimento doméstico, uso industrial, irrigação e consumo da pecuária, mapeando a segurança hídrica no planeta. O WRI analisou questões hídricas de 189 países e mostrou que um quarto da população do mundo enfrenta estresse hídrico “extremamente alto”, o Brasil está classifica como “baixo”, no ranking de países, o Brasil não aparece entre os mais críticos é apenas o 116º.

O WRI (2019) mede o estresse hídrico como a relação entre o total de retiradas de água e os suprimentos renováveis de água superficial e subterrânea. As retiradas de água incluem usos domésticos, industriais, irrigação e pecuária para consumo e não consumo. Valores mais altos indicam menor disponibilidade de água por habitante. Os dados usados pela WRI para calcular a linha de base incluem mais de 50 anos de dados em vários indicadores, a ferramenta *Aqueduct* foi atualizada pela última vez em 2019, usando dados que abrangem 1960-2014.

O **esgotamento de água** mede a relação entre o consumo total de água e o abastecimento de água renovável disponível. O consumo total de água inclui usos domésticos, industriais, de irrigação e de consumo de gado. Valores mais altos indicam maior impacto no abastecimento de água local e menor disponibilidade de água para os usuários. É semelhante ao estresse hídrico, no entanto, em vez de olhar para a retirada total de água (consumo e não consumo), a depleção de água da linha de base é calculada usando apenas a retirada de consumo.

Já o **risco de seca** mede onde as secas são prováveis de ocorrer, a população e os bens expostos e a vulnerabilidade da população e dos bens a efeitos adversos. Valores mais altos indicam maior risco de seca. Na Tabela 8 consta os principais países para os quais o Brasil exporta produtos do setor do agronegócio e sua classificação de estresse hídrico, esgotamento de água e risco de seca de acordo com a WRI no ano de 2019 e ranking de maiores importadores considerando valores.

Tabela 8 - Classificação do estresse hídrico, do esgotamento de água e do risco de seca e dos principais países importadores do agronegócio brasileiro

Países importadores*	Ranking de importações	Estresse hídrico	Esgotamento de água	Risco de seca
China	1°	Alto	Médio alto	Médio alto
Estados Unidos	2°	Extremamente alto	Médio alto	Médio baixo
Países Baixos	3°	Baixo	Baixo	Médio
Japão	4°	Médio alto	Médio baixo	Médio
Espanha	5°	Alto	Médio alto	Médio alto
Alemanha	6°	Alto	Médio baixo	Médio
Turquia	7°	Alto	Médio baixo	Médio alto
Coreia do Sul	8°	Baixo	Baixo	Médio
Indonésia	9°	Baixo	Baixo	Médio alto
Itália	10°	Extremamente alto	Médio alto	Médio alto
Bélgica	11°	Extremamente alto	Médio baixo	Médio
Reino Unido	12°	Médio baixo	Baixo	Médio alto
Rússia	13°	Baixo	Baixo	Baixo
México	14°	Extremamente alto	Médio alto	Médio
França	15°	Médio alto	Médio baixo	Médio
Índia	17°	Alto	Médio alto	Médio alto
Canadá	18°	Baixo	Baixo	Baixo
Portugal	19°	Médio alto	Médio baixo	Médio
Polônia	20°	Alto	Médio alto	Médio alto
Eslovênia	21°	Médio baixo	Baixo	Médio
Romênia	22°	Alto	Médio baixo	Médio alto
Noruega	24°	Baixo	Baixo	Baixo
Suécia	25°	Baixo	Baixo	Médio baixo
Dinamarca	26°	Médio alto	Médio baixo	Médio alto
Grécia	27°	Alto	Médio alto	Médio
Irlanda	28°	Baixo	Baixo	Médio
Finlândia	29°	Baixo	Baixo	Médio
Suíça	30°	Baixo	Baixo	Médio
Croácia	31°	Baixo	Baixo	Médio alto
Áustria	32°	Baixo	Baixo	Médio
Letônia	33°	Baixo	Baixo	Médio
Eslováquia	34°	Baixo	Baixo	Médio alto
Lituânia	35°	Médio alto	Médio baixo	Médio alto
Bulgária	36°	Extremamente alto	Médio baixo	Médio alto
Malta	37°	Extremamente alto	Médio alto	Médio
Hungria	38°	Médio alto	Médio baixo	Médio alto
Chipre	39°	Alto	Alto	Médio
Tcheca, República	40°	Baixo	Baixo	Médio
Estônia	41°	Médio baixo	Baixo	Médio
Luxemburgo	42°	Médio alto	Médio baixo	Médio

Nota: \*Os países estão ordenados pela participação relativa nas exportações do agronegócio brasileiro.  
Fonte: Elaborada pela autora com base no World Resources Institute, 2019.

Analisando o estresse hídrico, esgotamento de água e risco de seca dos 40 principais países importadores do agronegócio brasileiro é possível identificar algumas questões referente a água. Referente ao estresse hídrico 23% dos países estão classificados como alto, como exemplo a China e 15% extremamente alto, como o Estados Unidos. No quesito Esgotamento de água, 3% dos países estão na situação de alto, como o Chipre, e 23% dos países médio alto como a China e Estados Unidos. Analisando o risco de seca dos países importadores, 50% dos países estão em situações média, como a Alemanha e 38% médio alto o nível de risco de seca, como a China e Espanha.

A China é o país que o Brasil mais exportou no ano de 2020, não somente produtos ligados ao agronegócio, mas como exportações totais. A forte presença da China no comércio internacional como produtora de manufaturados e consumidora de commodities impõe ao Brasil ser um dos seus principais fornecedores. A natureza da competição com a China e outros asiáticos no mercado global é uma das realidades, a Ásia enfrenta escassez de matérias-primas e energia, o que permite que a América Latina exporte para lá quantidades crescentes de minerais, produtos agrícolas e energia a preços ascendentes (PÉREZ, 2010). O ritmo de crescimento e a dimensão de sua economia fazem da China uma grande demandante de matérias-primas e outros produtos primários. O fenômeno chinês explica em boa medida a trajetória ascendente dos preços das commodities primárias na década de 2000, o que significou naquele período a reversão dos termos de intercâmbio a favor dos produtos intensivos em recursos naturais (PAMPLONA, CACCIAMALI; 2017).

#### 4.4 EXPORTAÇÕES DE ÁGUA VIRTUAL PELOS SETORES DO AGRONEGÓCIO

De acordo com Montoya e Finamore (2020), o uso de água no segmento serviços direcionado à agroindústria é significativamente maior do que o direcionado à agropecuária, na medida em que os serviços agroindustriais concentram 74,08% da água utilizada nos agrosserviços, e os serviços agropecuários somente 25,92%. Considera-se que o agronegócio é um grande exportador de alimentos para o mercado internacional, pode-se afirmar também que, por meio de suas exportações, fornece volumes significativos de recursos hídricos para a economia mundial

Os recursos hídricos vêm contribuindo significativamente com o crescimento do agronegócio na medida em que a água desempenha um papel fundamental na produção. As atividades produtivas do agronegócio brasileiro estão em constante crescimento e pressionam



permanente a demanda de água, dado seu status de referência mundial para o fornecimento de alimentos (MONTROYA; FINAMORE, 2020).

A atividade agropecuária é a principal responsável pelo uso da água, 70% de toda a água consumida no mundo é utilizada na irrigação das lavouras, número que se eleva para 72% no caso do Brasil, que é um país com forte produção nesse setor da economia, como exemplo, a produção de soja que utiliza 1,8 mil litros para cada quilo produzido, o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de soja (FAO, 2022).

Em um contexto geral, os produtos são classificados como básicos, semimanufaturados e manufaturados. Os primeiros, que assumem a denominação de commodities, guardam as características próximas do estado em que são encontrados na natureza, apresentando baixo grau de elaboração e são o que mais consomem água para a produção e a irrelevância dos produtos manufaturados no dispêndio de água virtual, comparado principalmente aos produtos básicos (HERRERA *et al.*, 2019).

A pegada hídrica e a água virtual constituem categorias de análise do desenvolvimento sustentável para avaliar a gestão dos recursos hídricos. Na Matriz Insumo-Produto (MIP) são descritas 67 atividades da economia Brasileira, para a pesquisa foram analisados os agregados dos setores do agronegócio brasileiro. Os dados da presente pesquisa sugerem que os setores do agronegócio foram responsáveis por 88% do total de água virtual exportada pela economia brasileira considerando um grupo de 42 países. Os setores e o volume relativo de água virtual exportada podem ser visualizados na Tabela 9.

Tabela 9 - Volume total e médio de água virtual exportado pelos setores do agronegócio, Brasil – Acumulado 2010 a 2020, em hm<sup>3</sup>

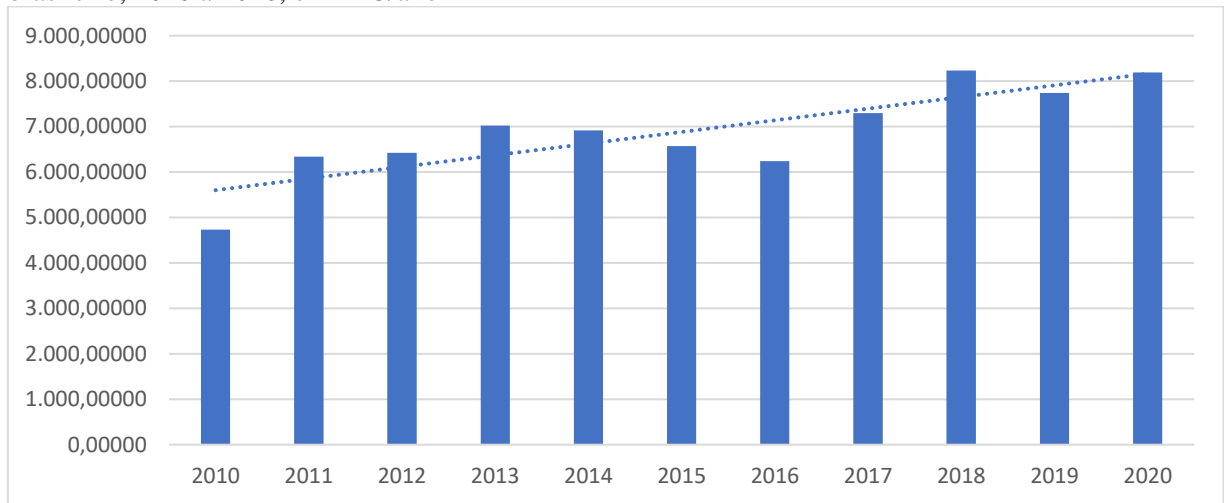
Setores do agronegócio	Total Acumulado	Média	Desvio-padrão
Agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita	64.250	139	892
Pecuária, inclusive o apoio à pecuária	6.980	15	68
Produção florestal; pesca e aquicultura	1.670	3	58
Fabricação e refino de açúcar	1.269	2	22
Abate e produtos de carne, inclusive os produtos do laticínio e da pesca	721	1,5	21
Outros produtos alimentares	415	0,8	2
Fabricação de produtos da madeira	187	0,4	5
Fabricação de biocombustíveis	110	0,2	2
Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	58	0,1	0,8
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	38	0,0	0,3
Fabricação de calçados e de artefatos de couro	2	0,0	0,0
Alimentação	1	0,0	0,0
Fabricação de produtos do fumo	0,1	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>75.707</b>	<b>163</b>	<b>1.076</b>

Fonte: Elaborada pela autora com dados da pesquisa.

O setor do Brasil que mais exportou água virtual foi agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita. Conforme citado nas seções anteriores a agricultura é o seguimento que mais utiliza água nas suas atividades. Dessa maneira, as interações dos recursos hídricos com as atividades econômicas, neste trabalho, são visualizadas pelo uso da água virtual nas exportações.

A interação insumo-produto dos fluxos de água com as atividades econômicas evidencia que o consumo de água no sistema econômico varia de setor para setor. Analisando os anos de 2010 a 2020 foi possível identificar que o Brasil apresentou tendência de crescimento nas exportações de água virtual via bens e serviços do agronegócio considerando o volume em hectômetros cúbicos (hm<sup>3</sup>), o que corresponde a um milhão de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) ou um bilhão de litros de água. Na Figura 5 é possível identificar como a exportação de água virtual vem se comportando ao longo dos anos. Em 2016 houve queda nas exportações brasileiras em geral (COMEXSTAT, 2022), não somente no setor do agronegócio. No ano de 2018 apresentou o maior volume de água exportada, isto pode estar relacionado com as relações comerciais do Brasil e aumento da demanda mundial. Em média o Brasil exportou 6.916 hm<sup>3</sup>/ano de água virtual.

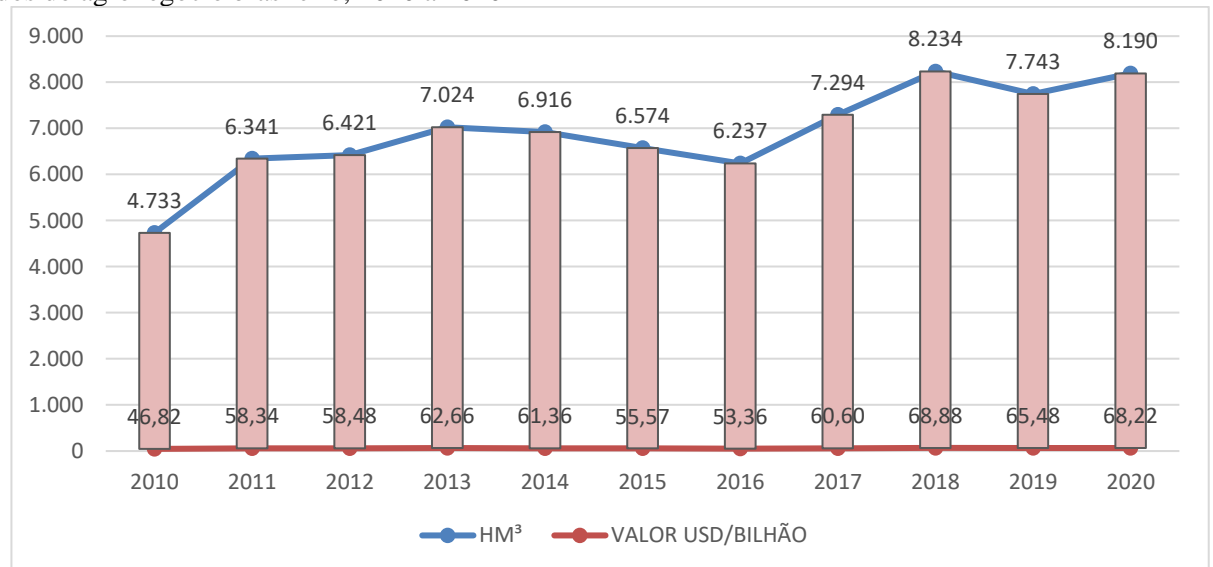
Figura 5 - Volume anuais de água virtual exportada pelos agregados dos setores do agronegócio brasileiro, 2010 a 2020, em hm<sup>3</sup>/ano



Fonte: Elaborada pela autora com dados da pesquisa.

Considerando os agregados dos setores do agronegócio, no período de 10 anos é possível identificar que a atividade que mais exportou água virtual foi agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita, conforme demonstrado na Tabela 9, seguido da pecuária, inclusive o apoio à pecuária e produção florestal; pesca e aquicultura. Com o intuito de comparação os volumes de água virtual e valor de dólar das exportações, na Figura 6 demonstra esta relação.

Figura 6 - Volume anuais de água virtual em hm<sup>3</sup>/ano e valor em dólar exportada pelos setores agregados do agronegócio brasileiro, 2010 a 2020

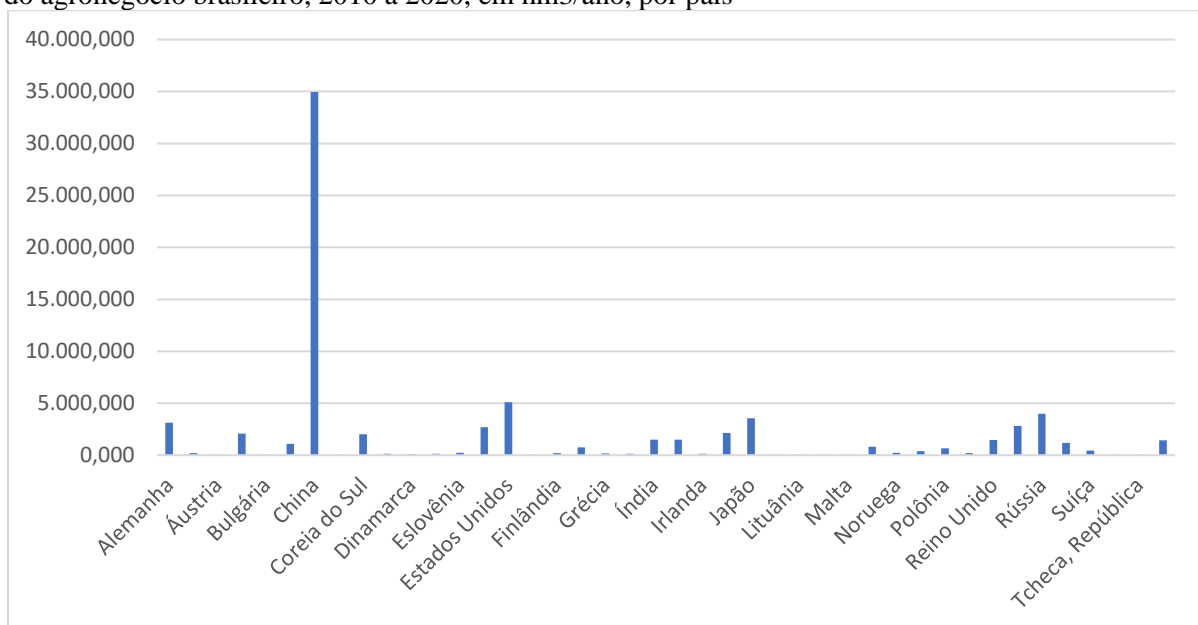


Fonte: Elaborada pela autora com dados da pesquisa.

Na Figura 7 constam os destinos da água virtual exportada pelo Brasil considerando as atividades agregadas aos setores do agronegócio acumulada no período 2010 a 2020. O país

para o qual o Brasil mais exportou água virtual foi a China, seguido de Estados Unidos. Só a China sozinha importou 46,18% do volume de água virtual exportada pelo Brasil, o restante 53,82% foi para os demais países.

Figura 7 - Volume total acumulado anuais de água virtual exportada pelos setores agregados do agronegócio brasileiro, 2010 a 2020, em hm<sup>3</sup>/ano, por país



Fonte: Elaborada pela autora com dados da pesquisa.

Na próxima seção será tratada a relação entre volume de água virtual por setor da economia e a escassez hídrica dos países que importam desses setores.

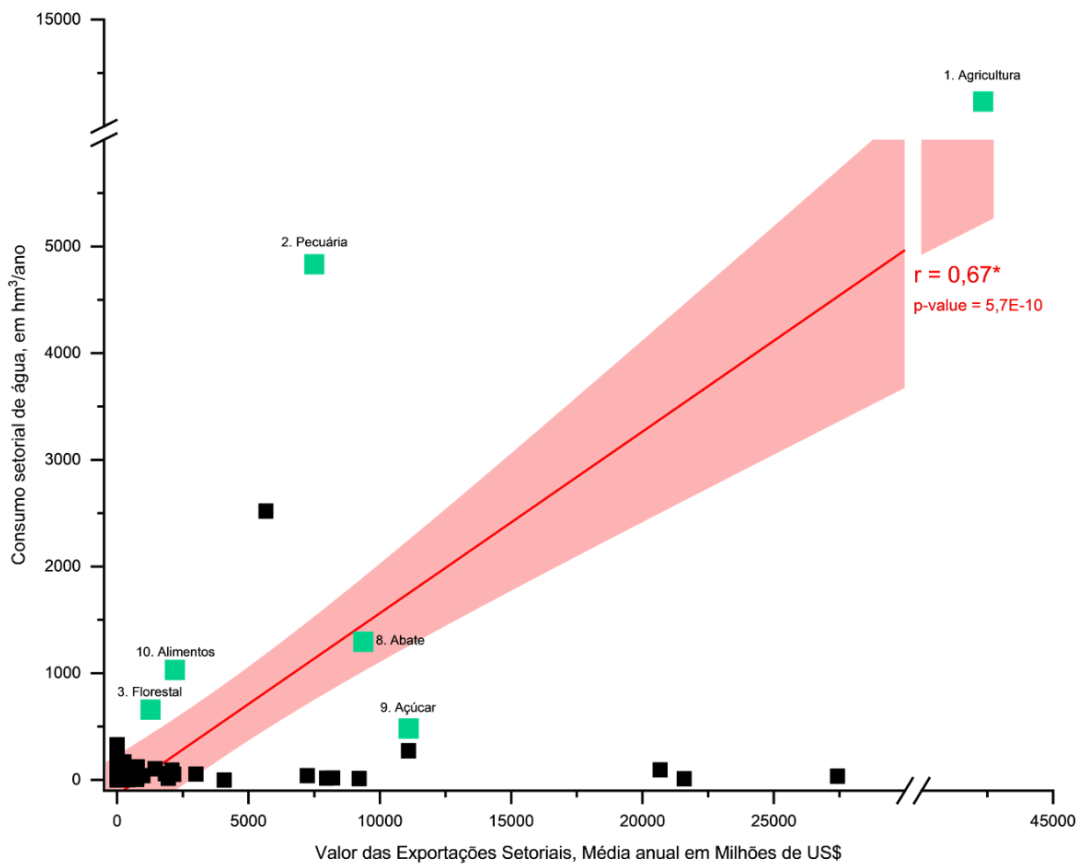
#### 4.5 EXPORTAÇÕES DE ÁGUA VIRTUAL E ESCASSEZ HÍDRICA NOS PAÍSES IMPORTADORES

Nesta seção serão apresentados resultados da pesquisa com o intuito de testar a hipótese de que países com maior escassez hídrica tendem a importar de setores da atividade econômica que mais consomem água e a relação entre volume de água virtual por setor e a escassez hídrica dos países. Num primeiro momento foi analisado a relação entre volume de água por setor. No segundo momento foi analisado os setores que mais houve exportação com os níveis de escassez hídrica de cada país importador.

A análise dos dados buscou relacionar o nível de estresse hídrico e de risco de seca de cada país com o consumo de água de cada setor da economia brasileira. Essa relação foi feita com dados das importações (US\$) que os países realizaram e os níveis de estresse hídrico ou risco de seca aplicando a correlação de Pearson, no qual mediu o grau da correlação entre duas

variáveis de escala métrica. Na Figura 8 é apresentado a correlação entre o volume de água consumida por setor e os valores de exportação em dólar por setor, para identificar a correlação do volume de água consumida por cada setor - consumo total, não o volume de água virtual exportado - com os valores de exportações em dólar de cada setor, para identificar se os setores que mais consomem água também são aqueles que mais exportam. Para esta análise foi necessário utilizar os 67 setores e não somente os com relação ao agronegócio visto que só assim será possível identificar a correlação. Se considerarmos somente os setores do agronegócio a análise seria distorcida, haja vista que os setores do agronegócio são intensivos em consumo de água.

Figura 8 - Correlação entre exportações totais e consumo setorial de água



Nota: os valores das exportações correspondem a média das exportações setoriais entre os anos de 2010 e 2020, expressos em milhões de US\$. Os valores de consumo de água estão expressos pelo volume total anual de consumo de água de cada setor para o ano de 2015, cujos valores correspondem a  $\text{hm}^3/\text{ano}$ . Em destaque alguns dos setores do agronegócio. \*O valor da correlação é estatisticamente significativo ao nível de 0,05.

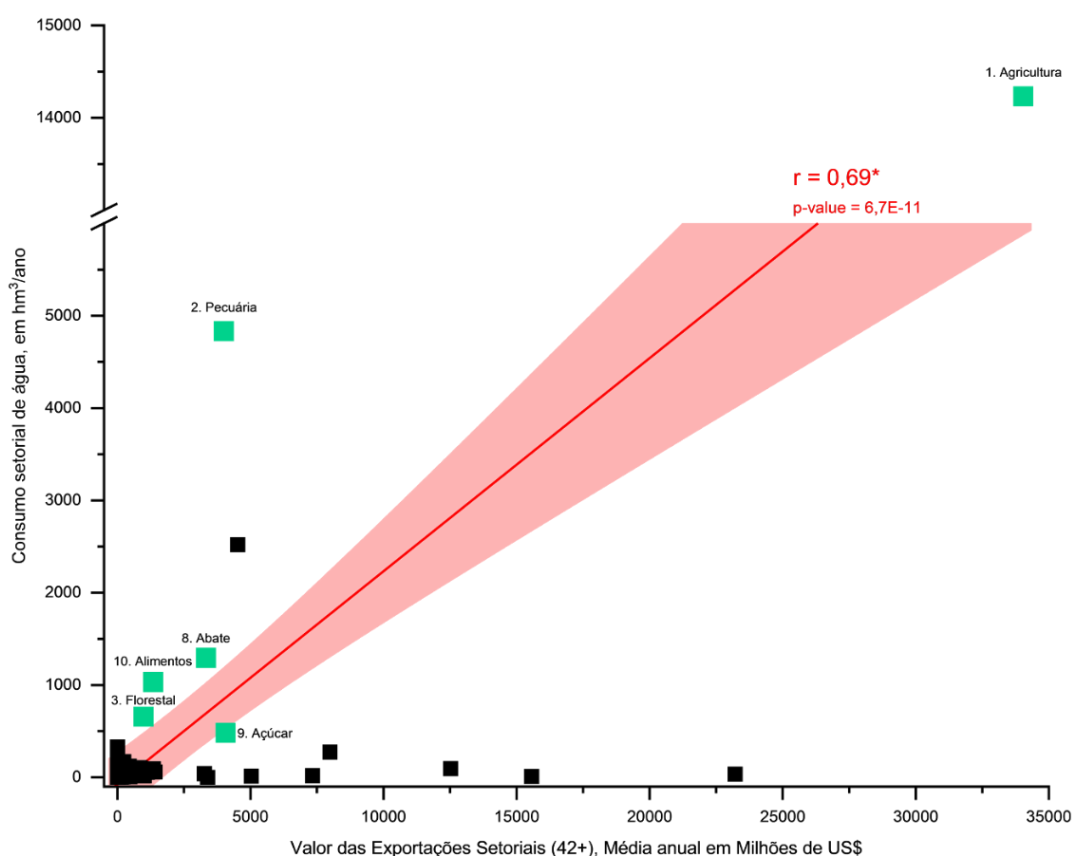
Fonte: dados da pesquisa.

O valor da correlação ( $r = 0,67$ ) pode ser considerado alto e é estatisticamente significativo. Ou seja, mostra que há de fato uma relação direta entre a intensidade no consumo de água e o montante de exportações dos setores de atividade econômica. Nesse sentido, os

setores do agronegócio aparecem com destaque, como pode ser visualizado pelos setores destacados na Figura 8. O cruzamento das informações mostrou uma correlação alta e significativa estatisticamente, foi possível demonstrar que os setores mais intensivos no consumo de água são também que mais exportaram, tais como: agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita; pecuária, inclusive o apoio à pecuária e produção florestal; pesca e aquicultura.

Na Figura 9 foi analisado a correlação apresentada na Figura 8 (mundo) se comporta quando considerados apenas os 42 países principais parceiros comerciais do Brasil. Foi analisado correlação entre o consumo total de água por setor - consumo total e não água virtual exportada - e a média anual de exportações de cada setor para os 42 países selecionados. Em linhas gerais o comportamento é similar, mas a correlação foi ainda maior. Ou seja, essa relação entre água e exportações é mais forte entre os principais parceiros comerciais do Brasil.

Figura 9 - Correlação entre exportações para os 42+ parceiros comerciais do Brasil e consumo setorial de água



Nota: os valores das exportações correspondem a média das exportações setoriais entre os anos de 2010 e 2020, expressos em milhões de US\$. Os valores de consumo de água estão expressos pelo volume total anual de consumo de água de cada setor para o ano de 2015, cujos valores correspondem a  $\text{hm}^3/\text{ano}$ . Em destaque alguns dos setores do agronegócio. \*O valor da correlação é estatisticamente significativo ao nível de 0,05.

Fonte: dados da pesquisa.

As Figuras 8 e 9, apresentam evidências que sugerem que existe uma correlação significativa entre exportações e intensidade de consumo de água dos setores da economia brasileira, em especial do agronegócio. A hipótese para testar na análise dos dados é se os países que têm menos recursos hídricos importam mais de setores que consomem mais água, foi correlacionar o montante de exportações com os dois índices de recursos hídricos: “estresse hídrico” e “risco de seca”. Para os 67 setores, 42 países e mais o resto do mundo (ROW) foi selecionado os dados de valor exportado em dólar e em água virtual ( $\text{hm}^3$ ). Esses valores são valores médios para os anos 2010 a 2020.

A Figura 10 é uma matriz de correlação que ilustra as correlações entre todas as variáveis consideradas. Os pontos azuis são os 67 setores, a linha vermelha é a linha de ajuste da correlação entre os pontos e a área em torno da reta é o intervalo de confiança em relação à correlação.

Nessa coluna estão as correlações entre os diferentes níveis de estresse hídrico (WS = water stress) e o Consumo total setorial de água (CTW). As correlações entre Baixo WS e Baixo-Médio WS e CTW é da ordem 0,48-0,49, mas quando o estresse hídrico aumenta para Médio-Alto e Alto, o valor da correlação aumenta significativamente para 0,72 e 0,78, respectivamente. Esses resultados sugerem que a hipótese da pesquisa se confirma, ou seja, à medida que os países têm maior estresse hídrico eles importam mais de setores intensivos em consumo de água.

Para reforçar as evidências foi realizado uma análise similar, a Figura 11 associada a outro indicador: risco de seca. O risco de seca é relevante e associado aos setores de produção agrícola, impactando diretamente a necessidade de importações de setores do agro. No mais, os valores da correlação aumentam à medida que o risco de seca aumenta, embora os valores sejam inferiores àqueles do estresse hídrico.

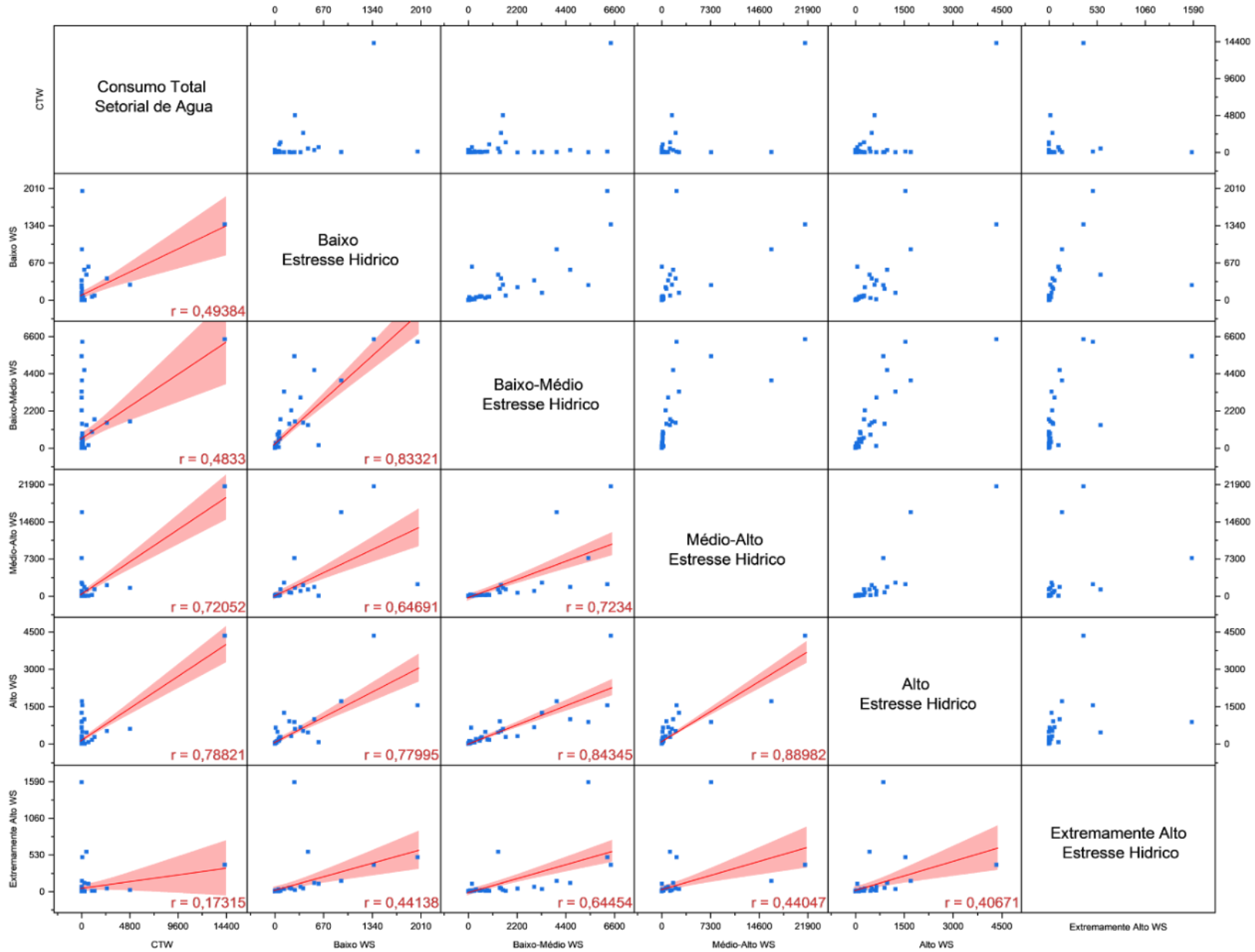
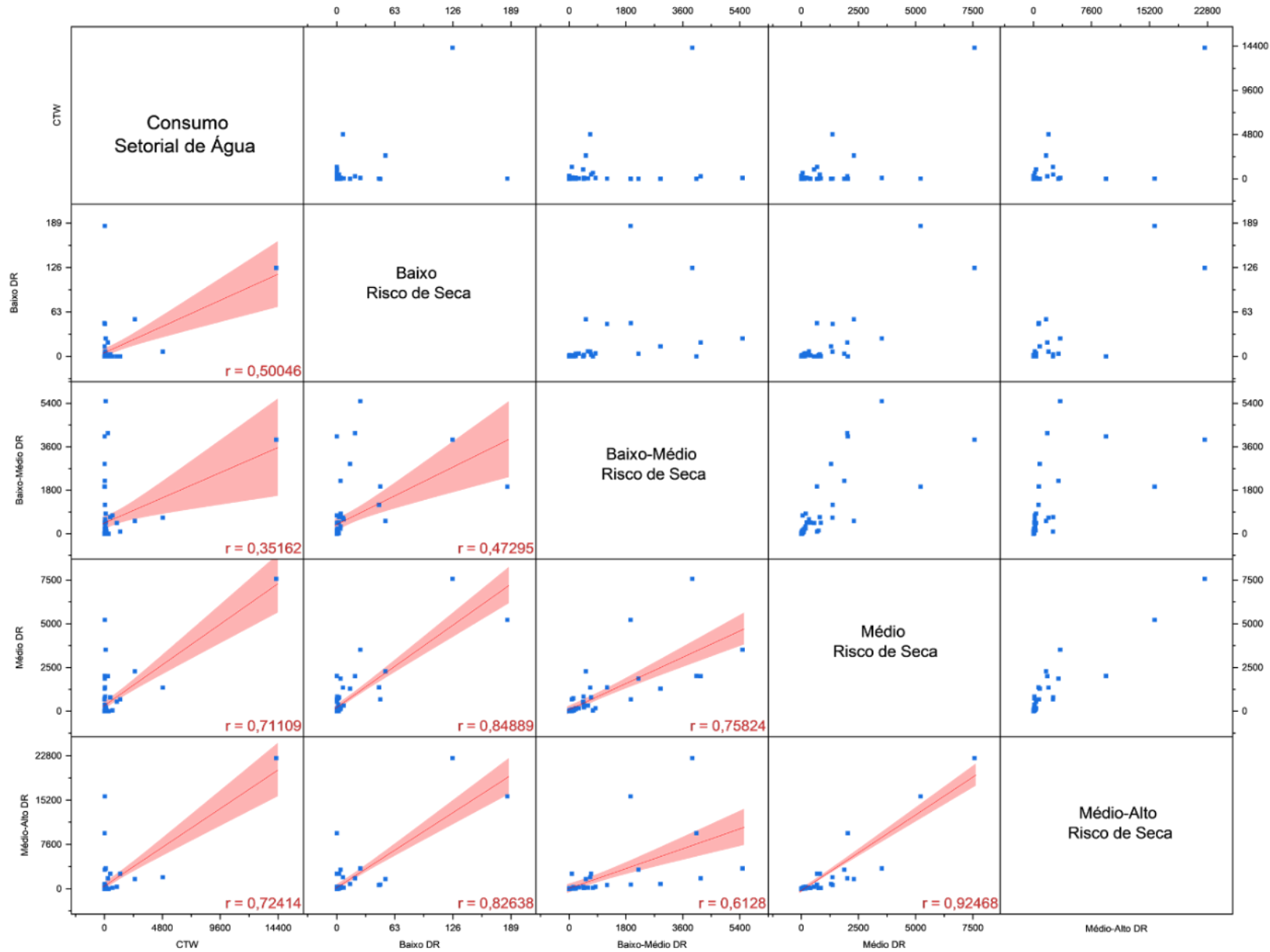


Figura 10 - Matriz de correlação de Pearson entre o consumo setorial total de água e os estados de estresse hídrico considerando as exportações setoriais para os 42+ parceiros comerciais do Brasil



Figura 11 - Matriz de correlação de Pearson entre o consumo setorial total de água e os estados de risco de seca considerando as exportações setoriais para os 42+ parceiros comerciais do Brasil



A observação dos dados analisados e os resultados da pesquisa apresentadas sugerem relações entre as variáveis exportação de água virtual e escassez hídrica dos países importadores, mas não se pode afirmar que haja relações de causalidade (causa e efeito) entre elas. Seriam necessárias análises mais aprofundadas para determinar o nível de causalidade da escassez hídrica sobre as importações de setores mais intensivos em consumo de água. Há outras variáveis que podem impactar nessa análise, como por exemplo população, área, terras agrícolas, etc., que precisariam ser consideradas num modelo analítico para determinar o quando a escassez de recursos hídricos afetaria as importações de setores mais intensivos em consumo de água. No próximo capítulo será apresentado as conclusões da pesquisa.

## 5 CONCLUSÃO

Com base no problema de pesquisa e nos objetivos do estudo, foi possível concluir alguns aspectos nas análises realizadas dos dados. De acordo com o referencial teórico e após analisados os dados levantados das exportações dos setores do agronegócio, foi possível identificar alguns resultados que foram ao encontro com o objetivo geral da pesquisa de analisar quais os impactos das exportações do agronegócio brasileiro frente a escassez de recursos hídricos de seus parceiros comerciais.

O Brasil, como um grande exportador do agronegócio, também se torna um grande exportador de água virtual. A atividade agropecuária é a principal responsável pelo uso da água, 70% de toda a água consumida no mundo é utilizada na irrigação das lavouras. Considera-se que o agronegócio é um grande exportador de commodities para o mercado internacional, pode-se afirmar também que, por meio de suas exportações, fornece volumes significativos de recursos hídricos para a economia mundial. O comércio internacional de produtos do agronegócio traduz os fluxos internacionais de água virtual, no qual países com baixa disponibilidade de recursos hídricos e, conseqüentemente, dificuldade na produção agropecuária, conseguem contornar essa situação pela importação, tornando-se importadores de água virtual.

A pesquisa mostrou que nos anos de 2010 a 2020 houve um aumento de 34% nos valores das exportações brasileiras relacionadas aos setores do agronegócio. De acordo com a classificação internacional padrão por atividade econômica (ISIC) as atividades principais que o Brasil exportou foram (i) produção vegetal, animal e caça; (ii) fabricação de produtos alimentícios; (iii) fabricação de papel e produtos de papel. Comparando os anos de 2010 e 2020 essas atividades tiveram um aumento de 48%, 98% e 87% respectivamente no período de 10 anos.

No período entre 2010 e 2020 o Brasil exportou para 251 países, considerando os setores do agronegócio. Os principais países importadores dos setores do agronegócio foram: China, Estados Unidos, Países Baixos (Holanda), Japão, Alemanha, Rússia, Arábia Saudita, Hong Kong, Bélgica e Espanha.

A distribuição de água doce não ocorre de forma homogênea entre os países, analisando o estresse hídrico, esgotamento de água e risco de seca dos 42 principais países importadores do agronegócio brasileiro, foi possível identificar algumas questões referente a água. Referente ao estresse hídrico, 23% dos países estão classificados como alto, como a China, e 15% extremamente alto, como os Estados Unidos. Os dados da pesquisa sugerem que os setores do

agronegócio foram responsáveis por 88% do total de água virtual exportada pela economia brasileira considerando um grupo de 42 países. O país para o qual o Brasil mais exportou água virtual foi a China, seguida dos Estados Unidos. Apenas a China importou 46,18% do volume de água virtual exportada pelo Brasil.

O cruzamento das informações mostrou uma correlação alta e significativa estatisticamente, desse modo foi possível demonstrar que os setores mais intensivos no consumo de água são também aqueles que mais exportam, tais como: agricultura, inclusive o apoio à agricultura e a pós-colheita; pecuária, inclusive o apoio à pecuária e produção florestal; pesca e aquicultura. Esses resultados sugerem que a hipótese da pesquisa se confirma, ou seja, à medida em que os países têm maior estresse hídrico, mais importam de setores intensivos em consumo de água. Logo, os países com maior escassez de água apresentaram tendência a aumentar as importações do agronegócio.

O desafio deste trabalho foi abordar de maneira crítica e destacar as principais questões que fazem parte da atual situação que se encontra o Brasil em comparação a outros países frente à questão hídrica. A principal limitação do trabalho foi agregar e compilar outros dados para análise que não são disponibilizados de forma automatizada, pois exigiria a captação das informações de forma manual de diversas fontes.

Os resultados da pesquisa apresentados sugerem relações entre as variáveis exportação de água virtual e escassez hídrica dos países importadores, mas não se pode afirmar que haja relações de causalidade (causa e efeito) entre elas. Como sugestão para pesquisas futuras, temos a análise mais aprofundada para determinar o nível de causalidade da escassez hídrica sobre as importações de setores mais intensivos em consumo de água, acrescentando outras variáveis ao estudo, como população, área, terras agrícolas, etc. Por exemplo, a terra é um recurso natural que não é distribuída de forma igual por habitantes, entre os países importadores, uma vez que, os três países que mais importam do Brasil são China, Estados Unidos e Países Baixos (Holanda), que tem 151, 34 e 453 habitantes por km<sup>2</sup>, respectivamente, e considerando somente a área de terras agrícolas são 272, 82 e 942 habitantes por km<sup>2</sup>. No Brasil temos 25 habitantes por km<sup>2</sup>, sendo 90 habitantes por km<sup>2</sup> considerando somente as áreas de terras agrícolas. Portanto, na China e Estados Unidos o km<sup>2</sup> é mais concorrido por habitante que no Brasil.

O conhecimento dos volumes de água utilizado para a produção de um bem que é exportado traz atenção para o volume de água virtual que ultrapassam as fronteiras. A água é um recurso natural que até o momento não houve escassez no Brasil considerado então uma vantagem competitiva frente a países que enfrentam risco de seca e precisa ser considerado este

ponto nas relações comerciais a fim de valorizar e diferenciar o preço da água e o valor da água em países com dotação de água distinta.

Assim, é necessário reconhecer as diversas dimensões da problemática tendo em conta valores éticos, sociais, políticos, económicos e ambientais envolvidos. A água é um bem essencial à vida e tem sua importância no desenvolvimento económico, no bem-estar social e necessita de uma gestão especial, pois possui características singulares.

## REFERÊNCIAS

AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 163-177, 2015.

ALLAN, J. A. Virtual water: the water, food and trade nexus, useful concept or misleading metaphor? **Water International**, Philadelphia, v. 28, n. 1, p. 106-113, 2003.

ALMEIDA, A. N.; SILVA, J. C. G. L.; ANGELO, H. Importância dos setores primário, secundário e terciário para o desenvolvimento sustentável. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 9, n. 1, p. 146-162, jan./mar. 2013.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Brasília, DF: ANA; Engecorps/Cobrape, 2010. Disponível em: <https://www.aris.sc.gov.br/uploads/revista/2735/YXwFOHqcDQSDQEA2bJfi2Kfs2Pt-Binw.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2022.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Água pelo mundo**. Brasília, DF: ANA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 1º out. 2021.

AUGUSTO, L. G. S. *et al.* O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1511- 1522, jun. 2012.

BARRETO, S. 'Seguimos no limite', diz especialista em crise hídrica sobre represas de SP. [Entrevista cedida a] Eduardo Geraque. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 23 mar. 2017. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2017/03/1868198-seguimos-no-limite-diz-especialista-em-crise-hidrica-sobre-represas-de-sp.shtml>. Acesso em: 22 mar. 2017.

BERGAMASCHI, J. C.; MINGOTTE, F. L. C. Análise da água virtual na produção agroexportadora da microrregião de Jaboticabal, Monte Alto e Taquaritinga. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DA FATEC TAQUARITINGA, 3., 2015, Taquaritinga. [**Anais ...**]. São Paulo: FATEC, 2015. p. 1-12. Disponível em: <https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/210/154>. Acesso em: 15 out. 2022.

BORBA, A. L. S.; COSTA, M. R.; LIMA, F. B. A proteção das águas: recurso natural limitado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Campinas. **Anais [...]** São Paulo: ABAS; MCI, 2018. p. 1-4. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29417/19019>. Acesso em: 15 out. 2021.

BRAGA, B. P. F. *et al.* Pacto federativo e gestão das águas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 17-42, 2008.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **COMEX Stat**. [Base de dados]. Brasília, DF: MDIC, 2021. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 2 mar. 2022.

BUCHANAN, J. M. Opportunity cost. *In*: DURLAUF, S. N.; BLUME, L. E. (ed.). **The New palgrave dictionary of economics**. 2nd ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2008. p. 119-134. Disponível em: [http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008\\_O000029](http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008_O000029). Acesso em: 19 maio 2022.

BURANELLO, R. Agronegócio: conceito. *In*: CAMPILONGO, C. F.; GONZAGA, A. A.; FREIRE, A. L. (coord.). **Enciclopédia jurídica da PUC-SP**. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/208/edicao-1/agronegocio:-conceito>. Acesso em: 1º out. 2021.

CARMO, R. L. *et al.* Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande exportador de água. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 83-96, 2007.

CAUBET, C. G. **A água doce nas relações internacionais**. Barueri: Manole, 2006.

CHAVES FILHO, J. T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Aterações no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 199-204, 2001.

CONNOR, R.; UHLENBROOK, S.; KONCAGÜL, E. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2019: não deixar ninguém para trás**, resumo executivo. [Paris]: Unesco, 2019. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_por). Acesso em: 20 out. 2021.

DAVIS, J. H.; GOLDBERG, R. A. **A concept of agribusiness**. Cambridge: Harvard University, 1957.

DUARTE, R.; YANG, H. Input-output and water: introduction to the special issue. **Economic Systems Research**, London, v. 23, n. 4, p. 341-51, Oct. 2011.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Uso da terra: 2021/2022**. [Base de Dados FAOSTAT]. Rome: FAO, 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 1º maio 2021.

FARIAS, A. C. S.; FARIAS, R. B. A. Desempenho comparativo entre países exportadores de pescado no comércio internacional: Brasil eficiente? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 56, p. 451-466, 2018.

FENG, K. *et al.* Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: a consumption based approach. **Applied Geography**, Sevenoaks, v. 32, p. 691-701, 2011.

FERRAZ, A. S. *et al.* Água: a pegada hídrica no setor alimentar e as potenciais consequências futuras. **Acta Portuguesa de Nutrição**, Porto, v. 22, p. 42-47, 2020.

GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Edufba, 2002.

GELAIN, J. G.; ISTAKE, M. Exportação líquida de água virtual brasileira e estadual. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 150-168, 2015.

GODOY, A. M. G. Recursos hídricos e ferramentas públicas de resolução de conflitos no Brasil. *In: ENCONTRO NACIONAL DA ENABER*, 6., 2006, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. São Paulo: ENABER, 2006. p. 1-20

HERRERA, M. V. S. *et al.* Estimativa do dispêndio de água virtual nas exportações brasileiras no período de 2003 a 2014. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 1229-1238, 2019.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *In: CRASWELL, E. et al. (ed.). Integrated assessment of water resources and global change*. Dordrecht: Springer, 2007. p. 35–48.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. **Virtual water trade**: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Delft: UNESCO-IHE, 2002. (Value of water research report series, n. 11).

HOEKSTRA, A.Y. Virtual water: an introduction. *In: HOEKSTRA, A.Y. (ed.). Virtual water trade: proceedings of the international expert meeting on virtual water trade*. Delft: IHE, 2003. (Value of water report series, n. 12). p. 13-23.

HOEKSTRA, A.Y. *et al.* **Manual de avaliação da pegada hídrica globalização da água**: estabelecendo o padrão global. Tradução: Solução Supernova. São Carlos: EESC-USP, 2011. Título original: The water footprint assessment manual: setting the global standard.

HOTELLING, H. The economics of exhaustible resources. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 39, n.2, p. 137-175, 1931.

HUMPHREYS, M.; SACHS, J.; STIGLITZ, J. **Escaping the resource curse**. New York: Columbia University Press, 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Matriz de insumo-produto**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9085-matriz-de-insumo-produto.html>. Acesso em: 10 nov. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Matriz insumo-produto**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 13 set. 2021.

LEONTIEF, W. Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach. **The Review of Economics and Statistics**, Cambridge, v. 52, n. 3, p. 262–271, 1970.



LUZ, A.; FOCHEZATTO, A. O transbordamento do PIB do agronegócio do Brasil: uma análise da importância setorial via Matrizes de Insumo-Produto. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 61, n. 1, [art.] e253226, 2022.

MENDES, J. T. G.; PADILHA, J. B. J. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MONTOYA, M. A.; FINAMORE, E. B. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 74, n. 4, p. 441-464, 2020.

MORAES, N. **Custo da escassez para a indústria em diferentes cenários de decisões do uso da água**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Curso de Engenharia Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas e Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/179915/001069590.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 1º out. 2021.

MUNDURUCA, D. F. V.; SANTANA, J. R. Comércio exterior como estratégia de crescimento econômico: uma proposta de priorização de produtos exportáveis para a economia sergipana. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 612-630, 2012.

NIEDERAUER, Priscila Dalla Porta. **Educação ambiental como sustentáculo da gestão de recursos hídricos no Brasil**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso – (Especialização) – Curso de Especialização em Educação Ambiental, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. Disponível em: <http://jararaca.ufsm.br/websites/unidadedeapoio/download/priscilamono.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

OEL, P. R. V.; MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The external water footprint of the Netherlands: Geographically-explicit quantification and impact assessment. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 69, p. 82-92, 2009.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 21**: conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento. Brasília, DF: Nações Unidas Brasil. Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995. Disponível em: <http://www.onu.org.br>. Acesso em: 15 dez. 2020.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Dia mundial da água**. Brussels: Nações Unidas - ONU Portugal, 2020. Disponível em: <https://unric.org/pt/dia-mundial-da-agua>. Disponível em: 15 dez. 2021.

PAMPLONA, J. B.; CACCIAMALI, M. C. O paradoxo da abundância: recursos naturais e desenvolvimento na América Latina. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 31, p. 251-270, 2017.

PARADA-PUIG, G. El agua virtual: conceptos e implicaciones. **Orinoquia**, Villavicencio, v. 16, n. 1, p. 69-76, 2012.

PENA, R. F. A. **Atividades que mais consomem água**. [S. l.]: Brasil Escola, [2022]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/atividades-que-mais-consomem-agua.htm>. Acesso em: 26 mar. 2022.

PÉREZ, C. Dinamismo tecnológico e inclusión social em América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales. **Revista de la CEPAL**, Santiago de Chile, n. 100, p. 123-145, abr. 2010.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Água não se nega a ninguém**: a necessidade de ouvir outras vozes. [México]: Observatório Latino-Americano de Geopolítica, 2008. Disponível em: <http://www.geopolitica.ws/media/uploads/Wporto2.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2020.

POSTALI, F. A. S. Efeitos da distribuição de royalties do petróleo sobre o crescimento dos Municípios no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 35., 2007, Nova Friburgo. **Anais [...]** Niterói: ANPEC, 2007. p. 1-18. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/4731833\\_EFEITOS\\_DA\\_DISTRIBUICAO\\_D E\\_ROYALTIES\\_DO\\_PETROLEO\\_SOBRE\\_O\\_CRESCIMENTO\\_DOS\\_MUNICIPIOS\\_NO\\_BRASIL](https://www.researchgate.net/publication/4731833_EFEITOS_DA_DISTRIBUICAO_D E_ROYALTIES_DO_PETROLEO_SOBRE_O_CRESCIMENTO_DOS_MUNICIPIOS_NO_BRASIL). Acesso em: 10 out. 2021.

RAMALHO, O. A. C. **O reuso da água**: uma solução sustentável para a Amazônia. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/61928/000866979.pdf;jsessionid=1435006CFEBD8368711C11FE111AA33D?sequence=1>. Acesso em: 14 out. 2021.

REBOUÇAS, A. C. Estratégias para se beber água limpa. In: FUNDAÇÃO Prefeito Faria Lima. Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal. **O município no século XXI**: cenários e perspectivas. São Paulo: FPFL/Cepam, 1999. p. 199-215.

REBOUÇAS, C. A. Águas doces no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, C. A.; BRAGA, B.; TUNDISI, G. J. **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. v. 1, p. 748.

REYNAUD, A. The econometric estimation of industrial water demand in France. **Environmental and Resource Economics**, Dordrecht, v. 25, p. 213-232, 2003.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Água utilizada para a produção de alimentos**. São Paulo: SABESP, 2021. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/>. Acesso em: 24 fev. 2022.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SAPKOTA, A. Water reuse, food production and public health: adopting transdisciplinary, systems-based approaches to achieve water and food security in a changing climate. **Environmental Research**, Amsterdam, v. 171, p. 576-580, 2019.

SERRA, R. V. O seqüestro das rendas petrolíferas pelo poder local: a gênese das quase sortudas regiões produtoras. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 101-114, maio 2007.

SHIKLOMANOV, I. A era da falta d'água. [Entrevista cedida a] Claudio Angelo, Mariana Mello e Maria Fernanda Vomero. **Super Interessante**, São Paulo, 31 out. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/a-era-da-falta-dagua/>. Acesso em: 1º out. 2021.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008-2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

THE WORLD BANK. [Trade (% of GDP)]. Washington, DC, 2020. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicador/NE.TRD.GNFS.ZS>. Acesso em: 27 jul. 2022.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos**. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, 2003. Disponível em: [http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos\\_01/A3\\_Tundisi\\_port.PDF](http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF). Acesso em: 30 jan. 2022.

WEF - WORLD ECONOMIC FORUM. **The global risks report 2020**. 15th ed. Geneva: WEF, [2020]. Disponível em: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risk\\_Report\\_2020.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf). Acesso em: 14 ago. 2021.

WHEATER, Howard S. Proporcionar segurança hídrica em um mundo em transformação. **Correio da UNESCO**, Brasília, DF, n. 1, p. 56-57, jan./mar. 2019. Disponível em: <https://pt.unesco.org/courier/2019-1/proporcionar-seguranca-hidrica-em-um-mundo-em-transformacao>. Acesso em: 10 nov. 2021.

WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Aqueduct**. Washington, DC: WRI, © 2022. Disponível em: <https://www.wri.org/aqueduct>. Acesso em: 13 ago. 2021.

WWAP - WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **The United Nations world water development report 3: water in a changing world**. Paris: WWAP, UNESCO; Earthscan: WWF, 2009.

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

ZHANG, Z.; YANG, H.; SHI, M. Analyses of water footprint of Beijing in an interregional input-output framework. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 70, p. 2494–2502, 2011.

ZHAO, X.; CHEN, B.; YANG, Z. F. National water footprint in an input-output framework: a case study of China 2002. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 220, p. 245–253, 2009.