



O papel da soja na exportação de recursos escassos e na organização da nova fronteira agrícola

The role of soy in the export of scarce resources and in the organization of the new agricultural frontier

Eluardo de Oliveira Marques¹, Felipe Dalzotto Artuzo², Edson Talamini³

Resumo

Por sua relevância econômica e pelos altos volumes comercializados, a soja ocupa grandes áreas territoriais, bem como utiliza grandes volumes de água em seu processo produtivo. Além disso, ela é responsável pelo fornecimento de calorias na composição das dietas alimentares. Por isso, o objetivo do estudo é identificar através dos dados referentes aos principais países que comercializam a soja, quais são as demandas por esses recursos incorporados no seu processo produtivo (terra e água), bem como a sua contribuição ao suprimento de calorias. As variáveis utilizadas no estudo foram: área plantada, produção total, produtividade média, valores e quantidades totais de importação e exportação da soja, preço da soja, volume da água utilizada e valor calórico por tonelada de soja. Os resultados indicam que a China se tornou ao longo do período estudado o maior importador de calorias, água virtual e terra do mundo, com uma demanda por consumo cada vez maior. Além dela, Brasil, Argentina e Estados Unidos também apresentaram aumento do consumo interno de calorias, água virtual e terra. Com relação ao balanço entre as importações e exportações de calorias, água e terra, observou-se que Brasil e Estados Unidos se consolidaram como maiores exportadores mundiais. Por fim, pode-se concluir que as relações entre os países ultrapassam a comercialização apenas do produto soja, o que pode representar uma nova fronteira agrícola que considera a exportação ou importação de recursos escassos incorporados.

Palavras-chave: Água virtual, Segurança Alimentar, Desenvolvimento Sustentável.

Abstract

Due to its economic source and the high volumes sold, soy occupies large territorial areas, as well as large volumes of water in its production process. In addition, it is responsible for providing calories in the composition of diets. Therefore, the objective of the study is to identify through the data related to the main countries that commercialize soy, what are the demands for these resources incorporated in their productive process (land and water), as well as their contribution to the supply of calories. The variables used in the study were: planted area, total production, average productivity, total values and quantities of soy import and export, price of soy, volume of water used and caloric value per ton of soy. The results indicate that China has become over the studied period the largest importer of calories, virtual water and land in the world, with an increasing demand for consumption. In addition to it, Brazil, Argentina and the United States also aggregate domestic consumption of calories, virtual water and land. With regard to the balance between imports and exports of calories, water and land, it is observed that Brazil and the United States have consolidated themselves as the world's largest exporters. Finally, it can be said that relations between countries go beyond the commercialization of soy products only, which may represent a new agricultural frontier that considers the import of scarce resources incorporated.

Keywords: Virtual water, Food Security, Sustainable Development.

1 Introdução

O comércio mundial da soja que é responsável por grande parte da ocupação de áreas agrícolas nos principais países exportadores da cultura, cresceu e se consolidou como uma das principais commodities agrícolas. Assim, a cultura vem sofrendo pressões de órgãos internacionais e de parte da opinião pública sobre possíveis malefícios que o seu cultivo pode trazer ao meio ambiente. O interesse comercial gerou avanços rumo a eficiência dos cultivos, como as práticas que permitem melhorar a utilização dos nutrientes (RIBEIRO et al., 2019; XU et al., 2020), aumentar a produtividade (CAMICIA et al., 2018), além da diversificação e intensificação das áreas produtivas (CARON et al., 2018; LAROCA et al., 2018).

¹ Doutorando em Agronegócios – UFRGS, eluardoeng.agro@gmail.com

² Doutor em Agronegócios – UFRGS, Diretor Administrativo do INBBIO, felipeartuzo1@hotmail.com

³ Doutor em Agronegócios – UFRGS, Professor Associado da UFRGS, edson.talamini@ufrgs.br



A soja movimentou cerca de 108 bilhões de dólares em 2016 no mundo, dos quais cerca de 33 bilhões dólares são referentes ao cultivo no Brasil, o que representa quase 20% do valor da produção agrícola do país (FAO, 2020). Por sua relevância para a balança comercial brasileira, a soja utiliza boa parte das áreas ocupadas com agricultura no país, com quase 60% da área de cultivo agrícola na safra 2018/19 (CONAB, 2020). Com essa representatividade territorial, aumenta a cobrança pelo aumento da eficiência na produção da soja, principalmente no uso dos recursos naturais.

Além da área utilizada para plantio da soja, há uma demanda por água que permeia toda a cadeia produtiva da cultura. Os conceitos de pegada hídrica e água virtual, ajudam na compreensão da quantidade e qualidade da água utilizada nas culturas agrícolas. No presente trabalho será adotado o conceito de água virtual, utilizado inicialmente por Allan (1998), ao considerar toda a água utilizada no processo produtivo da soja. Junto com os recursos naturais escassos utilizados na produção da soja, pode ser considerada também a produção de energia. Uma medida interessante desse valor energético é o valor calórico gerado por unidade de soja.

Nesse cenário, pode ser considerado que ao comercializar a soja, o que está sendo exportado ou importado não é somente o grão de soja em si, mas toda a energia (calorias) fornecida pela soja, assim como os recursos naturais escassos necessários à sua produção, como a água e a terra. Partindo desse pressuposto, que os recursos incorporados no processo produtivo são importantes, não deveriam ser considerados no preço final da soja? Os países que exportam a soja, e são mais eficientes no uso dos recursos, não deveriam receber algum valor agregado ao seu produto, mesmo se tratando de uma *commodity*? Porque não se pode considerar o fato que as fronteiras agrícolas não se restringem a área física do próprio país produtor? Os recursos escassos podem representar a nova fronteira agrícola mundial?

O artigo tem por objetivo avaliar a cultura da soja sob a ótica da exportação e importação de recursos como terra e água, e também de calorias. Para isso, será realizado um balanço das atividades comerciais dos principais países exportadores e importadores de soja.

2 Referencial Teórico

2.1 Fronteira agrícola

As fronteiras agrícolas representam a expansão de áreas produtivas dentro dos territórios nacionais ou mundiais, migrando parte da produção para regiões até então com menor histórico de produção para uma cultura específica ou para a atividade agropecuária de modo geral (LOPES et al., 2020). Esse avanço das fronteiras agrícolas pode resultar na modernização das atividades (BECKMANN; SANTANA, 2019) e maior atividade industrial (OLIVEIRA, 2019). O que se percebe também é que a demanda por novas áreas está diretamente ligada a utilização dos recursos disponíveis, e por isso, é preciso entender qual seu impacto no ambiente (DE FREITAS; BUOSI, 2018; SPERA et al., 2016).

Ao considerar a preservação dos recursos frente a um processo de demanda cada vez maior entre os países que transacionam a soja, é interessante entender em que medida os recursos terra e água são considerados como acréscimos ou perdas para a biodiversidade local (SEVERO SANTOS; NAVAL, 2020). Assim, os recursos naturais utilizados na sua produção, transcendem as barreiras físicas das fronteiras nacionais, podendo representar uma saída desses recursos da biodiversidade do país.

2.2 Água virtual

Sendo a água um dos principais recursos necessários para a produção de alimentos, e, portanto, tendo papel determinante na manutenção da segurança alimentar, é preciso que seja



identificado em que medida ela é utilizada no meio rural. O trabalho realizado por Hoeskstra e Hung (2002) trouxe avanços nesse aspecto, pois conseguiu calcular o fluxo de água virtual entre diversos países e para diversas culturas agrícolas de relevância mundial. Pode ser considerada como água virtual toda a água que foi incorporada no produto ou utilizada no seu processo de produção (CARMO et al., 2007; HOEKSTRA; HUNG, 2005). Essa abordagem facilita a visualização do quando desse recurso pode estar sendo exportado de forma indireta ao se comercializar a soja (BLENINGER; KOTSUKA, 2015).

Em se tratando de comércio internacional, 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 (PARADA - PUIG, 2012). Outra questão levantada é até que ponto as transações comerciais indiretas desses recursos entre os países podem prejudicar a segurança alimentar ou estoques da biodiversidade local (LIU et al., 2020).

No caso do Brasil, que é um dos principais exportadores mundiais de diversos produtos agrícolas, pode-se dizer que o sinal de alerta deve estar ligado, ao associar que o país também está exportando uma grande quantidade de água incorporada a tais produtos (CARMO et al., 2007). Isso porque ainda que em abundância no país, a água é um recurso escasso, e o seu uso indiscriminado pode colaborar para déficit futuro. Por isso, metodologias que trazem à tona o debate sobre o fluxo de água virtual entre as nações, podem colaborar na organização de uma matriz hídrica mundial.

2.3 Consumo de calorias

A produção de alimentos de forma sustentável tem norteado boa parte das discussões relacionadas ao setor do agronegócio, e alia-se a isso a necessidade de promover a segurança alimentar. Nesse processo, o fornecimento de calorias para consumo humano merece destaque. A eficiência das diferentes fontes de calorias pode ser um caminho, visto que uma dieta mais voltada para o consumo de produtos vegetais, por exemplo, pode fornecer maior quantidade de calorias do que produtos animais, se utilizassem mesma área (CASSIDY et al., 2013). Com isso, os países que possuem pouca terra disponível para cultivo, estão mais susceptíveis a desabastecimento alimentar calórico caso não as importem de outros locais (RASK; RASK, 2011).

Nesse sentido, há o impacto que mudanças alimentares podem ter sobre os recursos da natureza. Por exemplo, o aumento no consumo de calorias exigirá maior quantidade ou variedade de alimentos, que por sua vez podem resultar em maior demanda por recursos naturais como água e áreas (RINGLER; ZHU, 2015). Essa associação entre fornecimento de calorias e utilização de recursos naturais merece o destaque, uma vez que pode impactar a forma como países importadores e exportadores de alimentos se relacionam (MACDONALD et al., 2015). Nesse cenário apresentado, a soja pode ser considerada como uma alternativa para suprir as demandas locais de calorias.

3 Procedimentos Metodológicos

3.1 Descrição dos dados

Os dados apresentados no estudo são referentes a cultura da soja. Os países foram escolhidos de acordo com sua relevância como os 10 principais exportadores e importadores da cultura no mundo, sendo: Brasil, Estados Unidos, Argentina, China, México, Paraguai, Canadá, Países Baixos e Alemanha (AGROSTAT, 2020; FAO, 2020). Os dois últimos países citados, foram excluídos por falta de dados consistentes. Os dados se referem as séries



históricas de dados anuais, no período compreendido entre 1991 até 2018. As variáveis utilizadas no estudo foram: área plantada, produção total, produtividade média, valores e quantidades totais de importação e exportação da soja, preço da soja, volume da água utilizada e o valor calórico da soja (CONAB, 2020; FAO, 2020).

Para encontrar a volume de água virtual foi usado a quantidade de 1.900,41 m³/t de soja, como uma média de estudos prévios sobre a pegada hídrica da soja (BLENINGER; KOTSUKA, 2015; COSTA et al., 2016), que estão dentro do padrão encontrado como valores médios mundiais entre 1.958 m³/t e 2.145 m³/t (CHAPAGAIN; HOEKSTRA, 2008; MEKONNEN; HOEKSTRA, 2011). Para o valor calórico da soja, foi considerado um valor médio de 4.460.000,00 kcal/t.

3.2 Análise dos dados

3.2.1 Cálculo do consumo interno de calorias, água e área

O consumo interno representa o quanto dos recursos utilizados na produção de soja estão de fato retornando ao local ou deixando de serem exportados para além da fronteira territorial dos países. Com isso, espera-se observar em que medida a soja pode ser considerada como meio de evasão ou manutenção de recursos da biodiversidade. As equações utilizadas estão descritas no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Apresentação das equações e variáveis utilizadas para calcular o consumo interno de calorias, água e área por meio da soja.

Equações	Variáveis	Observações
$C_{ci} = (C_p + C_i) - C_e$	C_{ci} : Calorias consumidas internamente C_p : Calorias produzidas C_i : Calorias importadas C_e : Calorias exportadas	Os valores de C_p , C_i e C_e foram obtidos pela multiplicação do valor médio de kcal/t de soja pelas suas respectivas quantidades totais produzidas, importadas e exportadas.
$AG_{ci} = (AG_p + AG_i) - AG_e$	AG_{ci} : Água consumida internamente AG_p : Água produzida AG_i : Água importada* AG_e : Água exportada*	Os valores de AG_p , AG_i e AG_e foram obtidos pela multiplicação do volume de água em m ³ /t de soja pelas suas respectivas quantidades totais produzidas, importadas e exportadas.
$**A_{ci} = (A_p + A_i) - A_e$	A_{ci} : Área consumida internamente A_p : Área produzida A_i : Área importada A_e : Área exportada	O valor de A_p é referente a área total em hectares destinados a produção de soja. Para encontrar o valor de A_i e A_e , foram utilizadas as quantidades totais em toneladas de soja importada e exportada, dividindo-as pela produtividade, para cálculo estimado das respectivas áreas.

Nota: *Para o cálculo da água consumida internamente (AG_{ci}), primeiro foram encontrados os volumes de água virtual importada e exportada, com base no trabalho de Hoekstra e Hung (2002), que nesse trabalho estão representados pelo AG_i e AG_e , respectivamente. **A área identificada nas equações é referente ao recurso terra, e ambos os termos poderão ser utilizados ao longo do texto.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.2.2 Balanço calórico, de água e área

O balanço ou saldo dos recursos após as importações e exportações, foi calculado para que se possa identificar o comportamento de evasão ou manutenção dos recursos por cada país. Com isso, é possível identificar quais recursos merecem maior ou menor atenção, dada a sua disponibilidade local. A equações e suas descrições serão apresentadas no Quadro 2.



Quadro 2 – Descrição das equações e variáveis utilizadas para calcular o balanço de calorias, água e área comercializados por meio da soja.

Equações	Variáveis	Observações
$B_{Kcal} = C_i - C_e$	B_{Kcal} : Balanço de calorias entre importação e exportação C_i : Calorias importadas C_e : Calorias exportadas	$B_{Kcal} > 0$ = Importou mais Kcal que exportou $B_{Kcal} < 0$ = Exportou mais Kcal que importou $B_{Kcal} = 0$ = Exportou a mesma quantidade de Kcal que importou
$B_{AG} = AG_i - AG_e$	B_{AG} : Balanço de água entre importação e exportação AG_i : Água importada AG_e : Água exportada	$B_{AG} > 0$ = Importou mais água que exportou $B_{AG} < 0$ = Exportou mais água que importou $B_{AG} = 0$ = Exportou a mesma quantidade de água que importou
$B_A = A_i - A_e$	B_A : Balanço de área entre importação e exportação A_i : Área importada A_e : Área exportada	$B_A > 0$ = Importou mais área que exportou $B_A < 0$ = Exportou mais área que importou $B_A = 0$ = Exportou a mesma quantidade de área que importou

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.2.3 Teste ANOVA

A análise de variância, ANOVA, teve por objetivo identificar a existência ou não de diferença significativa entre os valores médios dos países para cada variável estudada, sendo elas: calorias de consumo interno (C_{ci}), água virtual de consumo interno (AG_{ci}), área de consumo interno A_{ci} , balanço de calorias (B_{kcal}), balanço de água virtual (B_{AG}) e balanço de área (B_A). Em caso de existir diferença significativa e por se tratar de um número maior que duas médias, foi realizado o teste de F e *Scheffé*, ao nível de 5% de probabilidade.

4 Resultados e Discussão

A preocupação com a biodiversidade não é algo novo, mas vêm se intensificando nos últimos anos, com aumentos de estudos que buscam apontar a relação entre a atividade antrópica e a degradação do meio ambiente (DELGADO, 2013), e também os estudos que entendem estar na própria atividade produtiva a solução, através da melhor gestão dos recursos (FIGUEIREDO et al., 2014). Na Figura 1, além da água, também foram consideradas o valor calórico por tonelada e a área utilizada na cultura da soja.

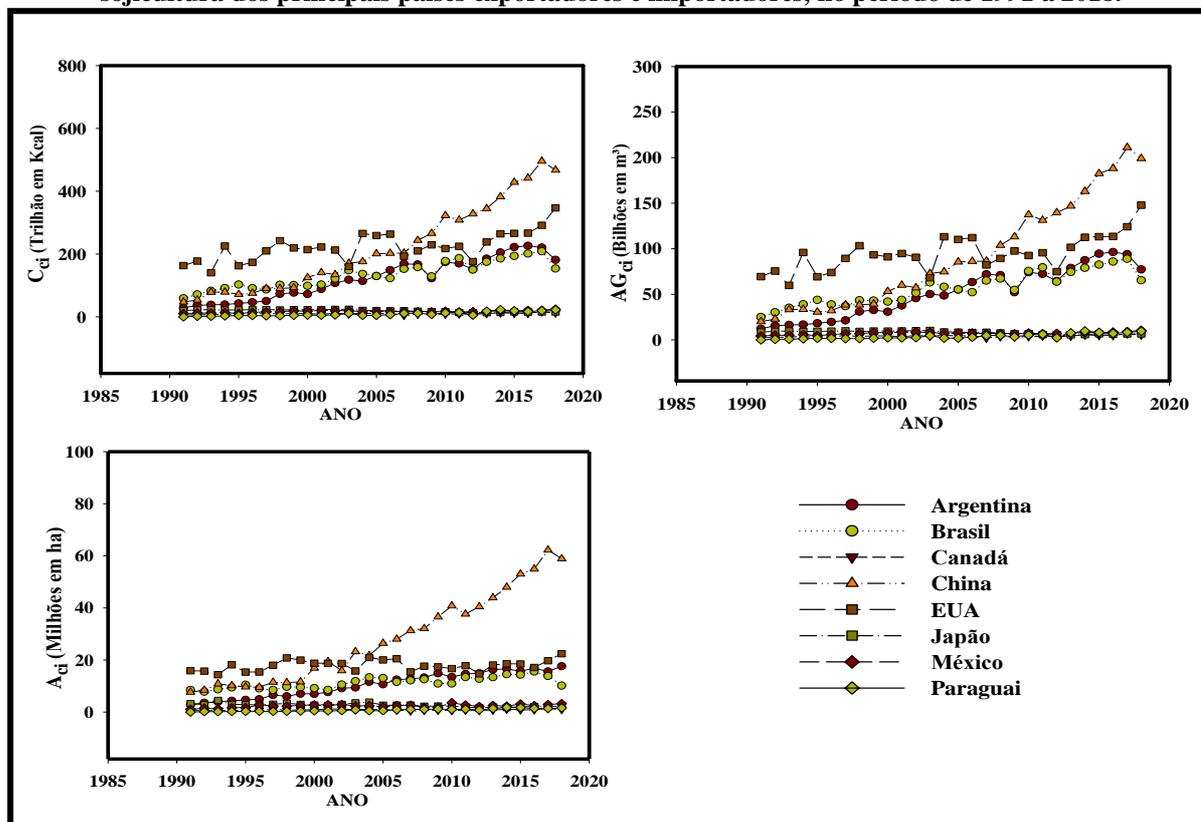
Dentre os países, a China foi quem apresentou o maior consumo interno em todas as variáveis apresentadas. Esse resultado pode estar associado ao tamanho da população, que segundo a FAO (2020), cresceu cerca de 16%, considerando mesmo período dos dados analisados, atingindo a marca de quase 1,46 bilhões de pessoas em 2018. Ainda que em menor proporção, o mesmo comportamento de aumento na demanda interna pelos recursos foi encontrado para Estados Unidos, Argentina e Brasil, tanto para o consumo interno de calorias quanto o de água. No caso dos três últimos países citados houve um comportamento diferente no consumo interno de área, com todos apresentando pouca variação. Isso pode representar que apesar do aumento da quantidade de soja total consumida internamente, os países podem ter apresentado maior produtividade por área, conforme já identificado (CONAB, 2020; FORNAZIER; VIEIRA FILHO, 2013).

No caso da Argentina, apesar de haver aumento populacional no período, ela possui uma população cerca de 4 vezes menor que a do Brasil, e mesmo assim apresentou maior consumo interno para todas as variáveis. Nesse caso, a explicação pode estar relacionada a



diversos fatores como a mudança nos hábitos alimentares (RINGLER; ZHU, 2015), finalidade de uso da soja (PERAZZOLI, 2019) ou até mesmo a mudança na relação como importador e exportador de soja.

Figura 1 – Consumo interno de calorias (C_{ci}), água (AG_{ci}) e área (A_{ci}), com base na atividade da sojicultura dos principais países exportadores e importadores, no período de 1991 a 2018.



Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Para os demais países como Canadá, Paraguai, México e Japão a demanda interna permaneceu constante ou com pouca variação. Isso pode demonstrar um equilíbrio entre as importações e exportações das variáveis analisadas ou estabilização populacional. Para complementar a discussão sobre o aumento de demanda interna pelos recursos, foi realizado também o balanço entre as importações e exportações no mesmo período (Figura 2). Assim, será possível identificar melhor qual o peso das transações comerciais para uma possível reserva ou déficit dos recursos e até que ponto esse balanço pode levar a dependência externa.

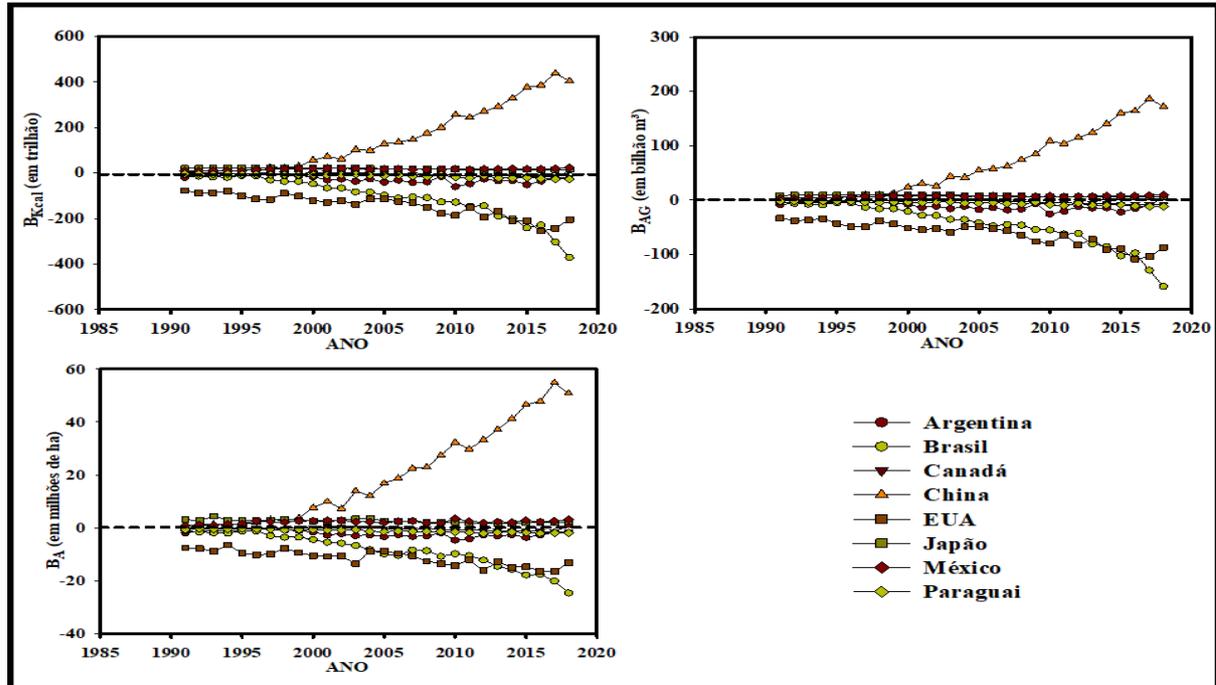
Os resultados do balanço indicam que a China é o país com as maiores quantidades importadas dentre todos analisados. Isso está alinhado com o comportamento de crescimento da demanda interna por calorias, água virtual e terra (Figura 1). Essa situação permite inferir algumas possíveis situações.

A primeira seria de dependência, como é o caso da China na cultura da soja, porque a maior parte do seu abastecimento interno vem das importações (Figura 2), de países como Brasil, Argentina, e Estados Unidos. Com este último, as relações comerciais são bem delicadas, devido ao forte acirramento político envolvido (LIU et al., 2020). Nesse caso, é defendido que há forte risco de insegurança alimentar ou de outros suprimentos pela forte dependência de fontes externas para seu abastecimento local (GODFRAY et al., 2010). A outra situação, pode ser que na verdade os países que mais importam o fazem por uma escolha de eficiência e preservação de seus próprios recursos. Nessa perspectiva, a China estaria na verdade importando de forma indireta mais que apenas a soja, e sim uma maior



capacidade de fornecer calorias a sua população, além da manutenção ou acréscimo dos seus recursos água e terra dentro de suas fronteiras ou fora delas (NAKATANI et al., 2014). Isso pode levar ainda ao uso de recursos para finalidades em que o país possa ser mais eficiente, seja ela agrícola ou não.

Figura 2 – Balanço entre as importações e exportações de calorias (B_{Kcal}), água (B_{AG}) e área (B_A), através da cultura da soja entre os principais países que a comercializam no mundo, no período de 1991 a 2018.



Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

A relação entre Brasil e China, evidencia muito bem ambas as discussões apresentadas. O Brasil se configura como um dos maiores exportadores de recursos do mundo. Há disponibilidade de áreas para aumentar sua produção e garantir segurança alimentar local e para outras regiões, assim como apresenta vantagens comparativas em relação a disponibilidade de recursos naturais e outras variáveis (RHODEN et al., 2020). Por outro lado, a China se consolida como um dos maiores importadores mundiais de recursos (Figura 1), sendo o principal comprador do Brasil (AGROSTAT, 2020). Com isso, a questão que emerge é: até quando as relações comerciais deixarão em segundo plano a segurança da biodiversidade de recursos locais, como a água e a terra? A resposta não é simples e certamente trará muitos anseios em sua busca, conforme já indicaram Vieira; Buainain; Figueiredo (2016), em seu trabalho intitulado: “O Brasil alimentará a China ou a China engolirá o Brasil?”.

Fato é que a escolha de como equilibrar a balança comercial para os diferentes produtos, deve levar em conta muito mais do que apenas a importância do produto em si, como as questões relacionadas a política e saúde (RICKARD; OKRENT; ALSTON, 2013), e ambientais (DAVIS et al., 2017). Na Tabela 3, podemos observar de que forma os países se relacionam com base nas diferenças estatísticas no grupo de dados ao longo desse período.

Durante o período 1991 a 2018, alguns países apresentaram um comportamento semelhante. Países como o Canadá, Japão, México e Paraguai não apresentaram diferenças significativas em nenhuma das variáveis analisadas. No entanto, ao analisar apenas as variáveis relacionadas aos balanços de calorias, água e terra, considerando unicamente o valor médio do período, Canadá e Paraguai apresentaram valores negativos, o que quer dizer que os países exportaram mais calorias, água virtual e terra do que importaram.



Tabela 1 – Teste ANOVA para todas as variáveis calculadas.

	Argentina	Brasil	Canadá	China	Estados Unidos	Japão	México	Paraguai
C_{ci}	121,64 ^b	132,89 ^b	9,46 ^c	216,30 ^a	222,68 ^a	19,14 ^c	16,84 ^c	8,98 ^c
AG_{ci}	51,83 ^b	132,89 ^b	4,03 ^c	92,17 ^a	222,68 ^a	8,15 ^c	7,18 ^c	3,82 ^c
A_{ci}	10,52 ^c	10,50 ^c	0,81 ^d	27,92 ^a	17,89 ^b	2,66 ^d	2,37 ^d	0,78 ^d
B_{Kcal}	-25,47 ^b	-108,68 ^c	-6,70 ^b	153,29 ^a	-143,15 ^c	18,22 ^b	15,71 ^b	-13,20 ^b
B_{AG}	-10,85 ^b	-46,31 ^c	-2,86 ^b	65,32 ^a	-61,00 ^c	7,76 ^b	6,69 ^b	-5,63 ^b
B_A	-2,17 ^{bc}	-8,61 ^{cd}	-0,54 ^b	19,64 ^a	-11,37 ^d	2,54 ^b	2,22 ^b	-1,18 ^b

Nota: *Teste ANOVA com significância no nível de 5 % de probabilidade ($p < 0,05$). As linhas com média seguidas de letras diferentes diferem nos testes F e Scheffé ($P \leq 0,05$). C_{ci} em trilhões de Kcal; AG_{ci} em bilhões de m^3 de água; A_{ci} em milhões de hectares; B_{Kcal} em trilhão de Kcal; B_{AG} em bilhões de m^3 de água; B_A em milhões de hectares.

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

Já no outro bloco de países, podemos também destacar algumas semelhanças. Para consumo interno de calorias e água virtual, China e Estados Unidos não diferiram estatisticamente entre si, assim como Brasil e Argentina também não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si. Já para o consumo interno de terra, o Brasil e Argentina, seguidos por Estados Unidos, foram os que apresentaram os menores consumos internos do recurso. Esse resultado evidencia algo que MacDonald et al. (2015) já haviam alertado, cerca de 20% da área plantada globalmente em 2008 serviu para exportação, ou seja, a terra como recurso incorporado ao produto, tem sofrido forte evasão dos limites físicos locais.

De modo geral, a China se destaca como o maior importador de soja, e, portanto, de calorias, água virtual e terra. Dentre os maiores exportadores, estão Brasil e Estados Unidos, com destaque para os balanços negativos de água virtual, indicando que esses países exportaram os maiores volumes desse recurso. Uma das ideias por trás dessa relação entre os países, segundo Parada-Puig (2012), é que enquanto um país aumenta suas reservas locais de água virtual, por exemplo, através da importação, os países exportadores acabam exportando essa água virtual e assumindo um possível risco de déficit hídrico.

5 Conclusões

As fronteiras agrícolas que considerarem apenas o avanço ou limites físicos territoriais, não serão mais capazes de captar as mudanças do comércio internacional de produtos da agricultura, que agora passam a exportar consigo um verdadeiro mix de recursos da biodiversidade, dos quais foram considerados neste trabalho as calorias, a água e a terra. Com isso, os países devem focar na gestão desses recursos incorporados aos produtos para evitar que a evasão deles comprometa as cadeias produtivas de alimentos no longo prazo.

Referências

AGROSTAT. **Estatística de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Indicadores da Agricultura**. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

ALLAN, J. A. **Virtual water: A strategic resource global solutions to regional deficits** Ground Water, 1998.

BECKMANN, E.; SANTANA, A. C. MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA NA NOVA FRONTEIRA AGRÍCOLA DO BRASIL: MAPITOBA E SUDESTE DO PARÁ. **Revista em**



Agronegócio e Meio Ambiente - RAMA, v. 12, n. 1, p. 81–102, 2019.

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

CAMICIA, R. G. DA M. et al. Productivity of soybean in management zones with application of different sowing densities. **Ciencia Rural**, 2018.

CARMO, R. L. DO et al. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande “exportador” de água. **Ambiente & Sociedade**, v. X, n. 1, p. 83–96, 2007.

CARON, B. O. et al. Dynamics of solar radiation and soybean yield in agroforestry systems. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 2018.

CASSIDY, E. S. et al. Redefining agricultural yields: From tonnes to people nourished per hectare. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 3, 2013.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. **Water International**, 2008.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento. Informações Agropecuárias**. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-estimativa-de-evolucao-graos.html>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

COSTA, D. C. et al. PEGADA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE EM POLO DE GRÃOS NA AMAZÔNIA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 26, p. 920, 2016.

DAVIS, K. et al. Water Savings of Crop Redistribution in the United States. **Water**, v. 9, n. 2, p. 83, 30 jan. 2017.

DE FREITAS, A. C. R.; BUOSI, T. Context and Challenges Regarding the Environmental Certification of Soy Production in the Matopiba Region of Brazil. **American Journal of Industrial and Business Management**, v. 8, n. 10, p. p.2086-2101, 2018.

DELGADO, C. M. El sistema agroalimentario globalizado: imperios alimentarios y degradación social y ecológica. **Revista de Economía Crítica**, v. 10, p. 32–61, 2013.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

FIGUEIREDO, R. S. et al. Risk-return optimization of integrated crops and livestock farming system. **Custos e Agronegocio**, v. 10, n. 2, p. 313–337, 2014.

FORNAZIER, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Heterogeneidade estrutural na produção agropecuária: Uma comparação da produtividade total dos fatores no Brasil e nos Estados Unidos**: Texto para Discussão. Brasília, DF: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/handle/10419/91212>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

GODFRAY, H. C. J. et al. **Food security: The challenge of feeding 9 billion people** *Science*, American Association for the Advancement of Science, , 12 fev. 2010. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/>>. Acesso em: 4 set. 2020

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. **Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade**. Delft, Holanda, 2002.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. Globalisation of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade. **Global Environmental Change**, v. 15, n. 1, p. 45–56, 2005.



- LAROCA, J. et al. Soil quality and soybean productivity in crop-livestock integrated system in no-tillage. **PESQUISA AGROPECUARIA BRASILEIRA**, v. 53, n. 11, p. 1248–1258, 2018.
- LIU, W. et al. China’s Food Supply Sources Under Trade Conflict With the United States and Limited Domestic Land and Water Resources. **Earth’s Future**, v. 8, n. 3, p. 1–7, 2020.
- LOPES, V. C. et al. Land-use dynamics in a Brazilian agricultural frontier region, 1985-2017. **Land Use Policy**, v. 97, 2020.
- MACDONALD, G. K. et al. Rethinking agricultural trade relationships in an era of globalization. **BioScience**, v. 65, n. 3, p. 275–289, 2015.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, 2011.
- NAKATANI, P. et al. The China International Expansion Through Acquisition of Lands in Brazil and in the World. **Textos & Contextos**, v. 13, n. 1, p. 58–73, 2014.
- OLIVEIRA, A. B. Indústria de celulose e o avanço da silvicultura do eucalipto na fronteira agrícola da Amazônia maranhense. **Geosul**, v. 34, n. 71, 2019.
- PARADA - PUIG, G. El agua virtual: conceptos e implicaciones. **Orinoquia**, v. 16, n. 1, p. 69–76, 2012.
- PERAZZOLI, A. G. Uruguay: país produtor de alimentos para un sistema alimentario disfuncional. **Agrociencia Uruguay**, v. 23, n. 01, p. 92–100, 1 jun. 2019.
- RASK, K. J.; RASK, N. Economic development and food production-consumption balance: A growing global challenge. **Food Policy**, v. 36, n. 2, p. 186–196, 1 abr. 2011.
- RHODEN, A. C. et al. Análise das Tendências de Oferta e Demanda para o Grão, Farelo e Óleo de Soja no Brasil e nos Principais Mercados Globais. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 51, p. 93–112, 2020.
- RIBEIRO, R. H. et al. Managing grazing intensity to reduce the global warming potential in integrated crop–livestock systems under no-till agriculture. **European Journal of Soil Science**, 2019.
- RICKARD, B. J.; OKRENT, A. M.; ALSTON, J. M. How have agricultural policies influenced caloric consumption in the United States? **Health Economics (United Kingdom)**, v. 22, n. 3, p. 316–339, 2013.
- RINGLER, C.; ZHU, T. Water resources and food security. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 4, p. 1533–1538, 6 jul. 2015.
- SEVERO SANTOS, J. F.; NAVAL, L. P. Spatial and temporal dynamics of water footprint for soybean production in areas of recent agricultural expansion of the Brazilian savannah (Cerrado). **Journal of Cleaner Production**, v. 251, 2020.
- SPERA, S. A. et al. Land-use change affects water recycling in Brazil’s last agricultural frontier. **Global change biology**, v. 22, p. 3405–3413, 2016.
- VIEIRA, P. A.; BUAINAIN, A. M.; FIGUEIREDO, E. V. C. O BRASIL ALIMENTARÁ A CHINA OU A CHINA ENGOLIRÁ O BRASIL? **Revista tempo do mundo**, v. 2, n. 1, p. 51–81, 2016.
- XU, Z. et al. Intercropping maize and soybean increases efficiency of land and fertilizer nitrogen use; A meta-analysis. **Field Crops Research**, 2020.