

Avaliação dos regulamentos agrícolas no comércio de grãos e sementes oleaginosas

Evaluation of agri-food regulations in grains and oilseed trade

Michelle Marcia Viana Martins*

UFV, Brasil
michellemartinsufv@gmail.com

João Vitor Borges da Silva*

UCB, Brasil
borges.joaovitor@gmail.com

Heloisa Lee Burnquist*

USP, Brasil
hlburnq@usp.br

Resumo. Este estudo aplica índices que permitem expressar o rigor relativo dos regulamentos de LMR de pesticidas entre países que comercializam grãos e sementes oleaginosas. Os resultados fornecem inferências em termos de segurança alimentar, sobretudo no que tange à dificuldade dos exportadores em alterar seus processos produtivos para atender às exigências dos importadores. Os resultados sugerem que os maiores custos de conformidade podem ocorrer na adequação ao LMR determinado para o *Glufosinate-Ammonium* e o *Glyphosate* no mercado de milho, para o *Chlorothalonil* na soja e para o *Paraquat* e *Spinosad* nas exportações de trigo. Esse tema é importante e requer atenção face à constante atualização nos produtos e níveis permitidos de pesticidas exigidos, pois podem afetar a produtividade dos cultivos. Trata-se, portanto, de questão relevante para o desenvolvimento de políticas comerciais voltada a setores agroalimentares de países que buscam consolidar e expandir seu comércio.

Palavras-chave: Limite Máximo de Resíduos. Pesticidas. Custos comerciais. Índices de rigor.

Abstract. This study applies indices that allow expressing the relative rigor of the pesticide MRL regulations between countries that trade grains and oilseeds. The results provide inferences in terms of food security, especially with regard to the difficulty of exporters in changing their production processes to meet the requirements of importers. The results suggest that the highest compliance costs may occur in the adaptation to the MRL determined for Glufosinate-Ammonium and Glyphosate in the corn market, for Chlorothalonil in soybeans and for Paraquat and Spinosad in wheat exports. This topic is important and requires attention in view of the constant updating in the products and permitted levels of required pesticides, as they can affect the productivity of the crops. It is, therefore, a relevant issue for the development of trade policies aimed at agri-food sectors in countries that seek to consolidate and expand their trade.

Keywords: Maximum Residue Limit. Pesticides. Commercial costs. Accuracy rates.

* Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, s/n, Viçosa, 36570-900, MG, Brasil.

* Universidade Católica de Brasília, PCT QS 7, Lote 1 – Águas Claras, Brasília, 71966-700, DF, Brasil.

* Universidade de São Paulo, Avenida Professor Luciano Gualberto, 908, Butantã, São Paulo, 05508-010, SP, Brasil.

Introdução

A proposta desse estudo é examinar o rigor relativo dos padrões agroalimentares no comércio agrícola, a partir da investigação de diferenças nas exigências, definidas pelos governos nacionais para regulamentar e padronizar a qualidade dos produtos importados e domésticos. A primeira contribuição consiste em fornecer um panorama para o mercado de grãos e sementes oleaginosas, ressaltando a dificuldade do importador em atender aos diversos requisitos na falta de harmonização com os padrões internacionais. A proposta do estudo está em sublinhar um mercado importante para a manutenção da segurança alimentar, considerando os seguintes contextos simultaneamente: i) aumento da demanda por bens agrícolas, para atender à população em crescimento; e ii) uso progressivo de produtos agrícolas como insumos para bens industrializados, a exemplo dos biocombustíveis. Diferente de grande parte dos estudos que examinam uma ampla gama dos produtos do agronegócio (BEGHIN; XIONG, 2018; FERRO; OTSUKI; WILSON, 2015; FIANKOR; CURZI; OLPER, 2020a; FIANKOR; HAASE; BRÜMMER, 2021; XIONG; BEGHIN, 2017a), o presente trabalho enfoca a soja, o milho e o trigo, com o intuito de identificar políticas de melhoria do comércio internacional para setores específicos.

Outra contribuição se dá pela avaliação de um padrão alimentar particular, nomeadamente os Limites Máximos de Resíduos (LMR) de pesticidas. Geralmente, os estudos que avaliam os padrões o fazem de forma generalizada pela análise de diversas medidas Sanitárias e Fitossanitárias (*Sanitary and Phytosanitary* - SPS), contemplando um extenso número de componentes SPS de forma conjunta, sem estabelecer um objetivo específico (ARITA; MITCHELL; BECKMAN, 2015; BECKMAN; ARITA, 2017; CRIVELLI; GROESCHL, 2016; DISDIER; FONTAGNÉ; MIMOUNI, 2008; MURINA; NICITA, 2017). Duas meta-análises desenvolvidas por Li e Beghin (2016) - baseada em 27 estudos- e outra elaborada por Santeramo e Lamonaca (2019), com base em 62 investigações, revelam que os efeitos dos diferentes níveis de rigor dos padrões sobre o comércio são condicionados à cobertura setorial, geográfica e ao tipo de Medida Não Tarifária (MNT) avaliada. Essas análises destacam a

necessidade em especificar não apenas os produtos investigados, como também a medida regulamentar aplicada, para facilitar a elaboração de políticas pontuais e assertivas para setores específicos.

Adicionalmente, a presente investigação contempla os pesticidas mais utilizados nas safras dos grãos e sementes oleaginosas, revelando os potenciais efeitos da restrição ou da não-renovação da autorização para o emprego de certos insumos químicos no processo produtivo - como o Glifosato e Paraquat, importantes na eficiência produtiva das referidas commodities. Esse procedimento é adotado por Rau et al. (2010) e Burnquist et al. (2011) ao suprimirem, em seus estudos, uma ponderação para expressar a importância dos principais defensivos empregados em determinadas culturas. De acordo com os autores, a dificuldade em acessar as especificidades técnicas de cada safra, a nível mundial, justifica a não consideração dos principais pesticidas. De fato, grande parte das investigações existentes não fazem essa identificação, o que pode levar à minimização das reais implicações comerciais (CURZI; RAIMONDI; OLPER, 2015; FERRO et al., 2015; TRAORÉ; TAMINI, 2021). Essa dificuldade é superada nesse estudo, uma vez que são considerados os principais defensivos empregados nas safras em pauta.

O declínio contínuo das tarifas por meio de rodadas sucessivas de negociações comerciais multilaterais aumentou a importância relativa das MNT. Baldwin, McLaren e Panagariya (2000) corroboram esse argumento e afirmam que quanto maior a liberdade de comércio, maiores os efeitos de quaisquer barreiras remanescentes. As exigências SPS são exemplos de MNT, que embora impostas por razões legítimas de proteção à saúde humana, animal, vegetal e ao meio ambiente, também podem ser utilizadas como mecanismos de protecionismo camuflado para impedir o comércio entre os países. Tanto é verdade, que alguns estudos apontam que as medidas SPS têm desempenhado um papel mais influente nas possibilidades de comércio em comparação aos instrumentos comerciais tradicionais, como as tarifas (CURZI; SCHUSTER; MAERTENS; OLPER, 2020; DISDIER et al., 2008; RONEN, 2017).

Essas medidas impõem requisitos para as características dos produtos agrícolas ou para os

processos de produção, com vistas a mitigar os problemas de falhas de mercado e preocupações da sociedade. Por reduzir a assimetria de informação, asseguram aos consumidores domésticos que os produtos vendidos, sejam produzidos no próprio país ou importados, seguem os mesmos requisitos e especificações. Em outras palavras, os padrões melhoram implicitamente os fluxos de informações entre produtores e consumidores acerca dos atributos observados e não observados, incluindo a segurança à saúde humana, animal e ao meio ambiente. As características essenciais são padronizadas, por serem commodities, mas a qualidade é garantida pelos padrões, reduzindo a substitutibilidade entre os mesmos bens produzidos em diferentes países. De todo modo, alguns estudos postulam que os padrões podem servir para facilitar as transações comerciais, promover a integração entre os mercados globais e intensificar as trocas bilaterais de produtos regulamentados (ANDERS; CASWELL, 2009; MASKUS; OTSUKI; WILSON, 2013; TRAORÉ; TAMINI, 2021).

No entanto, apesar da coordenação internacional e do desenvolvimento de regulamentos multilaterais que buscam promover avaliações de conformidade padronizadas, os requisitos públicos continuam a diferir entre os países, de modo que os regulamentos específicos de cada mercado criam custos adicionais para os produtores estrangeiros, forçando-os a ajustarem seus produtos e processos de produção aos padrões individuais de cada parceiro (FIANKOR et al., 2021; SHINGAL; EHRICH; FOLETTI, 2020). Para garantir acesso aos principais mercados mundiais para os produtos do agronegócio, os países devem apresentar capacidade em atender a padrões regulatórios cada vez mais rigorosos, sobretudo quando mantido pelos importadores de renda alta, que são também os mais exigentes, tais como UE, Austrália, Japão, Canadá e Taiwan (LI; BEGHIN, 2014; OLIVEIRA, 2020). Nesse sentido, evidências empíricas reforçam a atribuição de MNT como barreiras comerciais (FIANKOR et al., 2021; HOEKMAN; NICITA, 2008; KEE; NICITA; OLARREAGA, 2009).

À luz do exposto, esse estudo analisa os padrões regulatórios associados ao Limite Máximo de Resíduos (LMR) permitidos nos bens agroalimentares, em relação aos critérios de base científica incorporados em padrões internacionais

como o *Codex Alimentarius*, identificando quais países apresentam um perfil mais rigoroso e, conseqüentemente, de difícil acesso. Na sequência, é demonstrada a relação entre as normas obrigatórias do importador e as vigentes no mercado exportador, evidenciando em que medida as diferenças regulatórias configuram custos de *compliance* ao exportador. Esses resultados podem ter efeitos sobre o comércio quando: i) o exportador deve arcar com os custos de conformidade; ii) o exportador não tem capacidade de alterar seus processos de produção para atender os requisitos do importador; e iii) as cargas são rejeitadas pelo maior rigor dos padrões impostos no mercado de destino.

O artigo possui seis seções, contando com esta introdução e as considerações finais, que contemplam as políticas de promoção de comércio para setores específicos. Na próxima são apresentadas algumas observações de cunho teórico e empírico para contextualizar a pesquisa. Depois são caracterizados os índices de protecionismo comercial, por onde são inseridos os diferentes LMR para um conjunto de pesticidas. A quarta seção discute os principais pesticidas utilizados em cada cultura. A quinta seção aborda o perfil de proteção dos parceiros comerciais para o mercado de grãos e sementes oleaginosas e as implicações comerciais, revelando os principais desafios decorrentes das exigências quanto ao LMR.

Padrões alimentares como medidas de protecionismo

Os LMR estabelecem o nível mais alto de substâncias prejudiciais à saúde legalmente tolerado nos alimentos, rações animais ou na água, como resíduos de pesticidas, medicamentos veterinários, contaminantes, toxinas e outras substâncias (EUROPEAN COMMISSION, 2021c). Dessa forma, quando um governo aceita o registro de um pesticida, significa que ele concede a autorização para a fabricação e comercialização no país, mas não significa que esse produto possa ser usado na produção de qualquer bem. Mais especificamente, o uso do pesticida nas lavouras só será permitido mediante o estabelecimento de LMR para a combinação pesticida-cultura regulamentada na forma de uma exigência.

Por conseguinte, os países têm o direito legítimo de definir seus próprios LMR, considerando os perigos e riscos concernentes à exposição dos resíduos para a saúde pública e sobre o meio ambiente (BARLOW et al., 2015). O problema é que os agentes reguladores comumente impõem padrões baseados nas Boas Práticas Agrícolas (BPA) do seu território, não havendo a obrigatoriedade em explicitar o pesticida empregado nos processos de produção em diferentes regiões do globo, que se alteram pelas condições climáticas e produtivas. Por exemplo, o uso de pesticidas em regiões de clima temperado, onde o período de frio interrompe o ciclo de pragas e doenças, é distinto do uso em regiões tropicais, em que não há um período de inverno rigoroso. Em termos comerciais, isso tem um efeito considerável, quando os países exportadores devem cumprir os LMR estabelecidos no mercado de importação (OLIVEIRA, 2020).

Outra questão que acentua as assimetrias nas regulamentações a nível mundial é que os governos impõem regulamentos baseados no perigo ou no risco. Se os mercados regulamentam os defensivos com base na avaliação de risco, a probabilidade de ocorrência dos danos é considerada, mas é realizado o gerenciamento de risco, a partir de dosagens pré-determinadas ou da diluição das substâncias químicas, de modo a reduzir o risco a um mínimo aceitável. Por outro lado, os países considerados mais rigorosos, como os da UE – cujos regulamentos LMR são definidos para o bloco (EUROPEAN PARLIAMENT, 2018) – definem os LMR baseados na avaliação de perigo, ou seja, se existe a possibilidade de um pesticida causar danos, o LMR desse pesticida é rigorosamente definido, podendo ter seu uso banido domesticamente impedindo a importação de produtos que apresentam o resíduo do pesticida (BARLOW et al., 2015).

A Organização Mundial do Comércio (OMC), por intermédio dos esforços internacionais do *Codex Alimentarius*, propõe soluções para as diferentes regulamentações entre os mercados, reconhecendo a dificuldade de os produtores produzirem sob as condições de produção de um outro território. O Codex é uma instituição científica independente e fornece padrões agroalimentares que podem ser seguidos pelos países, de modo a garantir a segurança alimentar e

a saúde dos consumidores (FAO, 2018). De tal forma, os padrões Codex são reconhecidos pelos Artigos 3 e 5 do Acordo SPS da OMC como referências internacionais, desempenhando um papel fundamental na harmonização dos regulamentos que comprometem os fluxos de comércio, sobretudo porque a OMC recomenda que os países estabeleçam seus requisitos com base nas recomendações da instituição (CODEX, 2021; WTO, 1995).

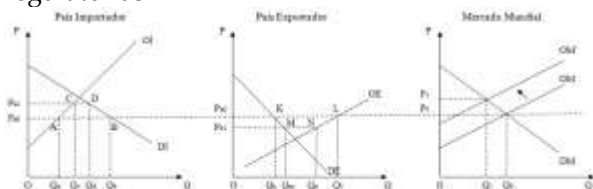
A OMC permite que seus membros definam seus próprios padrões, contanto que os regulamentos individuais sejam não discriminatórios e baseados na ciência. A questão é que o nível apropriado de proteção ao consumidor não é explicitado e os LMR podem ser usados para proteger os produtores domésticos em vez de promover a proteção à saúde ou o meio ambiente. Assim, o argumento com base científica é uma forma de combater o protecionismo. De fato, as políticas de LMR da UE, Japão e Austrália foram alvos de contestações dos países membros da OMC por não serem justificadas por evidências científicas (LI; BEGHIN, 2014). Se uma economia adota os padrões do Codex, demonstra estar em conformidade com as referências internacionais. No entanto, se os padrões adotados são mais estritos que os recomendados internacionalmente, isso pode tanto sugerir preocupação exagerada com as questões de segurança alimentar, quanto o uso dos regulamentos como política protecionista. Padrões menos restritos que os do Codex, no entanto, podem justificar rejeição do produto pelo importador, o que seria validado pela OMC (XIONG; BEGHIN, 2017b).

Esse problema tem gerado distorções no comércio global e permanece, em grande parte, sem uma solução objetiva. O maior efeito parece ser decorrente do aumento do custo do produtor para adequar-se aos padrões exigidos pelos importadores. Martins e Burnquist (2020) discutem a dinâmica subjacente aos custos e Thilmany e Barrett (1997) a exprimem de forma gráfica, como nas Figuras 1 e 2.

A Figura 1 ilustra o caso em que a imposição de medidas regulatórias conduz a um aumento nos custos do exportador, representado pelo deslocamento da curva de oferta do mercado mundial para a esquerda ($OM \rightarrow OM'$), com conseqüente pressão sobre o aumento os preços mundiais e redução do volume comercializado (P0

→ P1). Ao novo preço, o mercado importador reduz a demanda no mercado mundial ($Q_b - Q_a \rightarrow Q_d - Q_c$) dado que a produção doméstica sofre incrementos ($Q_a \rightarrow Q_c$) e o consumo se retrai ($Q_b \rightarrow Q_d$). Com efeito, o bem-estar econômico é reduzido pela área ABCD, em relação à condição isenta de regulamentação. A redução da demanda pelo produto regulamentado no mercado internacional ($Q_l - Q_k \rightarrow Q_n - Q_m$) gerada pela alta do preço, resulta em um excedente de oferta no mercado exportador e induz à redução nos preços praticados no mercado interno ($P_b0 = P_0 \rightarrow P_b1$). Com efeito, a retração no bem-estar social também é observada no país exportador, correspondente a área KLMN. Esse exercício ilustra o caso em que a regulamentação é aplicada com fins protecionistas.

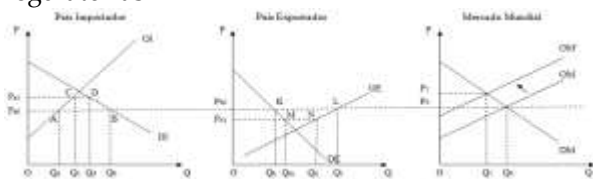
Figura 1. Efeitos da imposição de medidas regulatórias



Fonte: Adaptado de Thilmany e Barrett (1997, p. 96).

Entretanto, caso as medidas regulatórias sejam aplicadas como uma forma de promover o comércio, ou seja, como um instrumento para informar aos importadores características sobre o produto comercializado, é possível que ocorra um aumento na demanda pelos bens regulamentados. Nesse caso, o deslocamento da oferta pelo custo de adequação é compensado pelo deslocamento na demanda, como apresentado na Figura 2. A exigência de um regulamento contendo informações desejadas pelos consumidores provoca um aumento na demanda interna do país, mesmo que haja um aumento dos preços pelos custos de conformidade ($P_0 \rightarrow P_2$). Essa suposição considera que consumidores estão dispostos a pagar a mais por um bem produzido sob um regulamento informativo.

Figura 2. Efeitos da imposição de medidas regulatórias



Fonte: Adaptado de Thilmany e Barrett (1997, p. 96).

É importante observar a magnitude do aumento no volume demandado é reflexo das escolhas dos indivíduos na presença das medidas regulatórias, enquanto a redução da oferta deve-se ao aumento dos custos. Se o efeito pelo lado da oferta é maior, significa que o aumento da demanda não foi suficiente para cobrir os custos regulatórios, pelo menos no curto prazo. Assim, antecipar os efeitos de uma nova exigência pode ser uma atividade relativamente complexa. Caso a regulamentação seja informativa, os resultados estarão também sujeitos à forma como os consumidores assimilam a informação. Como a magnitude dos efeitos não é conhecida a priori, o resultado da introdução do regulamento sobre o comércio pode ser inconclusivo. Swinnen (2016) destaca que é desafiador identificar se determinada regulamentação atende aos interesses públicos legítimos ou aos objetivos protecionistas, porque ambos os motivos são frequentemente combinados em uma única medida.

Uma série de estudos revisitam o debate acerca dos custos comerciais associados aos padrões agroalimentares. As descobertas empíricas de Ferro, Otsuki e Wilson (2015) e Crivelli e Gröschl (2016) demonstram que os regulamentos públicos reduzem a probabilidade de comércio. Disdier, Fontagné e Mimouni (2008) apontam a redução nos fluxos comerciais e Fiankor, Curzi e Olper (2020a) mostram a retração na variedade comercializada. Alguns estudos evidenciam que os efeitos variam de acordo com o nível de renda do exportador e sua capacidade em arcar com os custos regulatórios (LI; BEGHIN, 2014; XIONG BEGHIN, 2017a). Outros reforçam que esse efeito só ocorre entre países que mantêm baixos fluxos de comércio bilateral (FIANKOR et al., 2021; SHINGAL et al., 2020). FIANKOR; CURZI; OLPER (2020b) trazem essa discussão para o nível das empresas, indicando que os regulamentos só afetarão as empresas exportadoras que incorrem um alto custo de entrada nos mercados a serem explorados.

Concentrando-se nos estudos sobre LMR, os resultados indicam uma redução dos fluxos de comércio quando considerados os custos adicionais incorridos pelos produtores para o cumprimento das políticas (ACHTERBOSCH; ENGLER; RAU; TOLEDO, 2009; DROGUÉ; DEMARIA, 2012; FIANKOR et al., 2020B; WINCHESTER et al., 2012), como também o efeito de promoção dos fluxos comerciais, quando ocorre o aumento da demanda devido à preferência dos

consumidores por produtos com menos resíduos de pesticidas (FERRO et al., 2015; SHINGAL et al., 2020; TRAORÉ; TAMINI, 2021; XIONG; BEGHIN, 2017a). A literatura reforça que as implicações comerciais não são homogêneas entre países e grupos de produtos, independente do efeito que prevalece.

O que esses estudos têm em comum é o emprego do índice de restritividade de LMR como uma variável para explicar o rigor relativo entre dois mercados ou entre um importador e o Codex. Em geral, as medidas de restritividade têm como base seus níveis reais, com zero parte por milhão (ppm) representando o nível de tolerância mais restritiva, sugerindo a proibição do uso do pesticida em determinada cultura, e o ppm mais alto significa tolerância mais permissiva para o uso do defensivo.

Para entender como os diferentes padrões agroalimentares relacionados aos LMR, afetam a estrutura de custos do exportador, dois conceitos fazem-se necessário: a margem intensiva de comércio, que reflete as relações comerciais de produtos que já são comercializados bilateralmente, e a margem extensiva, que considera a introdução de novos produtos na pauta de exportação. Observações empíricas sugerem que os LMR mais rigorosos no mercado importador para produtos já transacionados têm efeitos sobre a margem intensiva de comércio, afetando apenas a estrutura de custos variáveis do produtor. Para os produtos que não são comercializados, o rigor no LMR afeta a probabilidade de comércio entre os países, com implicações sobre a margem extensiva, sugerindo que essas políticas alteram os custos fixos do exportador. Segundo Maskus, Wilson e Otsuki (2013) as empresas exportadoras têm um custo fixo para consolidar suas negociações com os países de destino que têm padrões mais restritivos. Esses custos podem ser decorrentes de mudanças nas práticas produtivas, nas especificações dos produtos, ou à necessidade de desenvolvimento de procedimentos administrativos para garantir a conformidade para futuras vendas aos mercados de destino. Os custos variáveis ocorrem para manter a adequação aos padrões, incluindo qualidade, controle, teste e certificação. De maneira geral, aumentos nos custos implicam na restrição ao comércio, os custos fixos podem ser barreiras à entrada nos mercados e os custos

variáveis podem reduzir a capacidade dos exportadores em competir com outros mercados.

Metodologia

Os LMR afetam o comércio bilateral de duas maneiras: através da divergência dos LMR entre os mercados importadores e exportadores e por meio do rigor dos LMR no país importador em relação ao exportador. Esse estudo concentra-se na segunda opção, mas recomenda-se a leitura de Martins e Burnquist (2020) para obter resultados a respeito dos efeitos da heterogeneidade dos LMR sobre o comércio.

O índice de restrição mede o rigor relativo entre os regulamentos dos países em relação aos padrões do Codex. Essa é a proposta original fornecida por Li e Beghin (2014) e aplicada em uma série de estudos que, a depender do objetivo, alteram a análise do rigor relativo entre os países e o Codex Alimentarius para dois países que comercializam bilateralmente (ISHAQ; PING; HAQ; LI; TONG, 2016; SEOK; SAGHAIAN; REED, 2018; TRAORÉ; TAMINI, 2021; XIONG; BEGHIN, 2017b). O presente estudo, diferentemente dos trabalhos citados, explora o índice de rigor relativo considerando as duas referências: o *Codex Alimentarius* e dos países importadores. Essa proposta é interessante e destaca a utilidade do trabalho por duas questões. Primeiro, a medida de rigor com os padrões internacionais fornece um panorama de quais mercados são essencialmente mais restritos. A literatura sugere que os países com maior nível de rigor em relação ao Codex, tendem a ter seus fluxos comerciais menos interrompidos (NEUMANN et al., 2021; USITC, 2020). Por outro lado, como existem países que estabelecem requisitos mais rigorosos que o Codex, o atendimento à referência internacional não garante acesso facilitado a tais mercados ainda mais estritos. Por existirem essas duas possibilidades, entende-se que ao considerar tais medidas de forma conjunta, a análise torna-se mais completa que as já realizadas, por proporcionar resultados que fornecem diferentes políticas em termos de harmonização aos padrões internacionais. O índice de Li e Beghin (2014) é apresentado na equação (1). Em (2) é proposta uma adaptação ao índice original, para calcular o rigor relativo entre dois países, segundo critério

proposto por Seok, Saghaian e Reed (2018) e Fiankor, Curzi e Olper (2020b).

$$\frac{LMR_{Codexipat}}{N_{(p)}} = \frac{1}{N_{(p)}} \sum_{n(p)=1}^{N(p)} \exp\left(\frac{LMR_{Codex} - LMR_{ipat}}{LMR_{Codex}}\right) \quad (1)$$

$$LMR_{ijpat} = \frac{1}{N_{(p)}} \sum_{n(p)=1}^{N(p)} \exp\left(\frac{LMR_{jpat} - LMR_{ipat}}{LMR_{jpat}}\right) \quad (2)$$

Na equação (1) LMR_{Codex} e LMR_{ipat} representam os limites máximos de resíduos a cada período e tempo t , para o produto agrícola p , considerando o pesticida a , estabelecidos pelo Codex e pelo país i , respectivamente; $N_{(p)}$ é o número total de pesticidas aplicáveis ao produto p . Analogamente, na equação (2), os LMR_{jpat} e LMR_{ipat} representam os limites máximos de resíduos do importador j e do exportador i para o produto agrícola p e pesticida a . Os valores dos índices variam no intervalo de $[0, 2,718]$. A equação (1) assume o valor um quando o país exportador (i) adota os mesmos padrões estabelecidos pelo Codex ($LMR_{Codex} = LMR_{ipat}$); valores menores que a unidade quando o LMR do país exportador (i) é menos restritiva que o padrão internacional ($LMR_{Codex} > LMR_{ipat}$); e valores acima de um quando as regulamentações de LMR do país exportador i são mais rígidas que as do Codex, porém menos que as do país importador j , de modo que os valores mais próximos a 2,718 expressam alto rigor nos padrões regulatórios ($LMR_{Codex} < LMR_{ipat}$). Na equação (2) o valor um é atribuído aos mesmos padrões entre os mercados de importação e exportação ($LMR_{ipat} = LMR_{jpat}$); valores abaixo da unidade quando o importador é mais rigoroso que o exportador ($LMR_{ipat} < LMR_{jpat}$) e inferior a um, quando o exportador é relativamente mais estrito ($LMR_{ipat} > LMR_{jpat}$).

Os índices são adimensionais e invariáveis à escala, uma vez que computam e agregam desvios nos LMR em termos relativos. O emprego da forma exponencial permite caracterizar a dificuldade marginal crescente dos países em atingir padrões mais rígidos. Em termos práticos, alguns importadores podem relaxar todos, exceto um LMR acima do nível internacionalmente aceito, mas esse único LMR rigoroso pode se tornar difícil de alcançar por parte do exportador. Ao tomar o exponencial, atribui-se maior peso aos LMR relativamente mais rígidos. Os índices são funções

monotônicas, ou seja, são invariantes ao volume de pesticidas regulamentados e apresentam limites superior e inferior. Por exemplo, um país pode regulamentar 109 pesticidas para a soja, enquanto outro impõe requisitos para apenas 25. Essa assimetria é controlada pelo índice, pois apenas os pesticidas comuns a ambos os mercados são comparados.

Os países são bastante heterogêneos quanto aos produtos e pesticidas que regulam, o que implica na ausência de muitos LMR para combinações pesticida-cultura que são comuns entre os países. Para superar esse desafio, muitos países adotam uma política de default em que adota um valor comum a outros países para estabelecer uma referência quando o pesticida não é regulamentado no seu mercado. Dentre os exemplos registrados na Tabela 1, tem-se, como a África do Sul, país que tem um sistema próprio de lista positiva para determinação de LMR, mas não regulamenta todos os pesticidas para determinada combinação pesticida-cultura, de forma que existem referências de LMR ausentes para essa combinação. Por default, a África do Sul usa como referência o LMR do Codex. No entanto, se não existir um padrão internacional para determinado um conjunto pesticida-cultura, os mercados africanos adotam o padrão de 0.01 parte por milhão.

Tabela 1. Países selecionados e suas respectivas políticas default

Países da amostra	Primeiro default	Segundo default	Países da amostra	Primeiro default	Segundo default
África do Sul	Codex	0.01	Indonésia	Codex	
Argentina	Codex	0.01	Israel	Codex	
Austrália	0.01		Japão	0.01	
Brasil	Codex		Marrocos	Codex	
Canadá	0.01		México	Codex	
Chile	Codex		Rússia	Codex	
China	Codex		Suíça	UE	
Colômbia			Tailândia	Codex	
Coreia do Sul	Codex		Taiwan	Codex	
Egito	Codex		Turquia	Codex	
EUA	0.01		Ucrânia	Codex	
Hong Kong	Codex		UE	0.01	
Índia	Codex		Vietnã	Codex	0.01

Fonte: Elaboração própria com base em Shingal, Ehrich e Foletti (2020).

No que tange ao emprego de uma ponderação para os LMR dos pesticidas mais usuais nas culturas, justifica-se que, por default, uma série de outros pesticidas são agregados em um mesmo índice, de modo que aqueles mais importantes podem ser sobrepostos por outros LMR que não apresentam resultados interessantes em termos de

rigor, já que na maioria das vezes estão sendo definidos pelo default. Cabe ressaltar que os países tendem a regulamentar os pesticidas que são mais relevantes para a sua produção doméstica.

Para o presente trabalho, os países foram selecionados em função de sua maior atuação relativa no comércio mundial das commodities e por estabelecer seus próprios sistemas de lista positiva para LMR. Esses são apresentados na Tabela 1, acompanhados da identificação do critério empregado para o estabelecimento de suas exigências, em termos de primeiro e segundo default. Os países europeus são considerados em bloco, já que todos são adeptos a uma política regulatória única (European Commission, 2021a).

O período analisado compreende todos os anos pares entre 2010 a 2018. O gap temporal ocorre porque os reajustes nos pesticidas são esporádicos. Mais especificamente, os LMR são fixados por cinco anos, podendo sofrer renovação ou ajustes ao final desse período. Os dados de LMR foram obtidos junto à plataforma *Homologa Agrobases*, que obtém suas informações diretamente do ministério pertinente de cada país e as padronizam em termos de idioma, unidade e formato. As commodities consideradas no grupo grãos e sementes oleaginosas são a soja, o milho e o trigo, que se destacam entre os principais produtos agrícolas comercializados no mercado mundial. Os pesticidas analisados são descritos na próxima seção.

Food safety e food security no contexto do uso de pesticidas: disponibilidade alimentar ou qualidade dos alimentos?

A função dos pesticidas é proteger as culturas contra pragas e doenças que venham a interferir no rendimento produtivo das culturas. Estudo desenvolvido por Bylemans, Coninck e Keulemans (2019) aponta que na ausência dos mais de mil pesticidas usados na produção agrícola em todo o mundo, a perda global na produção de milho seria na faixa de 60%, de 48% para a soja e 40% para o trigo. Esse resultado revela a importância dos pesticidas para garantir a segurança alimentar – no sentido da disponibilidade de alimentos ou *food security* – para uma população global que pode alcançar a marca de, pelo menos, 9 bilhões de pessoas até o ano 2050 (FAO, 2009) exigindo um aumento de 70% na produção de alimentos através

de sistemas de produção e cadeia alimentar sustentáveis (KING et al., 2017). Entretanto, abordar segurança alimentar envolve considerar, também, os aspectos de qualidade dos produtos, incluindo as características sanitárias e fitossanitárias que possam incorrer em riscos à saúde humana, animal e vegetal e ao meio ambiente. Nesse caso, a segurança alimentar é abordada em conformidade com a expressão *food safety*.

Pela ótica *food security*, o aumento na produção agrícola impulsionado pelo uso de pesticidas, pode reduzir a terra necessária para produzir a mesma quantidade de alimentos, além de garantir produção mais elevada, minimizar os custos operacionais ao produtor e reduzir perdas pós-colheita. Uma vez que o uso de pesticidas deve ser apoiado em boas práticas agrícolas, atribui outros benefícios não econômicos, como melhorar a sustentabilidade da agricultura. Por outro lado, sob o ponto de vista *food safety*, o uso inadequado de defensivos pode resultar em graves problemas ambientais, incluindo a contaminação da água e do solo, toxicidade para a vida selvagem e perda de biodiversidade, redução das populações de insetos benéficos - em particular as abelhas e outros polinizadores - bem como acarretar danos aos produtores e comunidade exposta aos resíduos. A essas características, é conferida a dicotomia do uso de pesticidas quanto aos objetivos *food security*, de garantir a disponibilidade alimentar, e *food safety*, de assegurar a qualidade dos alimentos e a redução dos riscos à saúde humana, animal, vegetal e ao meio ambiente dado a capacidade de contaminação de determinados insumos químicos

Cole et al. (2018) elencam cinco megatendências que exercerão influência sobre o agronegócio e os processos de produção agrícola. Além do aumento populacional já mencionado, a redução dos recursos naturais, as mudanças demográficas e climáticas, a urbanização, o crescimento das cidades e as alterações nos padrões dietéticos terão um efeito significativo sobre a segurança alimentar. Tais tendências globais têm alterado sobremaneira a legislação e as regulamentações relacionadas à segurança alimentar – no sentido *food safety* – que se refere à qualidade dos produtos, incluindo os aspectos sanitários e fitossanitários que possam representar um risco à saúde de pessoas, animais e ao meio ambiente. Essas mudanças afetaram o comércio internacional com

a evolução de sistemas de produção. A harmonização de regulamentações e a equivalência de padrões são os principais desafios no ambiente regulamentar e uma abordagem global faz-se necessária para garantir que os diferentes padrões não se tornem barreiras ao comércio. Em outras palavras, é preciso enfatizar um movimento em direção ao gerenciamento de risco baseado em resultados, de modo a garantir a qualidade dos alimentos e a saúde dos consumidores. Padrões alimentares prescritivos podem afetar o acesso alimentar e comprometer os fluxos comerciais por caracterizarem barreiras disfarçadas ao comércio.

Um exemplo disso é a proibição e o alto rigor no uso de pesticidas importantes para a manutenção da produção agrícola. A Tabela 2 destaca os principais defensivos empregados na produção de soja, milho e trigo. Na sequência, são discutidos os movimentos globais para o impedimento do uso destes, sob justificativas pautadas em *food safety*, mas que podem configurar um problema em potencial para as produções futuras, ou seja, afeta o acesso aos alimentos em um *food security*.

Tabela 2. Principais pesticidas empregados nas culturas de soja, trigo e milho

Soja	<i>Chlorothalambil</i> Fungicida	<i>Chlorpyrifos</i> Inseticida	<i>Glyphosate</i> Herbicida	<i>Mancozeb</i> Fungicida	<i>Paraquat</i> Herbicida	<i>Glyphosate</i> Herbicida
Trigo	<i>Chlorpyrifos</i> Inseticida	<i>Chlorpyrifos-methyl</i> Inseticida	<i>Glyphosate</i> Herbicida	<i>Paraquat</i> Herbicida	<i>Spinosad</i> Inseticida	
Milho	<i>Glyphosate-Ammonium</i> Herbicida	<i>Glyphosate</i> Herbicida	<i>Malathion</i> Inseticida	<i>Propiconazole</i> Fungicida		

Fonte: Elaboração própria com base em USITC (2020).

O pesticida *Paraquat* tem sido empregado por mais de cinco décadas para o controle de ervas daninhas anuais e perenes. O produto é considerado extremamente tóxico, podendo causar morte de insetos, animais e humanos, além de outras enfermidades associadas à exposição ao produto, como mutações genéticas e mal de Parkinson (WESSELING et al., 2001). Devido a tais constatações, existe um movimento mundial para a proibição do uso do mesmo. Os mercados tailandês e brasileiros foram os mais recentes em banir o herbicida. A *Thailand's National Hazardous Substance Committee* concordou em reduzir o LMR do pesticida a zero, tornando proibitivo o uso desse defensivo. Com efeito, os principais produtos importados pelo mercado, como soja e trigo, não podem apresentar qualquer resíduo dessa substância, com a possibilidade de a carga ser rejeitada (PREECHAJARN, 2020). Na mesma

linha, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no Brasil, proibiu o uso do pesticida e concedeu um período de três anos para que os produtores possam adequar a cadeia produtiva do agronegócio (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017). Findado o prazo de ajustes, os pesticidas substitutos, como o *Diquat* e o *Glyphosate-Ammonium*, tiveram seus preços praticamente dobrados no período de um ano, afetando diretamente os custos de produção e os preços finais dos produtos agrícolas. Como o Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo, a indústria química prontamente solicitou o registro de pesticidas substitutos do *Paraquat* (SALLES; WALENDORFF, 2021).

O *Mancozebe* é um fungicida importante na produção de soja no Brasil, que desponta como o principal fornecedor de farelo de soja para a União Europeia. Ao final de 2020, a Comissão Europeia decidiu por não renovar a aprovação do fungicida, estabelecendo um prazo de dois anos para a adequação da produção (EUROPEAN COMMISSION, 2021b). Análise realizada pela consultoria *Kynetec* (USITC, 2020) simulou a proibição do pesticida pelo mercado europeu, revelando aumento dos custos totais para os produtores brasileiros em 7,6%, enquanto as perdas produtivas e a retração geral na renda agrícola seriam de 1,3% e 4,7%, respectivamente. Se o novo padrão europeu não puder ser alcançado, isso reduzirá os volumes exportados do Brasil para aquele mercado em 3,5%, configurando um problema potencial na disponibilidade dos produtos brasileiros para os países da Europa. Com efeito, é possível que as negociações brasileiras sejam substituídas pela compra da soja dos EUA, cujos produtores não fazem uso do *Mancozebe*. Por outro lado, os exportadores do mercado sul-americano podem consolidar seus envios para outros mercados menos restritivos, como já vem ocorrendo nos embarques de soja para a China e Índia.

Os pesticidas *Chlorpyrifos* e *Chlorpyrifos-metil* não foram renovados pela UE em 2019 (EUROPEAN COMMISSION, 2021) e o *Chlorpyrifos* foi proibido na Tailândia a partir de 2020 (PREECHAJARN, 2020). Tais inseticidas são comumente usados nos EUA e uma associação comercial observou que os resíduos de *Chlorpyrifos* são comuns nas classes de trigo importadas pela Tailândia. Os produtores enfrentam dificuldade para encontrar produtos alternativos e têm

relatado despesas para contratar consultores na busca de soluções (USITC, 2020). Ademais, o *Chlorpyrifos* é empregado em outras culturas, como frutas e vegetais, podendo afetar produtores de diversos setores. Inclusive, alguns exportadores de frutas relatam que o principal substituto do inseticida, o *Methomyl*, teve seu LMR reduzido pela Comissão Europeia, prejudicando seus rendimentos de produção e aumentando seus custos (USITC, 2020). Novamente, uma questão justificada pela segurança alimentar no sentido food safety, que busca garantir a saúde dos consumidores, pode comprometer o acesso aos alimentos que usam determinados pesticidas.

O *Glyphosate* e o *Glufosinato* são dois herbicidas muito utilizados em termos globais e amplamente ligados ao sistema integrado de gestão de pragas do trigo, milho e soja. A proibição do uso destes produtos, especialmente o *Glyphosate*, terá um impacto sobre os produtores de grãos e sementes oleaginosas em todo o mundo, reduzindo a capacidade dos produtores em controlar as ervas daninhas. A última renovação de cinco anos do pesticida pela UE ocorreu em 2017. Dessa forma, em 2022 os representantes da indústria de grãos e sementes oleaginosas temem a não renovação do herbicida face à posição assumida por alguns Estados membros do bloco, como Itália, França e Alemanha, que já sinalizaram descontinuar o uso da substância nos próximos anos. Se a UE banir o uso do *Glyphosate* os produtores terão que descontinuar o seu uso independentemente do mercado de exportação que estão enviando, porque os produtos vendidos a granel são misturados antes de chegar aos países de destino, o que dificulta a rastreabilidade do produto do local de produção ao destino. Dessa forma, os produtores devem garantir que seu produto atende ao menor LMR de todos os mercados importadores, inclusive os pesticidas proibidos. Isso faz com que as políticas de LMR vigente em um importante parceiro comercial determine quais pesticidas e métodos de produção serão usados em todos os mercados de exportação (USITC, 2020). O *Glufosinato* tampouco teve seu pedido de renovação de registro na UE, sendo válida a política de default que atribuiu o menor valor padrão pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA). Embora a Comissão Europeia não tenha proposto a remoção do LMR para o *Glufosinato*, alguns representantes

da cadeia do milho e da soja ao redor do mundo afirmam que a perda dessa substância afetará a capacidade dos produtores em gerenciar a resistência a herbicidas, resultando em perdas e redução dos rendimentos (USITC, 2020).

É válido argumentar que as práticas sustentáveis são uma forma de os produtores lidarem com a falta de importantes pesticidas no processo de produção (NEUMANN et al. 2021). Segundo os autores, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) enfatiza o uso de alternativas para o gerenciamento do controle de pragas, como o uso de biocontroladores ou controle biológico; métodos de produção que minimizem a propagação de pragas, como a rotação de culturas, drenagem e espaçamento entre fileiras; e o controle mecânico pelo uso de cobertura em fileiras. O MIP ainda é um sistema que ajuda a prevenir, identificar e monitorar as populações de pragas e adaptar as técnicas de gestão ao nível da ameaça, minimizando o uso de pesticidas que, na prática, seriam aplicados em casos mais severos, após o esgotamento de outros métodos de controle. No entanto, embora seja a opção mais sustentável, o MIP ainda gera custos excessivos ao exportador e as práticas ainda não são economicamente viáveis para os países concorrerem no mercado internacional.

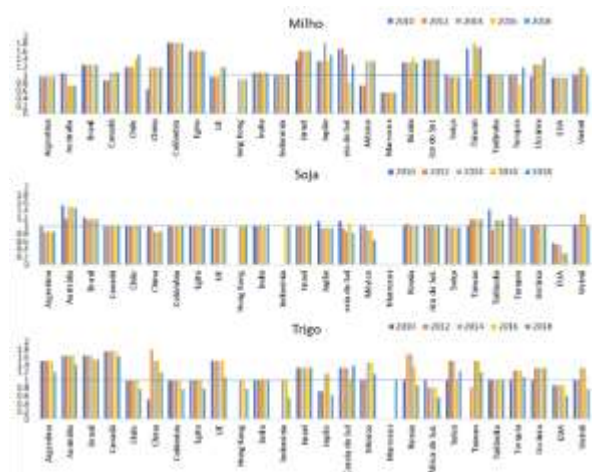
Para encerrar a discussão, a avaliação dos regulamentos dos LMR no contexto da segurança alimentar (*food security*) e inocuidade dos alimentos (*food safety*) tem particular relevância dadas as alterações nas regulamentações dos pesticidas que vêm ocorrendo nos últimos anos. As alterações significativas sobre a produção e o comércio mundial em função da proibição ou da redução do uso de importantes insumos químicos para a gestão de pragas e doenças nas safras agrícolas, aumenta as assimetrias regulatórias associadas a esse padrão. A busca por conformidade pelos requisitos do parceiro comercial incorre em custos adicionais para o exportador, pois o produtor deve buscar alternativas para manter o rendimento produtivo de suas safras, de modo a evitar violações e a possibilidade de as cargas serem rejeitadas no mercado de destino. Esse efeito é especialmente explorado no âmbito dos regulamentos dos países importadores. Alguns deles, principalmente os mercados com maior nível de desenvolvimento, apresentam requisitos relativamente mais rigorosos que os padrões

internacionais do Codex (LI; BEGHIN, 2014) e estão passando por um processo de transição nas políticas de LMR para importantes pesticidas utilizados na produção de grãos, como o glifosato (NEUMANN et al., 2021).

Rigor dos padrões agroalimentares no comércio agrícola

A Figura 1 apresenta o índice de rigor dos países em relação aos padrões internacionais definidos pelo Codex, para um conjunto de pesticidas utilizados nas safras de milho, trigo e soja.

Figura 1. Nível de rigor em relação aos padrões Codex



Fonte: Resultado da pesquisa. Elaboração própria com base nos dados da Homologa Database.

Utilizar os padrões internacionais como os níveis de referência pode permitir a identificação de países cujas políticas podem representar barreiras comerciais, pois os seus requisitos são justificados para além das premissas científicas, podendo ser caracterizados como padrões protecionistas (LI; BEGHIN, 2014). A OMC refere-se explicitamente aos LMR do Codex como os padrões SPS internacionais, já que são estabelecidos pelos conselhos científicos de especialistas e cientistas especializados e têm objetivo de proteger a saúde do consumidor e o meio ambiente. Os mercados que participam do *Codex Commission on Pesticide Residue* (CCPR) nomeiam os LMR que desejam estabelecer, o pedido é avaliado e o LMR é colocado em uma lista de prioridades para que o mesmo seja estabelecido. O prazo médio para a determinação varia entre

dois e quatro anos. O *Codex Alimentarius Commission* (CAC), que é uma comissão conjunta da Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) pode decidir não estabelecer determinado LMR para uma combinação pesticida-cultura; decidir que o produto químico não deve ser permitido ou; é possível que o processo de definição do padrão LMR esteja em andamento, por isso alguns LMR para o Codex são, ainda, ausentes (USITC, 2020).

Pontuações maiores que 1 indicam o alto rigor do país em relação aos padrões internacionais, sugerindo que os padrões agroalimentares são mais exigentes que as recomendações científicas e podem expressar potenciais barreiras ao comércio. Os países cujos valores estão ausentes não regulamentam tais produtos e as políticas de default não foram suficientes em atribuir numerações aos LMR dos pesticidas. *Hong Kong*, especialmente, iniciou sua política de lista positiva a partir de 2014.

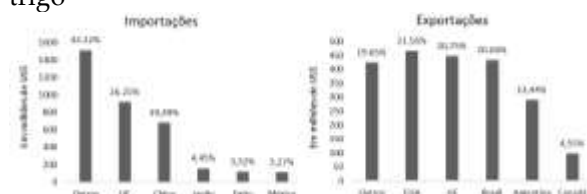
Para o mercado de milho, grande parte dos países apresentaram pontuações acima de um, indicando que os LMR são definidos de forma mais rigorosa que os valores sugeridos pelo Codex. Entre os países mais exigentes estão Austrália, Brasil, Canadá, Chile, China, Colômbia, Egito, UE, Índia, Israel, Japão, Coreia do Sul, México, Marrocos, Rússia, África do Sul, Taiwan, Ucrânia e Vietnã. Essas pontuações podem variar ao longo dos anos, a exemplo da UE, que se tornou mais restritiva que o Codex a partir de 2016. Os regulamentos da Indonésia e Tailândia são iguais aos do Codex e os demais países apresentam pontuações menos restritivas que os padrões internacionais. Nesse último caso, é possível que ocorra a rejeição das exportações com origem nesses mercados pela falta de conformidade às recomendações internacionais.

Observando os limites atribuídos a cada pesticida para o milho, na maioria dos casos os países mais rigorosos estabeleceram limites mais estritos para os pesticidas *Glyphosate*, *Malathion* e *Propiconazole*. O Codex auferiu valor de 5 ppm para cada substância e a maioria dos países, valores menores que cinco, o que explica as pontuações observadas na Figura 1. Para a soja, apenas Austrália, Brasil, Japão, Coreia do Sul, Taiwan, Tailândia, Turquia e Vietnã mantiveram, em pelo menos um ano, pontuações mais estritas que as do Codex. Esses resultados são associados, principalmente, aos limites mais baixos para o

Paraquat e *Glyphosate*. O Codex não regulamenta o *Maconzeb* para a cultura soja e as substâncias *Chlorothalonil* e *Chorpyrifos* recebem o menor limite LMR de 1 ppm. Esse mesmo valor é determinado por grande parte dos países amostrais. Na cultura do trigo, Argentina, Austrália, Brasil, Canadá, China, UE, Israel, Japão, Coreia do Sul, México, Rússia, Suíça, Taiwan, Turquia, Ucrânia e Vietnã apresentaram, em pelo menos um ano, pontuações superiores às do Codex. Esse valor é atribuído à diferença de valores LMR para o *Glyphosate*, principalmente, em que o padrão internacional é definido em 30 ppm, mas alguns países auferem valores de 5 a 10 ppm. Em outros casos, os mercados foram mais restritos nos LMR do *Chorpyrifos* e *Chlorpyrifos-metil*. O Codex não regulamenta o *Paraquat* para o milho, além disso, atribui o menor limite, de 1 ppm, para o *Spinosad*.

Para uma investigação mais detalhada, a Figura 2 mostra os principais *players* mundiais no comércio dos grãos e sementes oleaginosas em análise. A partir da indicação da Figura, serão comparados os LMR dos cinco maiores exportadores com os dos cinco principais mercados de importação, com o intuito de identificar potenciais custos de comércio, enfrentados pelo exportados, quando os países adotam diferentes padrões agroalimentares.

Figura 2. Principais importadores (à esquerda) e exportadores (à direita) mundiais de soja, milho e trigo



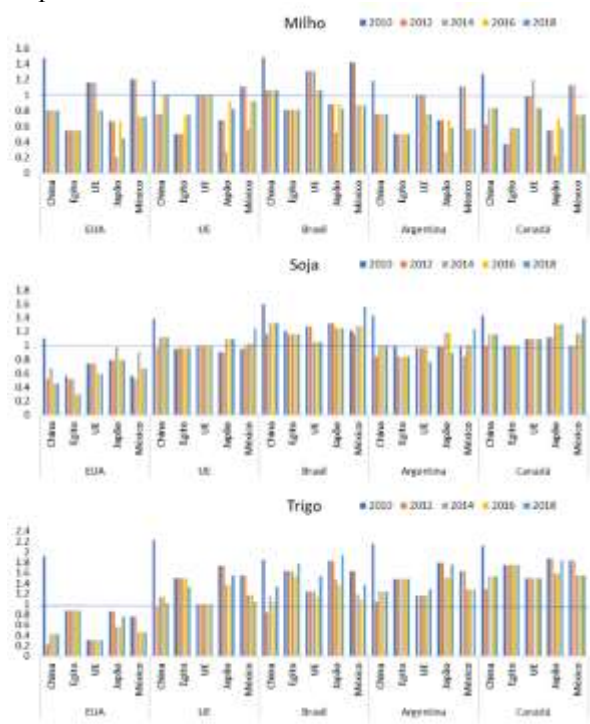
Fonte: Resultado da pesquisa com base nos dados do UN COMTRADE.

A Figura 3 apresenta o resultado do índice de rigor bilateral. Os valores menores que um indicam maior rigor do importador em relação exportador, sugerindo custos de adequação por parte do mercado fornecedor. Para o milho, os exportadores, exceto Brasil e Argentina, são menos rigorosos que o mercado de importação chinês, sugerindo custos de conformidade para atender àquele país, sobretudo no que tange ao uso do *Glufosinate-Ammonium* e do *Glyphosate*, em que o país asiático impõe o padrão de 1 ppm e a maioria

dos exportadores estabelecem valores entre 2 e 5 ppm. Egito, Japão e México apresentam pontuações mais estritas em relação a todos os países exportadores e esse resultado também está relacionado aos LMR do *Glufosinate-Ammonium* e do *Glyphosate*, e também do *Malathion*. O exportador que apresenta pontuações mais próximas à de todos os importadores é o Brasil, que, para o conjunto de pesticidas em análise, é relativamente mais rigoroso que a China e UE.

No mercado da soja, os LMR estabelecidos pela UE e pela Argentina, para os cinco pesticidas empregados nessa cultura, são praticamente iguais aos dos parceiros importadores, basta observar que todos os valores são próximos a um. A divergência mais pronunciada ocorre apenas entre Argentina e Egito e o único pesticida em que os padrões se divergem é o *Chlorothalonil*, em que o Egito impõe o LMR de 1 ppm e a Argentina de 2 ppm, nas demais substâncias, os dois países estabelecem os mesmos valores. Nesse caso, para que os produtores argentinos estejam em conformidade com os padrões do Egito, a política de ajuste deve ser direcionada a esse pesticida, especificamente. O Brasil e o Canadá, por outro lado, impõem regulamentos iguais ou mais estritos que todos os principais mercados de importação, já que todas as pontuações observadas pelos exportadores são superiores a unidade. Apenas os EUA apresentaram pontuações relativamente menos estritas que a dos importadores. Um apontamento para os pesticidas regulamentados para a soja é que poucos mercados de importação regulamentam o *Maconzeb*, de modo que para essa substância, a comparação do rigor relativo entre os exportadores e os importadores, ocorre apenas para a UE e o Japão.

No mercado de trigo, o único exportador que apresenta pontuações inferiores ao dos importadores no índice de rigor, são os EUA. Isso ocorre principalmente pelos altos LMR estipulados para o *Paraquat* e *Spinosad*, em que os limites são de 11 e 15 ppm, respectivamente, contra valores de 2 a 5 ppm para a *Paraquat* e 1 ou 2 ppm para o *Spinosad* nos países importadores. Os demais exportadores apresentam os LMR mais estritos que os dos importadores, observados pelos valores superiores a um, sugerindo que para os principais pesticidas utilizados nessa cultura, os fluxos de comércio sofrem menos interrupções pelos diferentes padrões impostos aos resíduos.

Figura 3. Nível de rigor em relação aos padrões do importador

Fonte: Resultado da pesquisa. Elaboração própria com base nos dados da Homologia Database.

Em geral, os resultados demonstram que mesmo que algumas economias exportadoras determinam padrões agroalimentares mais estritos que os padrões internacionais, ainda podem apresentar LMR maiores que os determinados pelos parceiros. No mercado de milho, especialmente, os produtores enfrentam diferentes LMR para a mesma combinação de pesticida/cultura em diferentes mercados, isso ocorre porque o LMR do importador é baixo ou ausente, surgindo desafios na tentativa de cumpri-los, já que os padrões limitam o uso de determinados pesticidas e a capacidade do produtor em lidar com pragas e doenças. Com efeito, os agricultores precisam ajustar as práticas de produção em resposta às políticas e regulamentos que regem os LMR de pesticidas nos mercados de importação. Essas mudanças incorrem em custos de conformidade para os fornecedores, incluindo a busca por pesticidas alternativos, a segregação das safras para atender diferentes mercados, o desenvolvimento de manejo alternativos de pragas a partir de estratégias mais custosas, os testes de pré-exportação, as despesas com monitoramento, além

das possíveis perdas de rendimento e pós-colheita, o que pode vir a afetar toda a cadeia de abastecimento (USITC, 2020).

Quando o exportador não tem capacidade de alterar seus processos de produção para atender aos requisitos do importador, os produtos agrícolas podem ser devolvidos, configurando um custo de violação dos LMR ou o país fornecedor poderá buscar mercados alternativos, menos rigorosos, para direcionar os fluxos comerciais. Essa última possibilidade pode ser uma solução de curto prazo, até que os produtores adaptem suas práticas para cumprir os padrões agroalimentares do parceiro mais exigente; ou uma solução de longa duração se os produtores julgarem caro e complexo alterar seus processos de produção. Ademais, se não encontrar mercados alternativos, os produtores terão de mudar ou interromper seus processos produtivos. De todo modo, os mercados alternativos podem oferecer demanda insuficiente, o que também deve ser considerado, implicando em excesso de oferta e preços mais baixos.

Se ocorrer a violação dos LMR, as consequências podem se propagar por toda a cadeia, já que é difícil rastrear os grãos ou as sementes oleaginosas por propriedade. As violações podem gerar taxas de inspeção e de fiscalização mais altas nos próximos envios, com consequentes atrasos nas cadeias de suprimentos. Por fim, as violações podem afetar a reputação do mercado exportador, alertando os demais importadores sobre os riscos potenciais. Reconhecendo essa situação, muitos governos elevam as fiscalizações no campo para garantir a conformidade com os LMR dos países importadores (USITC, 2020).

Conclusão

Empregando dois índices de rigor relativo para LMR de pesticidas, o presente trabalho realizou uma comparação entre países que se destacam no comércio internacional de grão e sementes de oleaginosas, utilizando como referência os padrões internacionais do Codex e os regulamentos do importador. Observou-se que embora os países estabeleçam patamares de exigências igualmente ou mais rigorosas que as recomendações internacionais, ainda podem incorrer em custos de adequação para atender aos padrões agroalimentares em seus mercados importadores.

No processo de produção do milho, as maiores assimetrias nas políticas de pesticidas ocorrem para o *Glufosinate-Ammonium* e do *Glyphosate*. Para a soja, o rigor regulatório é proeminente para o *Chlorothalonil* e, para o trigo, as diferenças nos LMR ocorrem com maior frequência para o *Paraquat* e *Spinosad*, sobretudo no comércio dos países norteamericanos para seus parceiros comerciais. Entre estes pesticidas, o *Paraquat* já tem seu uso proibido no Brasil, sinalizando conformidade do governo brasileiro às tendências internacionais, que como outros mercados, como o tailandês, baniram seu uso. Os exportadores apresentam uma preocupação expressiva com a não-renovação do *Glyphosate* no mercado europeu, o que poderá afetar toda a cadeia de grãos e sementes oleaginosas pela inexistência de pesticidas alternativos que apresentem a mesma eficiência herbicida na produção dos referidos produtos. No geral, o exportador que apresenta pontuações mais próximas à de todos os importadores é o Brasil.

Este trabalho representa uma contribuição por apresentar uma forma relativamente simples de acompanhar os efeitos do rigor relativo nas exigências tanto para a segurança alimentar como para assegurar alimentos seguros para a ingestão humana e de animais, sob condições de sustentabilidade. Nos últimos anos ocorreram alterações significativas sobre a produção e o comércio mundial em função destas exigências, caracterizando a importância do rigor como um instrumento de política comercial. Os indicadores calculados podem ser introduzidos em modelos como é o caso do modelo gravitacional para tentar mensurar o impacto sobre o comércio bilateral entre países parceiros. Esse trabalho encontra limitação na disponibilidade dos dados, já que o ano mais recente é 2018. O acesso às informações sobre LMR envolvem custos relativamente elevados (comercializados por empresas privadas), o que dificulta a atualização das investigações. Ademais, para trabalhos futuros é recomendado aplicar o mesmo exercício para outras culturas, principalmente sobre as secundárias, cujos produtores apresentam ainda mais dificuldades em acessar os mercados de importação pela não regulamentação de importantes pesticidas.

Referências

- Achterbosch, T., Engler, A., Rau, M.-L., & Toledo, R. (2009). *Measure the measure: the impact of differences in pesticide MRLs on Chilean fruit exports to the EU*. International Association of Agricultural Economists Conference. Beijing.
- Anders, S. M., & Caswell, J. A. (2009). Standards as Barriers Versus Standards as Catalysts. *American Journal of Agricultural Economics*, 91(2), 310–321.
- Arita, S., Mitchell, L., & Beckman, J. (2015). *Estimating the Effects of Selected Sanitary and Phytosanitary Measures and Technical Barriers to Trade on U.S.-EU Agricultural Trade*. Ers-Usda (199).
- Baldwin, R. E., McLaren, J., & Panagariya, A. (2000). *Regulatory Protectionism, Developing Nations, and a Two-Tier World Trade System*. In *Global Labor Market?* (No. 2574; 1st ed.). Retrieved from Brookings
- Barlow, S. M., Boobis, A. R., Bridges, J., Cockburn, A., Dekant, W., Hepburn, P., Bánáti, D. (2015, December 1). The role of hazard- and risk-based approaches in ensuring food safety. *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 46, pp. 176–188.
- Beckman, J., & Arita, S. (2017). Modeling the interplay between sanitary and phytosanitary measures and tariff-rate quotas under partial trade liberalization. *American Journal of Agricultural Economics*, 99(4), 1078–1095.
- Beghin, J., & Xiong, B. (2018). Trade and welfare effects of technical regulations and standards. In J. de Melo & A. Nicita (Eds.), *Non-Tariff Measures: Economic Assessment and Policy Options for Development* (1st ed., Vol. 1, pp. 159–194).
- Burnquist, H. L., Shutes, K., Rau, M.-L., Souza, M. N. F., & Faria, R. N. (2011). *Heterogeneity Index of Trade and Actual Heterogeneity Index – the case of maximum residue levels (MRLs) for pesticides*. Agricultural & Applied Economics Association's 2011 AAEA & NAREA Joint Annual Meeting, 24.
- CODEX. (2021). *About Codex Alimentarius* | CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO. Retrieved March 24, 2021, from Codex Alimentarius.

- Cole, M. B., Augustin, M. A., Robertson, M. J., & Manners, J. M. (2018). PERSPECTIVE The science of food security. *Science of Food*, 2, 14.
- Crivelli, P., & Groeschl, J. (2016). The Impact of Sanitary and Phytosanitary Measures on Market Entry and Trade Flows. *The World Economy*, 39(3), 444–473.
- Curzi, D., Raimondi, V., & Olper, A. (2015). Quality upgrading, competition and trade policy: evidence from the agri-food sector. *European Review of Agricultural Economics*, 42(2), 239–267.
- Curzi, Daniele, Schuster, M., Maertens, M., & Olper, A. (2020). Standards, trade margins and product quality: Firm-level evidence from Peru. *Food Policy*, 91, 101834.
- Disdier, A. C., Fontagné, L., & Mimouni, M. (2008). The impact of regulations on agricultural trade: Evidence from the SPS and TBT agreements. *American Journal of Agricultural Economics*, 90(2), 336–350.
- Drogué, S., DeMaria, F. (2012). Pesticide residues and trade, the apple of discord? *Food Policy*, 37(6), 641–649.
- European Commission. (2021). *Chlorpyrifos & Chlorpyrifos-methyl* | Food Safety. Retrieved April 11, 2021, from Chlorpyrifos & Chlorpyrifos-methyl.
- European Commission. (2021a). *EU legislation on MRLs* | Food Safety. Retrieved April 10, 2021, from Plants.
- European Commission. (2021b). *EU Pesticides. Mancozeb*. Retrieved April 11, 2021, from Status under Reg. (EC) No 1107/2009.
- European Commission. (2021c). *Maximum Residue Levels* | Food Safety. Retrieved March 24.
- European Parliament. (2018). *Study supporting the REFIT Evaluation of the EU legislation on plant protection products and pesticides residues* (No. Regulation (EC) No 1107/2009 and Regulation (EC) No 396/2005).
- FAO. (2009). *How to Feed the World 2050*. In Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2018). *Understanding Codex* (5th ed., Vol. 1). Retrieved from <http://www.fao.org/3/CA1176EN/ca1176en.pdf>
- Ferro, E., Otsuki, T., & Wilson, J. S. (2015). The effect of product standards on agricultural exports. *Food Policy*, 50, 68–79.
- Fiankor, D.-D. D., Curzi, D., & Olper, A. (2020a). Exports and governance: the role of private voluntary agrifood standards. *European Review Of Agricultural Economics*, 50(3), 1–44.
- Fiankor, D.-D. D., Curzi, D., & Olper, A. (2020b). Trade, price and quality upgrading effects of agri-food standards. *European Review Of Agricultural Economics*, 341–352.
- Fiankor, D. D., Haase, O., & Brümmer, B. (2021). The Heterogeneous Effects of Standards on Agricultural Trade Flows. *Journal of Agricultural Economics*, 72(1), 25–46.
- Hoekman, B., & Nicita, A. (2008). *Trade Policy, Trade Costs, And Developing Country Trade*.
- Ishaq, M., Ping, Q., Haq, Z., Li, C., & Tong, C. (2016). Maximum residue limits and agrifood exports of china: Choosing the best estimation technique. *Agricultural Economics (Czech Republic)*, 62(2), 78–92.
- Keulemans, W., Bylemans, D., & De Coninck, B. (2019). *Farming without plant protection products Can we grow without using herbicides, fungicides and insecticides?* (No. PE 634.416).
- King, T., Cole, M., Farber, J. M., Eisenbrand, G., Zabararas, D., Fox, E. M., & Hill, J. P. (2017, October 1). Food safety for food security: Relationship between global megatrends and developments in food safety. *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 68, pp. 160–175.
- Li, Y., & Beghin, J. C. (2014). Protectionism indices for non-tariff measures: An application to maximum residue levels. *Food Policy*, 45, 57–68.
- Li, Y., & Beghin, J. C. (2016). A meta-analysis of estimates of the impact of technical barriers to trade. In *Nontariff Measures and International Trade* (pp. 63–77).
- Looi Kee, H., Nicita, A., & Olarreaga, M. (2009). Estimating Trade Restrictiveness Indices. *The Economic Journal*, 119(534), 172–199.
- Martins, M. M. V., & Burnquist, H. L. (2020). Análise da heterogeneidade regulatória no comércio agrícola. *Revista de Política Agrícola*, 29(3), 115.
- Maskus, K. E., Otsuki, T., & Wilson, J. S. (2013). Do foreign product standards matter? Impacts on costs for developing country exporters. *Asia-Pacific Journal of Accounting & Economics*, 20(1), 37–57.
- Ministério da Saúde. (2017, September 22). RESOLUÇÃO - RDC No 177, DE 21 DE SETEMBRO DE 2017. Retrieved March 24, 2021, from DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO publicado em: 22/09/2017 | Edição: 183 |

Seção: 1 publicado em: 22/09/2017 | Edição: 183
| Seção: 1 | Página: 76

- Murina, M., & Nicita, A. (2017). Trading with Conditions: The Effect of Sanitary and Phytosanitary Measures on the Agricultural Exports from Low-income Countries. *The World Economy*, 40(1), 168–181.
- Neumann, S., Daigle, B., Gehrke, B., Carlson, D., LeGrand, S., Tafti, A., ... Bonarriva, J. (2021). *Global Economic Impact of Missing and Low Pesticide Maximum Residue Levels*, Vol. 2. Retrieved from
- Oliveira, A. B. (2020). *LMRs e Comércio Internacional*. Alinne B. Oliveira Especialista em política comercial.
- Preechajarn, S. (2020). *Thailand Moves Forward with Ban on Paraquat and Chlorpyrifos* on 1 June.
- Rau, M.-L., Shutes, K., & Schlueter, S. (2010). *Index of heterogeneity of requirements in international agri-food trade* (No. 1001).
- Ronen, E. (2017). Quantifying the Trade Effects of NTMs: A Review of the Empirical Literature. *SSRN Electronic Journal*, (July), 1–18.
- Salles, M., & Walendorff, R. (2021, February 10). Procura aumenta, e escassez de dessecante para a soja se acentua | Agronegócios | *Valor Econômico*. Retrieved March 24, 2021, from *Valor Econômico*, Agronegócios.
- Santeramo, F. G., & Lamonaca, E. (2019). The Effects of Non-tariff Measures on Agri-food Trade: A Review and Meta-analysis of Empirical Evidence. *Journal of Agricultural Economics*, 70(3), 595–617.
- Seok, J. H., Saghaian, S., & Reed, M. R. (2018). The 'Signaling Effect' and the impact of high maximum residue limit standards on U.S. vegetable exports. *Economic Analysis and Policy*, 59, 150–159.
- Shingal, A., Ehrlich, M., & Foletti, L. (2020). Re-estimating the effect of heterogeneous standards on trade: Endogeneity matters. *World Economy*, 756–787.
- Swinnen, J. (2016). Economics and politics of food standards, trade, and development#. *Agricultural Economics*, 47(S1), 7–19.
- Thilmany, D. D., & Barrett, C. B. (1997). Regulatory Barriers in an Integrating World Food Market. *Review of Agricultural Economics*, 19(1), 91.
- Traoré, O. Z., & Tamini, L. D. (2021). African trade of mangoes to OECD countries: disentangling the effects of compliance with maximum residue limits on production, export supply and import demand. *European Review of Agricultural Economics*, 00(00), 1–50.
- USITC. (2020). *Global Economic Impact of Missing and Low Pesticide Maximum Residue Levels*, Vol. 1. Washington.
- Wesseling, C., De Joode, B. V. W., Ruepert, C., León, C., Monge, P., Hermosillo, H., & Partanen, L. J. (2001). Paraquat in Developing Countries. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 7(4), 275–286.
- Winchester, N., Rau, M.-L., Goetz, C., Larue, B., Otsuki, T., Shutes, K., ... Nunes de Faria, R. (2012). The Impact of Regulatory Heterogeneity on Agri-food Trade. *The World Economy*, 35(8), 973–993.
- WTO. (1995). *Sanitary and Phytosanitary Measures - text of the agreement*. Retrieved March 24, 2021, from World Trade Organization.
- Xiong, B., & Beghin, J. C. (2017a). Disentangling demand-enhancing and trade-cost effects of maximum residue regulations. In *Nontariff Measures and International Trade* (pp. 105–118).
- Xiong, B., & Beghin, J. C. (2017b). Stringent maximum residue limits, protectionism, and competitiveness: The cases of the US and Canada. In *Nontariff Measures and International Trade* (pp. 193–207).

Submetido em: 23/04/2021

Aceito em: 05/07/2022