



INFLUÊNCIA DAS CRISES SANITÁRIAS NO COMÉRCIO DE CARNE BOVINA BRASILEIRA

INFLUENCE OF HEALTH CRISES ON THE BRAZILIAN BEEF TRADE

Gabriel Marcos Arcanjo¹, Igor Santos Tupy², Michelle Marcia Viana Martins³

GT01. Mercados agrícolas e comércio exterior

Resumo

Este estudo analisou a influência de crises sanitárias nas exportações de carne bovina brasileira e seus efeitos sobre o padrão de comércio internacional com os principais parceiros comerciais. Para tal análise, o estudo apresentou de forma analítica, uma abordagem teórica a partir da modelagem de teoria dos jogos, no formato de jogos bayesianos, com informação imperfeita. Adicionalmente, buscou-se testar mudanças duradouras ou rupturas nas séries de comércio bilateral de carne durante o período de 2002 a 2022, analisadas por meio de teste de raiz unitária para quebras estruturais. O modelo de teoria dos jogos mostra, em um contexto de informação assimétrica, caracterizada pela possibilidade de risco moral, mecanismos pelos quais mudanças nas percepções dos parceiros comerciais com relação à qualidade da carne brasileira poderiam resultar em alterações nos comportamentos desses parceiros. Por fim, os resultados dos testes evidenciam que, de fato, é possível que os surtos de doenças (febre aftosa e vaca louca) e o não cumprimento das exigências sanitárias tenham gerado efeitos negativos as exportações de carne bovina. Nesse aspecto, o estudo evidenciou comportamentos heterogêneos entre os diferentes parceiros comerciais, principalmente em relação a União Europeia que muda sua trajetória de consumo da carne brasileira após a ruptura apontada pelo teste. Também se verificou quebras estruturais nas séries de comércio com a Rússia e com o Chile.

Palavras-chave: Segurança alimentar, Carne Bovina, Exportação, Comércio exterior, Brasil

Abstract

This study analyzed the influence of health crises on Brazilian beef exports and their effects on international trade pattern with the main trading partners. For this analysis, the study presented, in an analytical way, a theoretical approach based on game theory modeling, in the format of Bayesian games, with imperfect information. Additionally, unit root test for structural breaks was applied to study lasting changes or ruptures in the bilateral meat trade series from 2002 to 2022. The game theory model shows in a context of asymmetric information, characterized by the possibility of moral hazard, mechanisms by which changes in the perceptions of trading partners regarding the quality of Brazilian beef could modify the behavior of these partners. Finally, results show that, in fact, it is possible that disease outbreaks (foot-and-mouth disease and mad cow) and non-compliance with sanitary requirements have generated negative effects on beef exports. This study has shown heterogeneous behavior among the different trading partners, especially in relation to the European Union, which changed its trajectory of consumption of Brazilian meat after the rupture pointed out by the test. There were also structural breaks in the trade series with Russia and Chile

Keywords: Food security, Beef, Export, Foreign trade, Brazil

1. Introdução

O Brasil é reconhecido mundialmente por sua grande capacidade produtiva no setor agropecuário, com destaque para o segmento de carne bovina. Segundo Forest *et al* (2014), a partir de 2004, o Brasil assumiu a liderança de maior exportador mundial, mantendo-se na posição até o ano mais recente, 2022 (USDA, 2023). Neste mesmo ano, de acordo com dados da Associação Brasileira de Frigoríficos (Abrafrigo, 2023), a pecuária de corte movimentou aproximadamente US\$13,091 bilhões e foi responsável por 52,6% do valor total de proteínas

¹ Mestrando em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Juiz de Fora, arcanjo.gabriel@estudante.ufjf.br

² Professor Adjunto do Departamento de Economia na Universidade Federal de Viçosa, igor.tupy@ufv.br

³ Professora Adjunta do Departamento de Economia na Universidade Federal de Viçosa, michelle.viana@ufv.br



animais exportadas pelo país. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2022) o setor de carnes esteve entre as cinco principais indústrias exportadoras na pauta brasileira naquele ano.

Pela sua grande relevância no comércio mundial, a inserção da carne brasileira nos mercados internacionais deve seguir uma série de exigências sanitárias. Os produtos cárneos são vetores potenciais à disseminação de doenças, afetando a segurança alimentar no sentido *food safety* e *food security*. A segurança alimentar no sentido *food security* relaciona-se à disponibilidade alimentar, às preocupações relacionadas ao acesso dos alimentos, estabilidade e características nutritivas (CHEESEMAM, 2016). Já o conceito *food safety* refere-se à qualidade dos produtos, à inocuidade alimentar e os riscos da ingestão de alimentos à saúde humana (MARTINS; BURNQUIST, 2020). Esse último conceito é o enfoque dessa investigação.

Martins e Silva (2021) discutem que o comércio de carne bovina é determinado, nas negociações multilaterais, pelos riscos de propagação de doenças por meio de produtos importados. Com isso, para o controle de possíveis eventos sanitários, as políticas de defesa sanitária devem ser robustas e seguir, rigorosamente os padrões internacionais da Organização Mundial da Saúde Animal (Organização Internacional das Epizootias – OIE), para preservar o mercado importador, os fluxos comerciais, e equilibrar a cadeia de suprimentos.

Especificamente no setor de carne bovina, Webb *et al* (2018) afirmam que os surtos de doenças animais, como a vaca louca - *Bovine Spongiform Encephalopathy*, BSE, e a febre aftosa, podem gerar graves consequências econômicas para o comércio internacional do setor. Essa influência negativa se reflete, principalmente, no acesso aos mercados. Além dos embargos determinados pelos países importadores, é sublinhada a dificuldade dos países que sofreram surtos em retornar aos mercados. Os embargos podem ser persistentes em um período de tempo, até que os exportadores sinalizem a segurança sanitária dos seus envios.

Como maior exportador no comércio internacional, o Brasil possui grande responsabilidade na garantia da segurança alimentar, de seus produtos, sobretudo aqueles que alcançam mercados internacionais. Elias *et al* (2018) acreditam que a ampliação da participação brasileira no mercado internacional é explicada, principalmente, pelos aprimoramentos nos métodos de proteção e defesa sanitária, que conferem ao país competitividade e segurança quanto ao consumo da carne brasileira. Entretanto, o país se deparou com situações que expuseram a inocuidade da proteína animal. Em 2004, focos de febre aftosa em estados produtores de carne bovina deram início a uma sequência de episódios de doenças no rebanho nacional. O surto apresentou um pico em 2005, após atingir regiões com maior volume de produção.

Em 2017, o setor é atingido pela Operação Carne Fraca, que revelou um esquema de corrupção entre frigoríficos e fiscais do governo. O escândalo expôs grandes frigoríficos nacionais e o próprio MAPA, que testemunhou a fragilidade dos sistemas públicos de segurança sanitária. Em 2021, 2022 e 2023, o Brasil registrou casos atípicos de BSE (doença da vaca louca). Segundo Associação Brasileira dos Fabricantes de Produtos Saúde Ambiental (ABRASAM, 2022), o evento sanitário no ano de 2021 culminou no embargo chinês à carne bovina durante três meses, provocando queda das exportações e negociações para a redução no preço do gado.

Apesar de o Brasil possuir a posição de maior exportador de carne bovina do mundo, episódios sanitários esporádicos com início em 2004, afetaram as remessas enviadas pelo país, com efeitos negativos sobre os fluxos comerciais, ainda que temporariamente. Nesse sentido, surge a necessidade de compreender o comportamento dos importadores de carne bovina



brasileira, para identificar padrões sobre suas ações comerciais diante de episódios sanitários (mesmo em decorrência de casos atípicos). Esse esforço busca identificar comportamentos comerciais mais rígidos justificados pela garantia de segurança alimentar, o que possibilita assimilar de que forma os eventos sanitários mudam os padrões de comércio entre os países.

Mais precisamente, este estudo analisa a influência de eventos sanitários sobre a existência de mudanças, permanentes ou não, no padrão das relações bilaterais a partir dos envios brasileiros de carne bovina, durante o período de 2002 a 2021. Para tanto, é utilizada uma modelagem estratégica à luz da Teoria dos Jogos e dos testes de raízes unitárias para quebra estrutural nas séries de tempo. A contribuição do estudo reside no fornecimento de informações sobre o comportamento dos parceiros comerciais na ocasião de eventos sanitários. Também são identificados eventuais acontecimentos que tenham afetado negativamente a participação brasileira no comércio internacional. Empresas frigoríferas e/ou exportadoras de carne bovina e técnicos do governo responsáveis pela defesa sanitária nacional, são os agentes que podem potencialmente se beneficiar dos resultados encontrados.

Para compreender as decisões estratégicas dos parceiros comerciais em decorrência dos eventos sanitários no Brasi, utiliza-se uma abordagem de Teoria dos Jogos com equilíbrio Bayesiano, com ações sequenciais com informações incompletas. Para aplicar essa abordagem teórica para o entendimento do comércio, é feita uma análise exploratória das exportações brasileiras para um conjunto de países. Posteriormente, são identificadas a ocorrência de quebras estruturais a partir de dados dispostos em séries de tempo, para descobrir se há relação entre essas quebras e razões motivadas por insegurança alimentar sobre a carne brasileira.

2. Revisão de Literatura: segurança alimentar e efeitos no comércio internacional.

As trocas comerciais são essenciais para o abastecimento de países que não são autossuficientes em determinados produtos. Para garantir trocas seguras, é essencial que os países assegurem a qualidade sanitária de seus produtos. De acordo com Buzby (2003), a possibilidade de fazer comércio beneficia os consumidores pela variedade de bens, pelo acesso a produtos com preços relativamente mais baixos aos praticados domesticamente, além da complementariedade à oferta nacional, que também contribui para a redução dos preços.

No entanto, essa oferta de alimentos pode ampliar os riscos à insegurança alimentar, sobretudo quando relacionado à propagação de doenças e alimentos inadequados para consumo. Estudos realizados Buzby (2003) e Darbandi (2021) ressaltam que para o funcionamento do comércio de bens alimentares, os países compartilham a responsabilidade de fornecer alimento de seguros ao longo de toda cadeia produtiva. Buzby (2003) discute que os conflitos relacionados à segurança alimentar podem causar reduções dos fluxos comerciais, justificados por razões legítimas de proteção ao território e à saúde do consumidor e dos rebanhos. O autor menciona a necessidade de o país manter a credibilidade sobre a qualidade dos alimentos fornecidos sob os riscos de barreiras reputacionais, que ocorrem pela suspensão ou rejeição de produtos em função das preocupações e ações concretas, como boicote a países e regiões.

A sensibilidade dos países importadores é apresentada por Darbandi (2021), que discorre sobre suas atitudes em restringir as importações para proteger os consumidores. O autor apresenta a relação entre incidentes alimentares e seus efeitos sobre o comportamento do país consumidor, em que eles podem até optar por mudanças em seus hábitos alimentares. Diante disso, Webb Gibson e Strutt (2018) compreendem que após incidente sanitários, torna-se um desafio a longo prazo restaurar a confiança do consumidor.



A fim de regular esses acontecimentos no âmbito internacional, Miranda *et al* (2004) apontam que a partir da Rodada do Uruguai (1986-1993) foi desenvolvido o Acordo sobre medidas Sanitárias e Fitossanitárias (*Sanitary and Phytosanitary Agreement – SPS*) com objetivo de disciplinar os regulamentos técnicos e sanitários sobre o comércio de bens do agronegócio, principalmente. O Acordo SPS inclui todas as medidas sanitárias e fitossanitárias que podem afetar o comércio de forma direta ou indireta, emitidas com objetivos genuínos de proteger o país, seus consumidores, animais e vegetais contra pragas e doenças oriundas de bens importados contaminados.

Elias *et al* (2018) afirmam que os países têm o direito de estabelecer medidas que sejam necessárias para a proteção da vida e à saúde humana, animal ou vegetal, desde que essas medidas não sejam inconsistentes e promovam barreiras comerciais desnecessárias. Além disso, para reduzir os incidentes em relação à segurança alimentar é necessário o apoio do governo para garantir que as autoridades públicas mantenham e fiscalizem regras para manter a qualidade dos produtos. Estudos realizados por Buzby (2003) e Jover (2021) relatam que o auxílio na inspeção, regulação e transparência do processo produtivo podem induzir a altos padrões de segurança do alimento.

A atividade pecuária da produção gado de corte, apresenta, historicamente, alguns acontecimentos sanitários que promoveram desdobramentos comerciais. A primeira grande incidência sanitária ocorrera pelo surto da BSE, popularmente conhecida como doença da vaca louca. De acordo com Elias *et al* (2018), o surto afetou negativamente o comércio de carne bovina da União Europeia (UE), a partir de 1996, e dos Estados Unidos (EUA) ao final de 2003. A redução do comércio pode ser explicada pelo fato de a doença ser altamente contagiosa para humanos e animais, podendo romper fronteiras geográficas a partir do comércio. Isso justifica a ação dos importadores em restringir temporariamente os fluxos comerciais. Fox e Peterson (2004) apontam que um surto de BSE no Japão em 2001, fez com que um a cada quatro consumidores no país deixassem de consumir carne naquele ano, com substituição da carne bovina por proteínas animais alternativas (suína, pescado e aves).

Mais especificamente, Taha e Hahn (2014) relatam que a doença causou ao Reino Unido perda estimada de 1,7 bilhões de dólares impulsionada pela expressiva redução do consumo de carne. Nos EUA, Taha e Hahn (2014) e Web *et al* (2018) evidenciam que as restrições impostas às exportações de carne bovina foram de aproximadamente 90% do valor exportado. Caso análogo ocorreu pelo surto da BSE no Japão, em 2001. Segundo Fox e Peterson (2004), o consumo de carne bovina caiu de 40% a 50%. A fim de combater a doença, os autores pontuam que o gasto do governo japonês para combater o surto foi de 1,7 bilhões de dólares.

Outro incidente sanitário que marcou o mercado de carne bovina internacional foi a Febre aftosa (*Foot and Mouth Disease – FMD*). Em concordância com Menezes e Cunha (2021), essa doença foi capaz de atravessar fronteiras internacionais e provocar surtos no Reino Unido em 2001, Japão em 2010 e Coreia do Sul em 2011. O vírus da febre aftosa é listado pela Organização Mundial da Saúde Animal (OIE, 2019) como um dos principais patógenos infecciosos para animais e é considerado uma das maiores ameaças potenciais do bioterrorismo (CASAGRANDE, 2002; BREEZE, 2004; LEE; PARK; RICHARDSON, 2012; OLADOSU; ROSE; LEE, 2013). Em 2001 o Reino Unido foi impactado de forma negativa pela doença, Thompson *et al* (2002) atestam que 6,9 milhões de animais tiveram de ser sacrificados para o controle da doença, e as perdas foram estimadas em 3,1 bilhões de libras.



Para o Brasil, em uma linha cronológica partindo de meados do início dos anos 2000, houve um grande surto de febre aftosa no rebanho nacional em 2005⁴. De acordo com Garcia *et al* (2015), o registro da doença contribuiu para efeitos comerciais negativos a partir das interrupções dos fluxos de comércio por parte dos importadores, culminando em restrições de 58 mercados que representavam 87% por cento do mercado de exportação. Resultado semelhante foi examinado por Menezes *et al* (2022), que expressaram queda nas exportações de carne bovina de aproximadamente 81% no ano de 2005.

Trabalhos desenvolvidos para captar o efeito da febre aftosa trouxeram importantes conclusões a respeito dos desdobramentos sobre o Brasil. Os estudos apresentados por Bruan *et al* (2008) e Garcia *et al* (2015) compartilham resultado comum. Ambos concluem que o surto de febre aftosa não impossibilitou o crescimento das exportações brasileiras, no entanto, os estados produtores foram prejudicados por serem reconhecidos como região infectada por febre aftosa, com exigências mais rigorosas em relação à segurança alimentar da carne brasileira, sobretudo oriunda dessas regiões.

Menezes (2022) mostra reações distintas entre os principais mercados importadores. A decisão do Chile foi reduzir as importações em 97% em comparação aos anos anteriores ao surto. As restrições persistiram para os próximos quatro anos a partir de 2005. França, Rússia e Egito também paralisaram as importações, mas foi somente das regiões afetadas, e retomaram o volume comercial em dois anos. Austrália, Irã, Venezuela e Rússia também encerram as importações de forma parcial, considerando apenas as regiões que deram origem ao surto. Uma constatação interessante feita pela autora, é que embora a febre aftosa tenha sido erradicada em todo país, mercados considerados mais exigentes, como Japão, EUA e Canadá instituíram barreiras devido à vacinação periódica do rebanho brasileiro contra a doença.

Somado aos acontecimentos sanitários, o ano de 2017 é marcado pelo escândalo de corrupção entre agentes públicos e empresas exportadoras de alimentos, sobretudo as do segmento de carnes. Segundo Rocha *et al* (2020), a denominada Operação Carne Fraca realizada pela Polícia Federal brasileira, revelou atos de corrupção que expuseram a segurança alimentar dos produtos nacionais. Vieira (2017) reitera que a operação baseou-se em suspeitas de falsificação de embalagens, venda de carne vencida e produtos em desacordo com as normas técnicas de origem animal. As consequências do escândalo foram apresentadas por Rocha *et al* (2020) ao discorrerem que as exportações de carne brasileira foram reduzidas. Países membros da UE e Ásia suspenderam parcial ou totalmente a compra de carne bovina do Brasil. O comportamento de outros países importadores foi reportado por Quevedo-Silva *et al* (2020) e Barros *et al* (2017), que descrevem o efeito negativo desse escândalo sobre a qualidade da indústria brasileira, gerando desconfiança tanto do mercado interno como externo. Bion (2017) aponta redução das vendas, em apenas um dia, de 60 milhões de dólares para 74 mil dólares. Barros *et al* (2017) e Monteiro (2018) discutem as perdas estimadas de dois grandes processadores no setor, a BRF Brasil S/A e a JBS S/A, que tiveram, em conjunto, redução de 5,5 bilhões em suas ações listadas no Brasil Bolsa Balcão (B3).

Os últimos incidentes nos rebanhos brasileiros foram casos atípicos de BSE. De acordo com Ribas *et al* (2022), em setembro de 2021 o Brasil foi notificado com um caso atípico da doença vaca louca, resultando em embargos, sobretudo da China, até meados de dezembro. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2021) na ocasião

⁴ De acordo com Satur *et al* (2020), em 2001 e 2004 respectivamente o Brasil já havia registrado casos de febre aftosa no Rio Grande do Sul e Pará.



do episódio de 2021, foi observada uma queda no preço da arroba do boi gordo no mercado interno. A AgroConab (2021) destaca que o embargo chinês reduziu o preço recebido pelo produtor em aproximadamente 8,7% em relação a setembro. O último caso de BSE no país foi em fevereiro de 2023, o Brasil foi notificado com um caso atípico da doença no estado do Pará. Assim como em 2021, a China decide embargar a carne brasileira.

3. Comportamento do comércio de carne bovina brasileira sob a perspectiva da teoria dos jogos.

Para compreender o comportamento dos países atuantes no comércio internacional de carne bovina, é plausível ancorar essa perspectiva junto a aplicação da Teoria dos Jogos. De acordo com Khurana (2022), os métodos teóricos de jogos contribuem para identificar as melhores estratégias quando dois países estão em fase de negociação. É o caso do estudo desenvolvido por McGwire (2017), que analisou, por meio da representação de um jogo, o bem-estar referente às estratégias de países que implementaram tarifas. Os resultados foram confrontados com estratégias de políticas de livre comércio. Grinols e Perrelli (2006), a partir de uma situação de litígio, buscam explicar os incentivos dos países para iniciar um desacordo de comércio internacional. Para a compreensão dessas iniciáticas, os autores utilizam da teoria dos jogos e modelagem econométrica de quebras estruturais para estimar mudanças no padrão de disputas comerciais. Silva *et al* (2021), exploraram a causalidade da corrupção na Operação Carne Fraca, por meio de modelo Principal-Agente em um jogo sequencial. Verificou-se que o ambiente institucional brasileiro estimula o Agente (fiscal público) a ser corrupto, pois as punições não são severas e a probabilidade de punição é baixa. Esse resultado revela falhas na garantia da qualidade alimentar do produto nacional pela fragilidade das instituições responsáveis por essa garantia. O efeito foi a redução das exportações brasileiras como consequência dos embargos dos principais mercados importadores.

Contribuindo com os estudos já existentes, a construção do jogo pode auxiliar no entendimento de possíveis mudanças de longo prazo nas séries de tempo das exportações brasileiras de carne bovina. Tanto a modelagem econométrica quanto a aplicação da teoria dos jogos são pautadas em surtos que afetaram negativamente a atividade pecuária e seus envios a partir do Brasil. Para representar o comércio brasileiro com os principais mercados importadores, a construção do jogo é baseada na modelagem de jogos de informação incompleta. O equilíbrio de Nash nesse jogo é dado pelo equilíbrio de Nash Bayesiano. A informação incompleta relaciona-se à diferentes “estados da natureza”, gerados por pelo menos um dos jogadores por características não observadas plenamente pelos demais. Com isso, os jogadores apresentam diferentes tipos de estratégias, associados à uma probabilidade de ocorrência. Em uma estratégia pura⁵ no equilíbrio de Nash Bayesiano, cada jogador aposta na melhor resposta para a distribuição condicional das estratégias dos seus oponentes, dadas suas possíveis estratégias. Os jogadores são individuais e maximizam suas recompensas em função da distribuição de probabilidades das escolhas estratégicas dos seus rivais (MAS-COLLEL *et al*, 1995).

Para o desenvolvimento do jogo, considera-se a interação estratégica entre Brasil e os importadores de carne bovina brasileira. As suposições do modelo são: i) o Brasil pode garantir ou não todas as exigências impostas pelos importadores e pode ou não ofertar a carne bovina

⁵ De acordo com Fiani (2009, p.190), quando o jogador adota suas estratégias com certeza, ou seja, de maneira não aleatória, é considerado estratégia pura.



ao mercado internacional; ii) os parceiros comerciais podem ou não importar a carne, no entanto, a importação da carne é condicionada a um padrão mínimo de qualidade e o Brasil, como o principal fornecedor, deveria cumprir os requisitos de seus parceiros; iii) os importadores não têm conhecimento total das condições e padrões sanitários adotados pelo Brasil, existindo uma probabilidade de que o produto não cumpra os requisitos esperados.

Assim, cada parceiro comercial atribui uma probabilidade q de que a carne brasileira cumpra os requisitos necessários para o comércio, que reflete a credibilidade do Brasil frente a cada importador. Ao mesmo tempo, há uma crença de que exista uma probabilidade $(1 - q)$ de que essa carne não cumpra os requisitos sanitários. O comportamento dos importadores pela compra ou restrição ao produto brasileiro, é influenciada por essa probabilidade. A crença sobre tais probabilidades é individual a cada parceiro, de modo que existem países que podem adotar uma postura mais rígida a partir da possível insegurança do alimento.

No que diz respeito ao comprador, este possui informações das características do fornecedor e sabe apenas qual a probabilidade de o Brasil oferecer um produto do tipo confiável ou não confiável. Esse embasamento do comprador é proveniente da reputação do fornecedor, na qual ele pode apresentar comportamentos de excelência e falhas. Sinalizações vistas como negativa e que afetam a decisão dos importadores de carne bovina são caracterizadas, principalmente, pelos atributos relacionados à segurança alimentar.

Os importadores prezam pela exigência sanitária em todo o processo produtivo, garantindo um produto livre de quaisquer contaminações. Se um processo produtivo é fiscalizado e certificado, gera-se sinalização positiva para o comprador sobre garantias de segurança alimentar. No entanto, o Brasil pode sinalizar a qualidade da sua carne de maneira negativa, à luz de surtos de doenças e escândalos sobre as instituições nacionais fiscalizadoras, e perder a credibilidade do seu produto. Diante dos acontecimentos mencionados na seção anterior, o Brasil sinaliza a seus parceiros comerciais que seu produto pode ser não confiável.

Posto isso, os parceiros comerciais criam crenças em relação a confiabilidade do produto nacional. Simbolizando as probabilidades, o Brasil, quando confiável, apresenta a probabilidade p e, em ocasião contrária, apresenta probabilidade $(1 - p)$. Caso a probabilidade p seja relativamente baixa, configurando desconfiança sobre o produto brasileiro, a estratégia do importador em não adquirir o bem brasileiro pode gerar maiores *payoffs*, de modo a garantir a saúde da sua população e território. Em relação ao Brasil, esse dos parceiros reduz o seu volume de exportações e acarreta ao aumento dos gastos para atender as possíveis novas exigências do mercado. Esse comportamento é explicado pela perda de confiança no produto brasileiro.

Neste ponto, deve ser ressaltado que o comprador não possui condições e informações suficientes que o permita saber qual produto o fornecedor entrega, essa informação é escolhida pelo estado da natureza. Essa situação reflete o problema de assimetria de informação, apresentada por Akerlof (1970), como uma situação na qual uma das empresas participante da negociação possui mais informações que outra. Starbird (2005) argumenta que a informação imperfeita ocorre de forma recorrente no âmbito da segurança alimentar e pode ser motivo de grandes preocupações, pois acarretam em efeitos sociais e econômicos nocivos.

Segundo Bougherara e Grolleau (2004) a assimetria de informação entre empresas envolvidas incorre em dois problemas, seleção adversa⁶ e risco moral (*moral hazard*). Para o presente estudo, o risco moral é uma interpretação interessante para a construção do jogo. Basicamente, refere-se à possibilidade de o comprador mudar seu comportamento dado

⁶ Situação na qual uma das partes tem mais informações que a outra.

contextos sanitários que inviabilizem o consumo da carne brasileira. Estudo de Elbasha e Riggs (2003) utilizaram o modelo de risco moral para explorar os efeitos das informações imperfeitas sobre a segurança alimentar. Suas conclusões mostram que a assimetria de agrava a incidência de alimentos de baixa segurança alimentar no mercado internacional.

Diante da assimetria de informação, o fornecedor tende a adotar a estratégia de oferecer a carne. A partir dessa ação, o comprador se depara com uma crença atualizada em relação a escolha do Brasil, e caso haja percepção que o produto é do tipo confiável, representa-se como q a probabilidade de o comprador acreditar que o fornecedor é do tipo confiável. É importante ressaltar que a probabilidade q é derivada do teorema de Bayes⁷. A equação 1, adaptada de Fiani (2009, p.352) representa a probabilidade (crença) de o comprador acreditar na confiabilidade da carne brasileira.

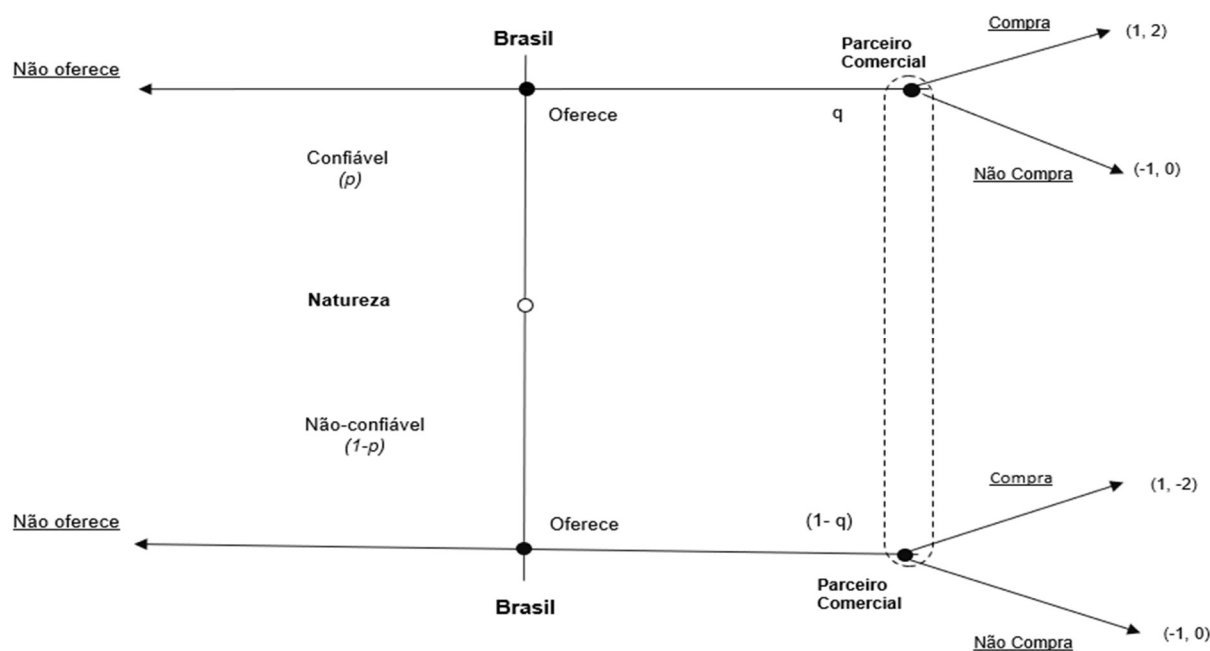
$$q = \frac{prob(CC) \times prob\left(\frac{O}{CC}\right)}{prob(CC) \times prob\left(\frac{O}{CC}\right) + prob(CNC) \times prob\left(\frac{O}{CNC}\right)} \quad (1)$$

Todos os termos são probabilidades de ocorrência: $prob(CC)$ é a probabilidade de a carne ser do tipo confiável; $prob\left(\frac{O}{CC}\right)$ é a probabilidade de a carne ser ofertada e ser do tipo confiável; $prob(CNC)$ é a probabilidade de a carne ser do tipo não confiável; $prob\left(\frac{O}{CNC}\right)$ é probabilidade de a carne ser ofertada e ser do tipo não confiável. A equação 1 revela que as crenças do comprador em acreditar na probabilidade de a carne ofertada ser do tipo confiável ou não, afeta q . Nesse sentido, quanto maior a probabilidade de a carne ofertada ser do tipo não confiável, menor será a crença do comprador em acreditar na confiabilidade do produto brasileiro

Interpretando a integração estratégica para o contexto do presente estudo, considera-se que o Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo e seus principais parceiros comerciais durante o período de 2002 a 2021. Uma possível forma representativa do jogo seria a oferta de carne confiável (p) pelo Brasil. Diante dessa decisão, seus parceiros comerciais, a partir das informações e crenças sobre a confiabilidade da carne, certamente optaria por acreditar na probabilidade de a carne ser confiável (q). Dado essas escolhas, ambos países maximizariam suas recompensas de acordo com seu conjunto de informação, apresentado na figura 1 como (1,2). É válido ressaltar que o valor dos *payoffs* é representativo para a ilustração e entendimento do jogo.

⁷ Na apresentação do teorema de Bayes, $prob(X)$ é a probabilidade de um evento X , e $prob(X/Y)$ é a probabilidade de um evento X , dado que o evento Y ocorreu Fiani (2009, p.350).

Figura 1. Jogo representativo das interações estratégicas.



Fonte: Adaptado de Fiani (2009, p.352). Elaboração própria.

Para ilustrar a interpretação do jogo, pode-se fazer uma representação para o ano de 2017, período marcado pela Operação Carne Fraca nos maiores frigoríficos exportadores do país. Apresentando essa decisão comercial no jogo representativo, o Brasil oferece uma carne não confiável ($1 - p$), e diante disso, os países alteram suas crenças e informações adicionais para comportar apreciações de que a carne brasileira é, naquele momento, de baixa confiabilidade.

Dessa maneira, a opção estratégica dos países importadores que maximiza suas recompensas é assimilar a possibilidade de a carne brasileira não ser confiável ($1 - q$), gerando um retorno $(-1, 0)$. Contudo, é necessário considerar que esse retorno não é nulo, mas positivo, uma vez que a decisão do país foi pensada na saúde humana da sua população. Em relação ao Brasil, os efeitos incidentes sobre si serão negativos. Os efeitos vão além dos embargos nas exportações, também são incorporados os gastos em fiscalização para atender as exigências do mercado e assim, reconquistar uma imagem positiva do produto nacional. Em suma, é relevante abordar que eventos como a Operação Carne Fraca coloca em risco toda a reputação que o Brasil vinha construindo a anos.

4. Metodologia

Para analisar as possíveis rupturas no comércio brasileiro de carne bovina, foi empregado a análise de quebras estruturais. O intuito é levantar informações a respeito de possíveis efeitos permanentes de crises sanitárias nas exportações de carne bovina brasileira, a partir dos principais parceiros comerciais. De acordo com Adrian Cunha et al (2008), Menezes e Bacha (2020), Stein e Flamino (2019) e Vicensotti et al (2019), algum dos principais mercados compradores da carne bovina são a Rússia, China, UE, Chile, Egito e Irã.

Abu-Bader e Abu-Qarn (2008) e Li et al (2019), realizaram análises de quebras estruturais para avaliar mudanças no comércio internacional, com intuito de investigar os efeitos do *General Agreement on Tariffs and trade* (Acordo Geral de Tarifas e Comércio - GATT) no comércio de modo geral, ou até mesmo, presumir a consequência de conexões comerciais entre países sob o panorama internacional. Maddala e Kim (1998) destacam que as quebras estruturais são observações que destoam das tendências de uma série de dados. Esse fenômeno pode ocorrer em decorrência de políticas econômicas e por eventos de caráter exógeno, como a possibilidade apresentada no atual trabalho, na qual espera-se que os eventos sanitários possam ser capazes de provocar tal ruptura durante o período analisado. Para o presente estudo, testa-se a possibilidade de presença de quebra estrutural nas exportações brasileira de carne bovina fresca, resfriada e congelada (in natura).

4.1 Teste de raiz unitária para quebras estruturais

A estrutura do teste segue os estudos de Perron (1989), Perron e Vogelsang (1992) e Vogelsang e Perron (1998), nos quais são observadas mudanças na função de tendência de uma série temporal dinâmica. Segundo, Abu-Bader e Abu-Qarn (2008), o teste relaxa suposições como dados independentes e distribuídos de forma idêntica. Além disso, o teste permite correlação serial e dados de tendência e possibilita identificar se a série estacionária ou não. Esses recursos são importantes porque as relações comerciais provavelmente exibem raízes unitárias. Por estarem em tendência na maioria dos casos, podem ser correlacionadas em série (ABU-BADER; ABU-QARN, 2008).

De acordo com Vogelsang (1999), a presença do *outlier* na série temporal com quebra estrutural pode ser testada pela seguinte expressão:

$$Y_t = \mu + \omega D(T_{AO})_t + e_t \quad (2)$$

em que $D(T_{AO}) = 1$, para $t = (T_{AO})_t$; e zero, caso contrário. A partir da estatística *t* de *student* do parâmetro ω , testa-se a hipótese da presença de quebra estrutural. Se o valor calculado exceder o valor crítico, aceita-se a hipótese da presença de outlier no período considerado (ADRIAN CUNHA et al, 2008). A presença de raiz unitária pode ser expressa de acordo com Vogelsang (1999) a partir da seguinte expressão:

$$Y_t = \mu + \alpha Y_{t-1} + \sum_{i=1}^K C_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^{k+1} \omega D(T_{AO})_{t-i} + e_t \quad (3)$$

Para testar a presença de raiz unitária, testa-se a hipótese nula do valor $\alpha = 1$ e definindo $D(T_{AO})_t = 1$, para $t = T_{AO}$; e zero, caso contrário. A partir da estatística de *student* do parâmetro α , pode-se fazer o teste de raiz unitária com os valores tabulados por Vogelsang (1999).

Segundo, Adrian Cunha et al (2008) é necessário utilizar as defasagens de $D(T_{AO})_t$ para excluir a influência do *outlier* sobre o termo ΔY_{t-i} e esse argumento fundamenta-se nos valores críticos de um Teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Uma importante constatação de Vogelsang (1999) é o fato de que quanto mais defasagens são impostas no modelo, mais variáveis *dummies* são adicionadas. A partir dessa recomendação, quando a estimação possuir



mais de uma quebra estrutural e exigir muitas defasagens, o modelo apresentará menos graus de liberdade, tornando difícil a remoção da influência dos *outliers* na série.

Para observar as possíveis rupturas do comércio de carne bovina brasileira, são analisados os dados das exportações de carne bovina fresca, resfriada e congelada, representadas em quilograma líquido⁸. As informações comerciais são extraídas do Portal de Estatística de Comércio Exterior do Brasil (Comex Stat). A amostra apresenta periodicidade mensal para o período de 2002 a 2021. O período elegido foi motivado pela evolução da pecuária bovina a partir dos anos 2000 e pela representatividade que o segmento recebeu na atividade econômica brasileira a partir de 2002. Ademais, foram escolhidos como essenciais para a análise, os países que possuem maior participação nas importações de carne bovina, como Rússia, China, União Europeia, Chile, Egito, Irã, e Estados Unidos.

5. Resultados

5.1 Análise exploratória da participação do Brasil no comércio internacional de carne bovina

A pecuária de corte vem se destacando em termos de atividade econômica no país, atingindo patamares cada vez maiores com o decorrer do tempo. De acordo com Zia *et al* (2019), o país possui o segundo maior rebanho do mundo, sendo também o maior produtor e exportador de carne bovina. Além disso, os autores notam que a participação da carne bovina nas exportações brasileiras saltou de 7,52% no ano de 2000 para 21,01% em 2018.

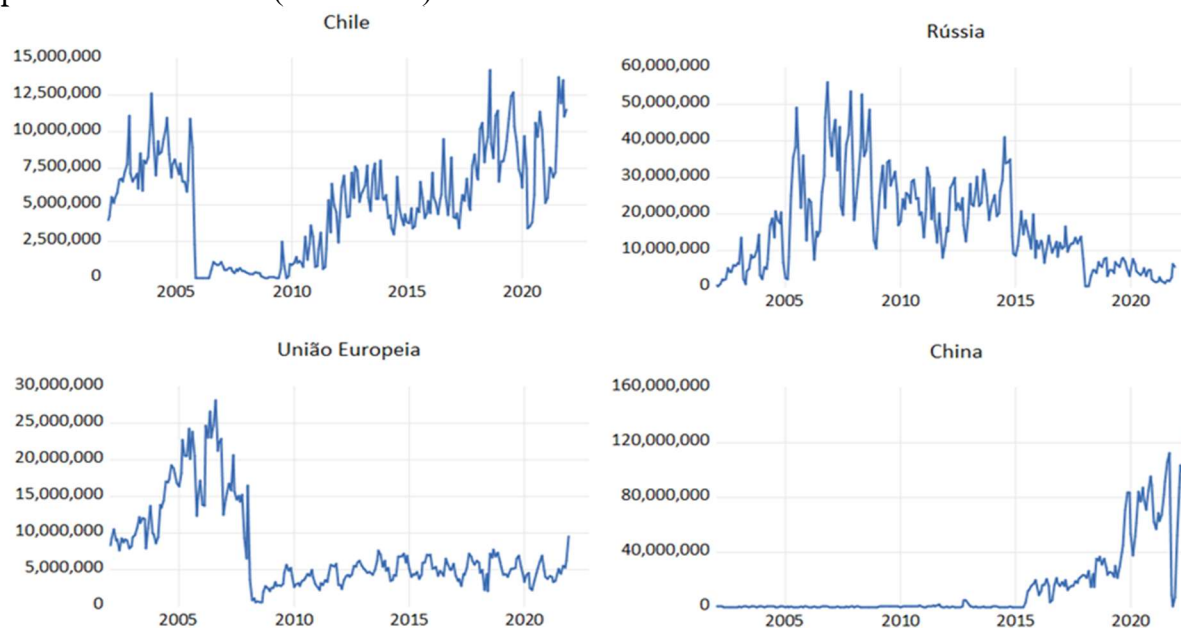
A importância brasileira dentro deste segmento no comércio internacional é reflexo de uma posição privilegiada do país em relação aos demais produtores. Segundo Vicensotti (2019) a vasta extensão territorial do Brasil e a disponibilidade de fontes de alimentos apropriadas para a criação de gado, conferem ao Brasil vantagens competitivas na produção e exportação do bem. Zucchi e Caixeta Filho (2010) acrescentam que entre os diferenciais competitivos que o Brasil possui, destaca-se a genética bovina melhorada e adaptada ao meio ambiente, tecnologia voltada para aumentar a produtividade e condições climáticas para a produção de baixo custo.

No que tange ao crescimento dessas commodities na atividade econômica do país, Forest *et al* (2014) reforçam que o Brasil assume a liderança nas exportações mundiais de carne bovina a partir de 2004, com participação de vendas em 180 países. A conquista dessa posição foi além da vantagem competitiva que o país possui, conforme Covolan (2016) a crise sanitária mundial que aconteceu em meados de 2001, com surtos de vaca louca na Europa e EUA, desencadeou um crescimento exponencial nas exportações de carne bovina brasileira.

A partir da figura 2, verifica-se que a Rússia sempre teve participação relativamente alta no volume exportado pelo Brasil, com expressiva participação a partir do de 2005. Como já mencionado, esse período coincide com a presença de febre aftosa nos rebanhos brasileiros. No entanto, Garcia *et al* (2015) afirmam que a detecção da doença não afetou o comércio com aquele país e as exportações brasileiras deram um grande salto, impulsionado pela postura do Brasil perante o controle da doença.

⁸ Peso líquido da mercadoria, desconsiderando embalagens, caixas ou quaisquer outros adicionais de transporte.

Figura 2. Volume exportado de carne fresca, resfriada e congelada para alguns dos principais parceiros comerciais (2002-2021).⁹



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do Comex Stat.

Com base nos dados recentes de exportações para a Rússia, pesquisa da ABIEC (2018) demonstra que o país é o que mais importa carne *in natura* do Brasil. A Rússia também é o país que mais injetou recursos em dólares na economia brasileira a partir das importações da *commodities*, o que representa 26% das compras de carne *in natura* em relação aos dez maiores países que importam o bem na mesma modalidade (STEIN; FLAMINO; MIRITZ, 2019).

Segundo Ferreira e Filho (2019), China e Hong Kong foram responsáveis por 44% dos embarques totais de carne bovina no Brasil no ano de 2018, o que chama atenção para esses parceiros comerciais e sua representatividade nas importações brasileiras. A partir da figura 2, observa-se que a China alavanca suas importações de carne bovina a partir de 2014. Conforme Vilela (2019), esse período foi marcado pelo fim do embargo chinês que perdurou de 2012 a 2014. Entretanto, a autora afirma que apesar do embargo, Hong Kong ampliou as importações de carne bovina em 2013 de 241,53 mil toneladas para 241,53 mil toneladas em 2014. Ferreira e Filho (2019) sugerem que esse aumento ocorrera pelo fato de Hong Kong possuir um mercado menos exigente do ponto de vista sanitário quando comparado a China, compensando o volume exportado pelas restrições chinesas.

Em relação a UE, o bloco tornou-se o principal destino das exportações de carne bovina brasileira no início dos anos 2000. Segundo Garcia (2009), das exportações totais do Brasil, aproximadamente 21% foram destinada aos países europeus. Vale (2018) esclarece que em 2006 o Brasil bateu o recorde de exportações ao mercado europeu, com mais de 400 mil toneladas embarcadas. Em 2008, o volume comercializado não atingiu 150 mil toneladas. Pela figura 2 nota-se a queda nas exportações a partir de 2008, Stein *et al.* (2019) e Florindo *et al.* (2015) discutem que essa queda é consequência de uma tendência de mudanças no padrão de consumo mundial, e a redução das exportações para grandes importadores está associada a

⁹ Os demais parceiros comerciais citados ao longo do texto foram excluídos da apresentação gráfica por não apresentarem embargos duradouros, como foi apontado ao longo do texto.



crises econômicas e problemas sanitários, como a BSE e a febre aftosa. Contudo, os autores enfatizam que essa redução foi compensada pelo aumento das importações dos países asiáticos.

5.2 Resultados do método de raiz unitária para quebras estruturais

O teste de raiz unitária para quebras estruturais de Vogelsang (1999) foi utilizado para aprofundar os efeitos sobre o comércio brasileiro de carne bovina em decorrência de eventos sanitários. É verificado o comportamento das séries de exportação para os países que são importantes importadores da carne bovina nacional. O quadro 1 mostra os resultados do teste. Nota-se, pela avaliação do p-valor com níveis de significância estatística de até 5%, que rejeita-se a hipótese nula sobre a presença de raiz unitária. As variáveis possuem uma ordem de integração do tipo I (0) para todos os países, portanto, são consideradas estacionárias em nível.

Quadro 1. Estimação do modelo de raiz unitária para quebras estruturais.

País/Bloco Comercial	Data de Quebra	Ordem de Integração	P-Valor
Chile	2005	I (0)	0.01
China	2019	I (0)	0.01
Egito	2002	I (0)	0.01
Irã	2018	I (0)	0.05
União Europeia	2008	I (0)	0.02
Rússia	2005	I (0)	0.01

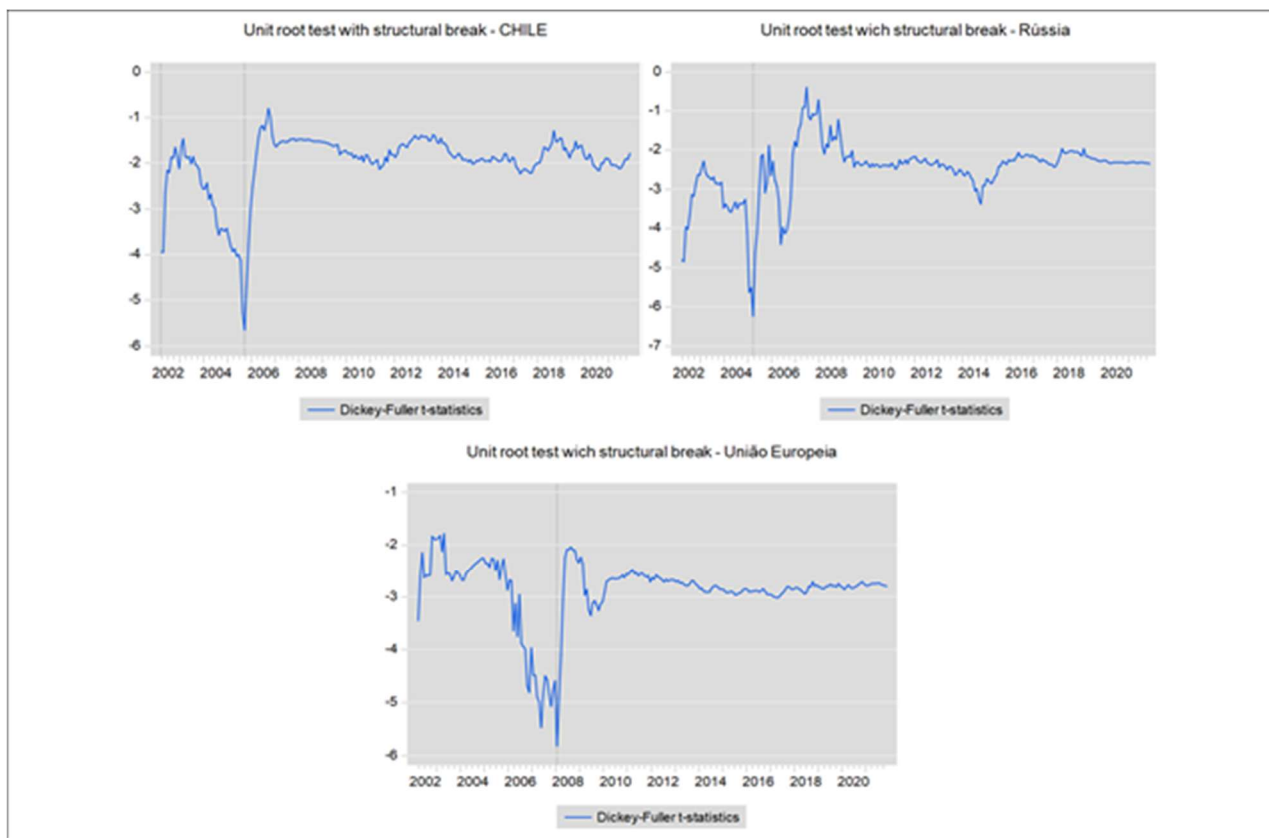
Fonte: Elaboração própria.

Em relação as datas de quebras, pode ser entendido que no Irã, Egito e China as rupturas não foram explicadas no contexto do estudo, pois os anos de quebra não coincidem com episódios sanitários no Brasil. Entretanto, para Chile e Rússia constatou-se quebras estruturais no mesmo dos surtos, com rupturas observadas em 2005. Garcia *et al* (2015) afirmam que essa data foi marcada pelo surto de febre aftosa no Mato Grosso do Sul e Paraná, estados que possuem grande participação na produção e exportação de carne bovina.

A figura 3 apresenta a quebra estrutural no Chile. Garcia *et al* (2015) ressaltam que, em 2005, o país restringir a importação de carne bovina *in natura* de todo território brasileiro, reduzindo o volume exportado de 10,13% em 2004, para 5,79% e 0,59%, em 2005 e 2006, respectivamente. Reforçando a queda na participação brasileira, Menezes (2022) adiciona que o país importou 97% menos em 2006 comparando ao ano de 2005.

O Chile, diferentemente de alguns países, reagiu de maneira drástica, estendendo embargos às importações do rebanho brasileiro em decorrência da febre aftosa e descumprindo o Princípio da Regionalização imposta pela OMC. Essa constatação ocorre pela verificação que o país expandiu suas restrições para áreas que eram consideradas livre de contaminação. Em consequência da crise sanitária de 2005, a carne brasileira levou algum tempo para retornar ao território chileno, que cedeu abertura gradual para alguns estados brasileiros com o passar dos anos. Segundo Menezes (2022), foram 4 anos para a reabertura parcial do mercado. Portanto, o Chile reagiu de maneira diferente aos demais países, demonstrado maior intolerância à carne brasileira, e possível desconfiança em relação à credibilidade sanitária do Brasil.

Figura 3. Representação gráfica do modelo de quebra estrutural para o Chile, Rússia e UE.



Fonte: Elaboração própria.

No que tange as exportações para a Rússia, o país impôs restrições às importações de carne bovina de alguns estados brasileiros. Segundo Silvia e Miranda (2005) e Satur *et al* (2020) dez estados sofreram severas proibições no comércio de animais vivos, carnes de todos os tipos, produtos processados e matérias-primas agropecuárias. Menezes *et al* (2022), discorrem que houve reduções nas exportações de carne bovina para Rússia de 23,1 mil toneladas em 2005 para 12,5 mil toneladas no ano de 2006, uma queda de aproximadamente 41%.

No que refere às exportações para a Rússia, houve um acordo com o Brasil no qual as importações de carnes permaneceram bloqueadas por 24 meses para a unidade federativa onde ocorreu o foco de febre aftosa e de 12 meses para seus estados vizinhos (SILVIA; MIRANDA, 2005). Menezes *et al* (2022) corroboram esse achado e discutem que a proibição de importação foi anulada 28 meses após a incidência do surto de febre aftosa.

Outro período de quebra estrutural, de acordo com os resultados do quadro 1 e figura 3, é observado na ocasião da ruptura nas exportações para a UE durante o ano de 2008. Apesar das possíveis contaminações de febre aftosa nos rebanhos brasileiros, o bloco econômico não agiu diferente dos demais importadores e impôs restrições à carne brasileira. No entanto, apesar de a crise sanitária ganhar maior proporção no ano de 2005, esse evento culminou em consequências futuras.

Satur *et al* (2020) e Garcia (2009) discutem que a decisão do bloco europeu de restringir a carne fresca de bovinos proveniente do Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo no ano de 2005 perdurou até meados de 2008. Ainda nesse espaço de tempo, a Beef Point (2008) reforça



que a UE, em 2008, bloqueou a compra da carne bovina brasileira dado a desobediência na identificação e registro dos animais. Outro acontecimento foi apresentado por Vale e Pereira (2018), que evidenciaram a restrição ao número de fazendas que poderiam receber o certificado para exportação, que foi concedido a apenas 300 fazendas, cerca de 3% das 10 mil cadastradas no Brasil. O autor discorre que a quantidade importada pelo bloco diminuiu 87,96% comparando os anos 2006 e 2008.

Pelas razões citadas, o efeito das restrições impostas pela UE sobre a carne bovina brasileira alterou o destino das exportações. Vale e Pereira (2018), Ivan *et al* (2019) e Vilela (2019) avaliam que o Brasil não sofreu de forma significativa com o corte, pois as exportações foram absorvidas por outros mercados, especialmente os asiáticos, como o Japão, China e Hong Kong. Posto de outra forma, o impacto dos eventos sanitários sobre os envios brasileiros a partir UE afetou o comércio bilateral de maneira significativa a ponto de ter reduções permanentes nas importações quando comparado aos anos anteriores. O mesmo não foi observado para os outros países e sobre o efeito líquido, uma vez que o Brasil alcançou novos mercados.

Contrariando as medidas adotadas pela UE, tem-se o caso do Chile, importante parceiro comercial e que também foi radical quanto as importações de carne bovina brasileira durante o período de febre aftosa. Pela figura 3 observa-se que, apesar de o Chile restringir a carne bovina nacional durante 4 anos, o país ainda possui grande participação no volume exportado. O resultado sugere que o Brasil retomou sua credibilidade de segurança alimentar.

Diante dos resultados apresentados, pode-se discutir um jogo representativo para UE, a fim de apresentar o desenho estratégico dos países em uma situação de surto. De acordo com a figura 3, nota-se que a partir de 2008 o volume das exportações muda de maneira significativa e não volta aos patamares dos anos anteriores. Ainda nesse sentido, o modelo de raiz unitária para quebras estruturais apontou uma ruptura no ano de 2008, sugerindo uma relação com as questões ligadas à qualidade sanitária da carne bovina brasileira. Para apresentar a estratégia comercial do bloco europeu em 2008, é válido voltar na representação da figura 1 e compreender como os países europeus decidiram sobre a probabilidade de a carne brasileira ser confiável. Apesar da assimetria de informação, o comprador possui informações e crenças sobre as ocorrências de febre aftosa e o não cumprimento de certificação dos rebanhos. Além disso, a sinalização de outros países, a partir dos embargos, altera a percepção sanitária do Brasil e as informações e crenças da UE.

Posto isso, (q) é afetada negativamente e o comprador adota a probabilidade de a carne brasileira não possuir qualidade ($1 - q$). A partir dessa decisão estratégica, a UE decide embargar a carne, apresentando na forma representativa do jogo a decisão de não comprar e garantindo um *payoff* positivo para o bloco econômico e repassando uma recompensa negativa para o Brasil. Os ganhos não precisam, necessariamente, ser estritamente econômicos, a recompensa recebida pela UE tem ganhos sociais e econômicos, pois os países protegem sua população e seu rebanho dos riscos relacionados à saúde humana e animal e ameniza possíveis gastos públicos dado a contaminação dos consumidores.

Em relação as recompensas do Brasil, o país recebe *payoff* negativo que, possivelmente, corresponde aos embargos, perda de credibilidade e mudanças no padrão de comércio com o bloco econômico. Uma possível consequência desse evento é a mudança permanente na trajetória das exportações para a UE, em que os episódios sanitários de 2005 a 2008 tenham sido capazes de mudar as percepções europeias sobre a qualidade do produto nacional, sobretudo quando esse atributo está ligado à segurança alimentar da carne brasileira. No entanto, o comportamento dos demais países analisados diferem do bloco europeu, indicando



que cada país reage de maneira distinta e adota as melhores estratégias dadas suas crenças e informações.

Por fim, é importante ressaltar que, diferente do esperado, o modelo apresentado não captou rupturas em períodos em que houve grandes repercussões em relação à garantia de qualidade da carne brasileira. Nesse sentido, esperava-se que a Operação Carne Fraca em 2017, e os casos atípicos de BSE, em 2021, 2022 e 2023, tivessem surtido efeitos severos no volume exportado. Entretanto, isso não foi observado pelo modelo. Argumenta-se, que após esses eventos, o Brasil tem se esforçado em fazer sinalizações corretas para elevar a credibilidade do sistema de defesa sanitário nacional frente aos parceiros de forma instantânea. Essa atitude parece ter sido bem-sucedida para a maioria dos parceiros comerciais.

6. Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi analisar as influências das crises sanitárias no comércio internacional de carne bovina brasileira, levando em consideração um período de análise de 2002 a 2021. As discussões realizadas ao longo do estudo buscam compreender como foram as reações dos parceiros comerciais diante de episódios sanitários em que a carne brasileira foi questionada em termos de qualidade e riscos à segurança alimentar. Ao mesmo tempo, uma contribuição teórica à luz de jogos bayesianos de informação imperfeita, foi implementada para ajudar na compreensão dos efeitos de decisões estratégicas, auxiliando o entendimento de resultados econométricos, dadas alterações nas crenças e informações que podem mudar o padrão de comércio entre os países.

O modelo econométrico de raiz unitária para quebras estruturais apresentou resultados esperados, indicando a influência de eventos sanitários, como a febre aftosa, na atividade pecuária brasileira em 2005. De fato, foi um momento marcado por diversos focos da doença em estados responsáveis pelos maiores rebanhos do país. As estimativas apontam para uma quebra estrutural no volume exportado para Rússia e Chile durante o surto de febre aftosa no mesmo ano de ocorrência do surto. Além disso, captou-se no ano de 2008 ruptura para a UE, motivada por questões sanitárias que ainda podem se relacionar às desconfianças em relação à carne brasileira e devido ao não cumprimento de exigências ligadas a certificação animal.

Nessa mesma perspectiva, alguns períodos de análise mostram resultados diferentes ao encontrado no modelo. Eventos sanitários mais recentes como a Operação Carne Fraca e o atípico caso de vaca louca, em 2021, não foram evidenciados na modelagem. Contudo, utilizando referências de outros estudos, notou-se que os impactos desses eventos foram negativos, e nesse sentido, o atual estudo utilizou dessas referências para fazer uma representação das decisões estratégicas de cada país e analisar o comércio diante da perspectiva sanitária do Brasil.

Com o intuito de formalizar o impacto desses eventos sanitários nas exportações brasileiras, a aplicação da teoria dos jogos foi uma contribuição para melhorar as discussões sobre a importância do Brasil em aprimorar a qualidade sanitária e assegurar uma imagem positiva para o mercado internacional. A utilização do equilíbrio bayesiano em jogos sequenciais de informação imperfeita permite compreender quais são as estratégias dos importadores frente à possibilidade de a carne brasileira ser do tipo não confiável. O jogo representativo mostrou que os retornos são negativos para o Brasil, pois esse perde em volume de exportações e ampliam-se os gastos públicos em medidas sanitárias mais robustas para atender as exigências do mercado. Os custos podem ser maiores quanto maior o tempo e os recursos necessários para que o país retome sua credibilidade no mercado internacional.



Outra contribuição do trabalho está associada à discussão sobre as possibilidades de mudança no padrão de comércio, diante de uma situação de insegurança na qualidade da carne brasileira. Nesse sentido, a literatura identifica alterações do volume exportado para a UE a partir da quebra estrutural representada pelo modelo econométrico. Analisando essa situação na forma representativa do jogo, sugere-se que existe a possibilidade de que o Brasil não ter restaurado a crença da UE em relação a qualidade da carne após o ano de 2008, ou seja, o volume exportado não se recuperou em comparação a níveis anteriores. No entanto, outra conclusão importante é que os países têm reações distintas em relação a esses eventos, o que demonstra diferentes padrões na retomada da confiabilidade na qualidade da carne brasileira.

Apesar de o Brasil ser referência mundial em termos de exportações, o país pode ser ainda mais relevante no mercado global ao aprimorar seus processos de produção, fiscalização e certificação ao se adequar às exigências internacionais. Na verdade, ainda é possível recuperar mercados que estão distantes nas negociações e também aqueles que possam vir a ser grandes consumidores no futuro. No entanto, para alcançar tal patamar o país precisa melhorar a sinalização e suas condições sanitárias.

Para estudos futuros, é recomendado elaborar uma abordagem dos desvios de comércio do Brasil que já ocorreram ao longo dos anos. Para isso, além de compreender a importância da segurança alimentar, é interessante fazer uma abordagem em relação as medidas não tarifárias. Por fim, sugere-se compreender a dinâmica dos novos mercados, de maneira que o comércio substituído realmente atenda o setor pecuário ou não.

Referências

Associação Brasileira de Frigoríficos. 2023. <http://abrafrigo.com.br/index.php/estatistica/>.

Abu-Bader, S., & Abu-Qarn, A. S. (2008). The impact of GATT on international trade: Evidence from structural break analysis. *Applied Econometrics and International Development*, 8(2).

Akerlof, G. A. (1970). The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 84.

Allaro, H. B., Kassa, B., & Hundie, B. (2011). A time series analysis of structural break time in the macroeconomic variables in Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 6(2), 392-400.

Barros, C. M. E., Lopes, I. F., & de Almeida, L. B. (2019). Efeito contágio da operação carne fraca sobre o valor das ações dos principais players do mercado de proteínas do Brasil e do México. *Enfoque: Reflexão Contábil*, 38(1), 105-122.

Beefpoint. O boi, o brinco e a União Europeia. 2008. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/editorial/o-boi-o-brinco-e-a-uniao-europeia-42322/>.

Bougherara, D., & Grolleau, G. (2002, November). Could Ecolabeling Mitigate Market Failures?. In *Conference on Ecolabels and the Greening of Food Markets* (Vol. 79).

Casagrande, R. (2002). Biological Warfare Targeted at Livestock: Because the deliberate release of disease among US livestock could have enormous consequences, scientists and policymakers must seek to prevent such a terrorist act or mitigate its effects. *BioScience*, 52(7), 577-581.

Cheeseman, J. (2016). Food security in the face of salinity, drought, climate change, and population growth. In *Halophytes for food security in dry lands* (pp. 111-123). Academic Press.



Cortes Carvalho Garcia, D., Gonçalves Cordeiro de Sá, C. V., mcmanus, C. M., & Barros de Melo, C. (2015). Impactos do surto de febre aftosa de 2005 sobre as exportações de carne bovina brasileira. *Ciência Animal Brasileira*, 16(4).

Cunha, C. A. D., Cunha, A. A., & Araujo, K. D. (2008). *Convergência de preços do boi sob presença de quebra estrutural*. Revista de Economia e Sociologia Rural.

da Silva, T. N. B., & da Silva, T. L. CAPÍTULO 2 embargos sanitários e fitossanitários à carne brasileira: Um estudo sobre as negociações com a Rússia e União Europeia. *Uma década de lea-ni no ponto extremo das américas: Negociações internacionais*, 32.

de Menezes, T. C., Countryman, A. M., Ferreira Filho, J. B. D. S., & Ferreira, F. (2022). Economic assessment of foot-and-mouth disease outbreaks in Brazil. *Q Open*

.Elbasha*, E. H., & Riggs, T. L. (2003). The effects of information on producer and consumer incentives to undertake food safety efforts: a theoretical model and policy implications. *Agribusiness: An International Journal*, 19(1), 29-42.

Fiani, Ronaldo. Teoria dos jogos com aplicações em Economia, Administração e Ciências Sociais. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009

Ferreira, M. D. P., & Vieira Filho, J. E. R. (2019). Inserção no mercado internacional e a produção de carnes no Brasil.

Florindo, T. J., Medeiros, G. I. B. D., & Mauad, J. R. C. (2015). Análise das barreiras não tarifárias à exportação de carne bovina. *Revista de Política Agrícola*, 24(2), 52-63.

Fox, J. A., & Peterson, H. H. (2004). Risks and implications of bovine spongiform encephalopathy for the United States: insights from other countries. *Food Policy*, 29(1), 45-60.

Garcia, B. P. Embargos à carne bovina brasileira: estudo de casos no âmbito dos acordos internacionais. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ghimire, A., Weiwei, F., & Zhuang, P. (2021). Does Agricultural Export Promote Nepalese Economic Growth? ARDL Approach Using Structural Break. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 275, p. 01024). EDP Sciences.

Grinols, E. L., & Perrelli, R. (2006). The WTO impact on international trade disputes: an event history analysis. *The Review of Economics and Statistics*, 88(4), 613-624.

Silva, t. G. R., & Miranda, s. H. (2005). A febre aftosa e os impactos econômicos no setor de carnes. *Piracicaba: cepea*.

Hailegiorgis, B. A., Belay, K., & Bekele, H. (2011). A time series analysis of structural break time in the macroeconomic variables in Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 6(2), 392-400.

Hernandez-Jover, M., Culley, F., Heller, J., Ward, M. P., & Jenson, I. (2021). Semi-quantitative food safety risk profile of the Australian red meat industry. *International Journal of Food Microbiology*, 353, 109294.

Khurana, C. (2022). Review of Game Theory Applications in International in Trade. *International Journal of English Literature and Social Sciences*, 7, 196-206.

Li, C. Y., Lai, A. C., Wang, Z. A., & Hsu, Y. C. (2019). The preliminary effectiveness of bilateral trade in China's belt and road initiatives: A structural break approach. *Applied Economics*, 51(35), 3890-3905.

Maddala, G. S., & Kim, I. M. (1998). Unit roots, cointegration, and structural change.

Mapa. Ministry of agriculture, livestock and supply. (2021). Nota conjunta MAPA-mre sobre a retomada das exportações brasileiras de carne bovina para a china. Brasília. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/nota-conjunta-mapa-mre-sobre-a-retomadadas-exportacoes-brasileiras-de-carne-bovina-para-a-china>



Martins, M. M. V., & Burnquist, H. L. (2020). Análise da heterogeneidade regulatória no comércio agrícola. *Revista de Política Agrícola*, 29(3), 115.

Martins, M. M. V., & da Silva, J. V. B. (2021). As implicações das políticas reguladoras relacionadas à peste suína africana no comércio internacional. *Revista de Economia e Agronegócio*, 19(3), 1-30.

Mas-Colell, A., Whinston, M. D., & Green, J. R. (1995). *Microeconomic theory* (Vol. 1). New York: Oxford university press.

MccGwire, J. (2017). A game theory analysis of Donald Trump's proposed tariff on Chinese exports. *The Student Economic Review*, 31, 69-77.

Menezes, T. C. D., & Bacha, C. J. C. (2020). Mudanças nos destinos das exportações brasileiras de carne bovina. *Revista de Política Agrícola*, 29(2), 50.

Menezes, T. C. D. (2022). *Effects of foot-and-mouth disease on the Brazilian economy: a computable general equilibrium analysis* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Miranda, S. H. G., da Cunha Filho, J. H., Burnquist, H. L., Barros, G. S. A. D. C., de Oliveira, F., Costa, S. M. A. L., & Dulley, R. D. (2004). Normas sanitárias e fitossanitárias: proteção ou protecionismo. *Revista de Informações Econômicas*, SP, v.34, n.2, fev. 2004

Rocha, A. P., Borrero, M. A. V., & Saith, W. (2020). Análise das Exportações de Carne Bovina dos Estados de Rondônia e Paraná: o impacto da operação Carne Fraca. *Revista ciências da sociedade*, 4(7), 48-68.

Perron, P. (1990). Testing for a unit root in a time series with a changing mean. *Journal of Business & Economic Statistics*, 8(2), 153-162.

Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1361-1401.

Quevedo-Silva, F., Freire, O., & Spanhol-Finocchio, C. P. (2020). "Carne Fraca" Crisis in Brazilian beef processing and the effect of the media on consumers' purchase behaviour. *British Food Journal*, 122(2), 722-735.

Reardon, T., & Farina, E. (2001). The rise of private food quality and safety standards: illustrations from Brazil. *The International Food and Agribusiness Management Review*, 4(4), 413-421.

Shakeel, M. (2021). Economic output, export, fossil fuels, non-fossil fuels and energy conservation: evidence from structural break models with VECMs in South Asia. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(3), 3162-3171.

Silva, J. G., Carvalho, L. V., & Oliveira, L. V. N. (2021). A corrupção e seus efeitos no mercado de alimentos: o caso da operação "carne fraca". *Economic Analysis of Law Review*, 12(2), 3-23.

Starbird, S. A. (2005). Moral hazard, inspection policy, and food safety. *American Journal of Agricultural Economics*, 87(1), 15-27.

Stein, I. C. V., Flamino, L. G., & Miritz, L. D. (2019). Descrição do mercado internacional e brasileiro de carne bovina no período de 2008 a 2017. *Revista Científica Agropampa*, 1(1), 1-14.

Taha, F. A., & Hahn, W. F. (2014). The impact of BSE on US exports of beef and pork. *Agribusiness*, 30(1), 5-16.

Thompson, D., Muriel, P., Russell, D., Osborne, P., Bromley, A., Rowland, M., ... & Brown, C. (2002). Economic costs of the foot and mouth disease outbreak in the United Kingdom in 2001. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 21(3), 675-687.



USDA- Foreign Agriculture Service, Market and Trade Data. PSD online. 2023.
<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>

Vale, A. R. V., & Pereira, W. (2019). Disputas e barreiras não-tarifárias no comércio agrícola: as exportações de carne bovina brasileira entre 2006 e 2015. *Revista Brasileira de Políticas Públicas e Internacionais-RPPI*, 3(2), 01-28.

Vicensotti, J. M., Montebello, A. E. S., & Marjotta-Maistro, M. C. (2019). Competitividade brasileira no comércio exterior da carne bovina. *Revista IPecege*, 5(1), 7-18.

Vieira, E. D. S. (2017). Defesa Agropecuária e Inspeção de Produtos de Origem Animal: uma breve reflexão sobre a Operação Carne Fraca e possíveis contribuições ao aprimoramento dos instrumentos normativos aplicáveis ao setor. *Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado*.

Vilela, Marina de Paula. Estimação da oferta e da demanda de exportação de carne bovina brasileira para a Ásia no período de 2002 a 2017. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Vogelsang, Timothy J. Two simple procedures for testing for a unit root when there are additive outliers. *Journal of time series analysis*, v. 20, n. 2, p. 237-252, 1999.

Webb, M., Gibson, J., & Strutt, A. (2018). The impact of diseases on international beef trade: Market switching and persistent effects. *Food Policy*, 75, 93-108.

Zia, M., Hansen, J., Hjort, K., & Valdes, C. (2019). Brazil once again becomes the world's largest beef exporter. *Amber Waves: The Economics of Food, Farming, Natural Resources, and Rural America*, 2019(1490-2020-722).

Zucchi, J. D., & Caixeta-Filho, J. V. (2010). Panorama dos principais elos da cadeia agroindustrial da carne bovina brasileira. *Informações Econômicas*, 40(1), 18-33.