

VOLATILIDADE CAMBIAL E O DESEMPENHO EXPORTADOR DA CARNE BOVINA CONGELADA NO BRASIL: UMA ANÁLISE ECONOMETRICA (2001-2024)

EXCHANGE RATE VOLATILITY AND THE EXPORT PERFORMANCE OF FROZEN BEEF IN BRAZIL: AN ECONOMETRIC ANALYSIS (2001-2024)

Artigo recebido em: 23/1/2026

Artigo aceito em: 24/4/2026

Marcos Samuel Matias Ribeiro*

*Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Paragominas, Pará, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2448455825508406>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7558-7035>

marcos.matias@ufra.edu.br

Ricardo Medeiros*

*Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Paragominas, Pará, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6959468309728824>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8298-5039>

ricardo.medeiros@ufra.edu.br

Fernando Rocha Palácios*

*Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Paragominas, Pará, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2052273006824476>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9706-5083>

fernando.palacios@ufra.edu.br

David Costa Correia Silva*

*Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Paragominas, Pará, Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7903681293675273>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6061-6665>

david.silva@ufra.edu.br

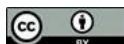
The authors declare that there is no conflict of interest

Resumo

Este estudo investiga a influência da variação cambial do Real frente ao Dólar Americano nas exportações brasileiras de carne bovina congelada, um setor de impacto significativo no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Dada a sensibilidade do comércio exterior às flutuações cambiais, que podem alterar a competitividade dos produtos nacionais no mercado internacional, a pesquisa analisa econometricamente dados mensais de 2001 a 2024. Para tanto, foram aplicados testes de estacionariedade (Dickey-Fuller Aumentado), autocorrelação (FAC e FACP), Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e o teste de cointegração de Engle-Granger para verificar a existência de uma relação de equilíbrio de longo prazo. Os resultados obtidos indicam forte influência da taxa de câmbio no volume de carne bovina congelada exportado, com evidências robustas de estacionariedade e cointegração entre as séries. Conclui-se que a desvalorização

Abstract

This study investigates the influence of the exchange rate fluctuation of the Brazilian Real against the US Dollar on Brazilian frozen beef exports, a sector with a significant impact on Brazil's Gross Domestic Product (GDP). Given the sensitivity of foreign trade to exchange rate fluctuations, which can alter the competitiveness of national products in the international market, this research econometrically analyzes monthly data from 2001 to 2024. To this end, stationarity tests (Augmented Dickey-Fuller), autocorrelation tests (ACF and PACF), Ordinary Least Squares (OLS), and the Engle-Granger cointegration test were applied to verify the existence of a long-run equilibrium relationship. The results indicate a strong influence of the exchange rate on the volume of frozen beef exported, with robust evidence of stationarity and cointegration between the series. It is concluded that the depreciation of the national currency makes the product more



da moeda nacional torna o produto mais atrativo para compradores internacionais, impulsionando o volume exportado. Essas descobertas oferecem insights valiosos para o planejamento estratégico de pecuaristas e frigoríficos.

Palavras-chave: Exportação. Carne Bovina Congelada. Taxa de Câmbio. Cointegração. Análise Econométrica.

attractive to international buyers, boosting export volumes. These findings offer valuable insights for the strategic planning of cattle ranchers and slaughterhouses.

Keywords: *Export. Frozen Beef. Exchange Rate. Cointegration. Econometric Analysis.*

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro consolidou-se como um dos pilares da economia nacional, apresentando um crescimento notável e uma contribuição expressiva para o Produto Interno Bruto (PIB) do país. Em 2023, por exemplo, o PIB da agropecuária expandiu-se em 15,1%, sendo responsável por 44,2% do crescimento total do PIB nacional, que atingiu 2,9% (CNA, 2024). Dentro deste cenário, a pecuária bovina se destaca, com o Brasil sendo o segundo maior produtor mundial e líder em volume de exportações de carne. A dimensão territorial dedicada à pecuária, que abrange mais de 5 milhões de propriedades e 159,5 milhões de hectares de pastagem, sublinha a relevância intrínseca dessa atividade para a dinâmica econômica brasileira (IBGE, 2017).

As exportações de carne bovina congelada representam um componente vital dessa performance, impulsionando a balança comercial e gerando divisas. Conforme dados recentes, estados como Mato Grosso (US\$ 2,7 bilhões), São Paulo (US\$ 2,4 bilhões) e Goiás (US\$ 1,7 bilhões) foram proeminentes em 2024, evidenciando a robustez da infraestrutura e logística exportadora do Brasil (Comex Stat, 2024). O país atende a uma demanda global crescente, com mercados compradores tradicionais como China, Estados Unidos (EUA) e Chile, e a recente abertura para novos destinos como México e República Dominicana (MAPA, 2024). Notavelmente, o Brasil tem se consolidado como o maior fornecedor de carne bovina para os EUA, com as exportações para este país mais que dobrando entre 2024 e 2025 (United States Department of Agriculture, 2025, citado por GOV, 2024).

Nesse contexto dinâmico e de alta competitividade no mercado internacional, a taxa de câmbio emerge como um dos fatores mais influentes no desempenho das exportações brasileiras. A taxa de câmbio, definida como o preço da moeda estrangeira em relação à moeda nacional, atua diretamente sobre os preços relativos dos bens

produzidos internamente e ofertados externamente. A desvalorização da moeda nacional, como o Real frente ao Dólar Americano, tende a tornar os produtos brasileiros mais competitivos e atrativos para os compradores estrangeiros, uma vez que o custo em suas moedas se torna menor (Sabadin, 2006; Nakabashi; Cruz; Scatolin, 2008). Por outro lado, a valorização cambial pode comprometer a competitividade, resultando em perda de mercados. Setores altamente inseridos no comércio exterior, como a pecuária, são particularmente sensíveis a essas flutuações cambiais.

Diante da significativa contribuição do setor de carne bovina para a economia brasileira e da reconhecida influência da taxa de câmbio nas exportações, esta pesquisa se propõe a investigar a seguinte questão: As exportações de carne bovina congelada do Brasil são influenciadas pela volatilidade cambial do Real frente ao Dólar Americano?

Com o objetivo de identificar e avaliar o grau da relação entre a variação cambial e o volume exportado de carne bovina congelada brasileira, este estudo emprega uma abordagem econométrica de séries temporais. Partindo do pressuposto que a desvalorização cambial pode tornar o preço do produto mais acessível, impulsionando a demanda externa, serão utilizados dados mensais abrangendo o período de 2001 a 2024. O trabalho busca, por meio de testes estatísticos como Dickey-Fuller Aumentado (ADF), Função de Autocorrelação (FAC), Função de Autocorrelação Parcial (FACP), Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e o teste de cointegração de Engle-Granger, verificar a existência de uma relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis.

Esta análise oferece uma contribuição relevante para a compreensão da dinâmica do comércio exterior brasileiro no setor de proteína animal, fornecendo insights fundamentais para formuladores de políticas públicas, pecuaristas e frigoríficos na elaboração de estratégias que mitiguem riscos e otimizem oportunidades em um cenário de volatilidade cambial.

O restante do artigo está estruturado da seguinte forma: A seção 2 apresenta a fundamentação teórica, abordando o panorama da produção pecuária no Brasil, as exportações de carne bovina e os conceitos de variação cambial e seus efeitos no comércio exterior. A seção 3 detalha a metodologia, incluindo a obtenção e tratamento das variáveis e os elementos dos testes econométricos. A seção 4 discute os resultados e as análises, enquanto a seção 5 apresenta as conclusões do estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção estabelece o arcabouço teórico para a análise da relação entre a taxa de câmbio e as exportações de carne bovina congelada no Brasil. Primeiramente, será delineado o panorama atual do setor pecuário brasileiro, destacando sua relevância econômica e posição no mercado global. Em seguida, serão explorados os conceitos e os efeitos da variação cambial no comércio exterior, introduzindo as principais teorias que explicam essa dinâmica. Por fim, será apresentada a justificativa para a aplicação da cointegração como ferramenta analítica para investigar a relação de longo prazo entre as variáveis estudadas.

2.1 O setor de carne bovina no Brasil: panorama atual e relevância econômica

O Brasil detém uma posição de destaque no cenário global da produção e exportação de carne bovina, sendo o segundo maior produtor e líder mundial em volume de exportações. Esta posição reflete não apenas a vasta dimensão territorial dedicada à pecuária — com mais de 5 milhões de propriedades rurais e aproximadamente 159,5 milhões de hectares de pastagem (IBGE, 2017) — mas também o contínuo investimento em tecnologia e manejo que elevou a produtividade e a qualidade do produto brasileiro. A atividade pecuarista, portanto, é um motor significativo para a economia nacional, gerando emprego, renda e contribuindo substancialmente para o Produto Interno Bruto (PIB) (ABIEC, 2016).

Em termos de desempenho econômico, a agropecuária como um todo tem impulsionado o crescimento do PIB brasileiro. Entre 2022 e 2023, o setor registrou uma expansão de 15,1%, sendo responsável por uma parcela considerável (44,2%) do crescimento total do PIB nacional em 2023 (CNA, 2024). Especificamente nas exportações de carne bovina fresca, refrigerada ou congelada, o Brasil demonstra capacidade logística e infraestrutura para atender à demanda global. Em 2024, estados como Mato Grosso, São Paulo e Goiás registraram bilhões de dólares em exportações, consolidando o Brasil como um fornecedor confiável no mercado internacional (Comex Stat, 2024).

Os principais destinos incluem mercados consolidados como China, Estados Unidos e Chile, e recentemente expandiu para novas fronteiras como México e República

Dominicana, evidenciando a crescente inserção do produto brasileiro no comércio exterior (Mapa, 2024). A imponência do Brasil como exportador é sublinhada pela sua posição como o maior fornecedor para os Estados Unidos, o segundo maior importador de carne bovina, com as exportações para este país mais que duplicando entre 2024 e 2025 (United States Department of Agriculture, 2025, citado por GOV, 2024).

2.2 Dinâmica cambial e seus impactos no comércio exterior

2.2.1 Conceito de taxa de câmbio

A taxa de câmbio é um dos preços macroeconômicos mais cruciais em economias abertas, funcionando como o elo entre os mercados doméstico e internacional. Ela é definida como o preço de uma moeda em termos de outra, ou seja, a quantidade de moeda nacional necessária para adquirir uma unidade de moeda estrangeira. Sua importância reside na capacidade de expressar a competitividade externa de um país, influenciando diretamente as transações de bens, serviços e capitais com o restante do mundo (Nakabashi; Cruz; Scatolin, 2008). Flutuações nessa taxa têm implicações diretas sobre os preços relativos e a lucratividade das operações de comércio exterior.

2.2.2 Efeitos da variação cambial nas exportações

A variação cambial é um determinante fundamental do desempenho das exportações de um país. A teoria econômica convencional postula que a desvalorização da moeda nacional (um aumento na taxa de câmbio nominal, e.g., mais reais por dólar) tende a tornar os produtos domésticos mais baratos para os compradores estrangeiros, aumentando sua competitividade no mercado internacional e, conseqüentemente, impulsionando as exportações (Sabadin, 2006; Nakabashi; Cruz; Scatolin, 2008). Enquanto de maneira oposta, a valorização cambial eleva o preço dos bens nacionais para estrangeiros, o que pode reduzir a demanda externa e prejudicar as exportações.

Contudo, a efetividade dessa relação não é trivial e depende de diversos fatores, como a Condição de Marshall-Lerner, um princípio fundamental na economia internacional. Esta condição estabelece que a desvalorização cambial só levará a uma melhoria da balança comercial se a soma das elasticidades-preço da demanda por

exportações e importações (em valor absoluto) for maior que a unidade (Krugman; Obstfeld; Melitz, 2018). Para commodities como a carne bovina, que frequentemente enfrentam demanda relativamente elástica no mercado internacional, a desvalorização pode ser particularmente eficaz em aumentar a competitividade e o volume exportado, desde que a condição seja satisfeita.

Outro conceito relevante é o Pass-Through da Taxa de Câmbio, que descreve a extensão pela qual as variações na taxa de câmbio se refletem nos preços de importação e exportação de uma economia (Goldberg; Knetter, 1997). Um pass-through completo implicaria que toda a desvalorização cambial é repassada para os preços em moeda estrangeira, tornando os produtos proporcionalmente mais baratos. No entanto, o pass-through pode ser incompleto devido a diversos fatores, como o poder de mercado das empresas, custos de insumos importados ou estratégias de precificação. A forma como o setor de carne bovina absorve e repassa essas variações para os preços finais é crucial para determinar o impacto real da taxa de câmbio no volume das exportações.

Em suma, a variação da taxa de câmbio afeta a estrutura produtiva econômica ao influenciar diretamente as margens de lucro dos exportadores (maior receita em moeda nacional por unidade exportada), os custos de insumos (especialmente se houver componentes importados na cadeia de produção) e, em última instância, o volume e a rentabilidade das exportações. Setores intensivamente voltados para o comércio exterior, como o agronegócio da carne bovina, são intrinsecamente sensíveis a essas dinâmicas, o que pode tanto promover investimentos e expansão da produção exportável quanto levar à perda de mercados em cenários de valorização cambial sustentada (Nakabashi; Cruz; Scatolin, 2008).

2.3 Cointegração: ferramenta para análise de equilíbrio de longo prazo

Dada a natureza persistente e muitas vezes tendenciosa das séries temporais econômicas, como a taxa de câmbio e o volume de exportações, a simples análise de correlação pode levar a inferências espúrias. Variáveis econômicas frequentemente movem-se em conjunto ao longo do tempo, mantendo uma relação de equilíbrio de longo prazo, mesmo que apresentem desvios e flutuações no curto prazo. Este fenômeno é conhecido como cointegração.

A cointegração permite identificar se duas ou mais séries temporais não

estacionárias compartilham uma tendência estocástica comum, ou seja, se existe uma combinação linear dessas séries que seja estacionária. Se essa relação estacionária for identificada, sugere-se que as variáveis estão ligadas por uma força econômica fundamental que as mantém em equilíbrio a longo prazo (Caldeira, 2011).

No contexto deste estudo, a aplicação de testes de cointegração é fundamental para determinar se a taxa de câmbio e o volume de exportações de carne bovina congelada possuem uma relação de equilíbrio de longo prazo, fornecendo uma base sólida para entender a persistência da influência cambial no setor. Esta abordagem é mais robusta do que a mera análise de correlação, pois válida a existência de um vínculo econômico estrutural entre as variáveis ao longo do tempo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção detalha a abordagem metodológica empregada para investigar a influência da variação cambial nas exportações brasileiras de carne bovina congelada. A pesquisa adota um delineamento quantitativo, com foco na análise de séries temporais. Serão apresentadas as fontes de dados, o tratamento das variáveis e a estratégia econométrica, incluindo os testes de estacionariedade, autocorrelação, Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e o teste de cointegração de Engle-Granger.

3.1 Delineamento da pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, buscando solucionar uma questão prática relativa ao desempenho das exportações brasileiras de carne bovina congelada frente à volatilidade cambial. Adotando-se uma abordagem quantitativa, por utilizar variáveis numéricas para testar hipóteses. O método é hipotético-indutivo, partindo da observação dos fenômenos cambiais e de exportação para formular e testar uma hipótese específica. Conforme seus objetivos, o estudo também é classificado como explicativo, pois visa esclarecer fatores determinantes para a existência de uma relação de longo prazo entre a variação cambial e o volume de carne bovina congelada exportado (Prodanov; Freitas, 2013; Sakamoto; Silveira, 2014).

Assim, a hipótese nula (H_0) a ser testada é a de que não há relação de longo prazo (cointegração) entre a variação cambial e a exportação de carne bovina congelada. A

rejeição desta hipótese nula, mediante a identificação de resíduos estacionários de uma relação de equilíbrio, indicará a presença de cointegração entre as variáveis (Caldeira, 2011).

3.2 Coleta e tratamento de dados

Para análise, foram coletados dados mensais referentes ao período de janeiro de 2001 a dezembro de 2024, considerando as seguintes variáveis:

- Exportações de Carne Bovina Congelada (volume em kg): Os dados foram obtidos do portal COMEX STAT, mantido pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). Para a coleta, na seção "Dados Gerais", foram selecionados os dados de exportação no período de 2001 a 2024, utilizando o filtro "SH4" no campo "Posição" e buscando o termo "bovina", selecionando o item "0202 – Carnes de animais da espécie bovina, congeladas".
- Taxa de Câmbio (R\$/US\$): Esta variável foi coletada do website do IPEADATA. A busca foi realizada pelo termo "câmbio", selecionando a opção "Taxa de câmbio - R\$ / US\$ - comercial - venda – média". Esta série corresponde à média das taxas de venda para o período de referência.

Ambas as séries temporais foram organizadas em planilha no Microsoft Excel. Para a análise econométrica, as séries foram transformadas para sua forma logarítmica natural. Essa transformação é comumente utilizada em estudos de séries temporais com variáveis econômicas para estabilizar a variância, linearizar relações não-lineares e permitir que os coeficientes da regressão sejam interpretados como elasticidades, o que é apropriado para variáveis como volume e taxa de câmbio. A análise econométrica foi realizada utilizando o software Gretl (Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library), que se destaca pela sua interface intuitiva e capacidade de estimar modelos econométricos de forma simplificada (Vartanian *et al.*, 2013).

3.3 Estratégia econométrica

A estratégia econométrica empregada visa a verificar a existência de uma relação de cointegração entre a taxa de câmbio e o volume exportado de carne bovina congelada. Este procedimento segue os passos propostos por Engle e Granger (1987), demandando

que as séries sejam não estacionárias em nível, mas estacionárias em suas primeiras diferenças.

3.3.1 Verificação de estacionariedade

A estacionariedade das séries temporais é uma condição fundamental para evitar regressões espúrias e garantir a validade dos testes estatísticos. Uma série estacionária possui média, variância e autocovariância constantes ao longo do tempo. A ausência de estacionariedade (presença de raiz unitária) indica que a série tem uma tendência estocástica e que choques não se dissipam (Silveira *et al.*, 2022).

Para avaliar a estacionariedade da taxa de câmbio e do volume de exportações, foi aplicado o Teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). A hipótese nula (H_0) do teste ADF é que a série possui uma raiz unitária (não é estacionária). A rejeição de H_0 implica que a série é estacionária. A Equação (1) representa o teste ADF:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta_t + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

no qual:

Δy_t é a diferença da série y , ($y_t - y_{t-1}$)

α é o termo constante.

β_t é o coeficiente de tendência (opcional).

γ é o coeficiente que será testado para determinar se $|\gamma| = 0$, a série possui raiz unitária.

$\sum_{i=1}^p \delta_i \Delta y_{t-1}$ representa a soma de “p” termos defasados das diferenças, controlando para a autocorrelação residual.

ε_t é o termo de erro

Além do teste ADF, foram empregadas a Função de Autocorrelação (FAC) e a Função de Autocorrelação Parcial (FACP). A FAC mede a correlação entre uma série e suas defasagens passadas, enquanto a FACP mede a correlação entre uma série e suas defasagens, controlando pela influência das defasagens intermediárias. Um decaimento lento da FAC e valores significativos da FACP em diversas defasagens são indícios de não estacionariedade, enquanto um decaimento rápido (principalmente após a primeira defasagem) sugere estacionariedade (Oliveira, 2012; Silva *et al.*, 2016).

3.3.2 Teste de cointegração de Engle-Granger

Para investigar a existência de uma relação de equilíbrio de longo prazo entre a taxa de câmbio e o volume exportado de carne bovina congelada, será utilizado o teste de cointegração de Engle-Granger (Engle; Granger, 1987). Este método é apropriado para o caso bivariado e consiste em duas etapas principais:

1. Estimação da Relação de Longo Prazo: Primeiramente, uma regressão linear é estimada utilizando o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) para encontrar a relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis, conforme a Equação (2):

$$Exp_t = \alpha + \theta TC_t + e_t \quad (2)$$

no qual:

- Exp_t representa o logaritmo do volume exportado de carne bovina congelada no tempo
- TC_t representa o logaritmo da taxa de câmbio no tempo $\$/\$$.
- α é o termo constante.
- θ é o coeficiente de cointegração, que reflete a elasticidade de longo prazo das exportações em relação à taxa de câmbio.
- e_t são os resíduos da regressão, que representam os desvios da relação de longo prazo em cada período.

2. Teste de Estacionariedade dos Resíduos: A segunda etapa consiste em aplicar um teste de raiz unitária (como o ADF) sobre os resíduos (e_t) obtidos da regressão de MQO. Se os resíduos forem estacionários, isso indica que as séries Exp_t e TC_t são cointegradas, ou seja, existe uma relação de equilíbrio de longo prazo entre elas, e os desvios de curto prazo tendem a ser corrigidos ao longo do tempo. A hipótese nula para o teste ADF nos resíduos é que os resíduos não são estacionários (H_0 : os resíduos têm raiz unitária). A rejeição dessa hipótese confirma a cointegração. A Equação (3) descreve o teste ADF aplicado aos resíduos:

$$\Delta e_t = \gamma e_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta e_{t-1} + v_t \quad (3)$$

no qual:

- Δe_t é a primeira diferença dos resíduos.
- γ é o coeficiente a ser testado.
- v_t é o termo de erro.

Adicionalmente, para complementar a análise da relação, será calculado o coeficiente de Correlação de Pearson (ρ), que mede a força e a direção da associação linear entre as duas variáveis. Os valores de ρ variam de -1 a 1, com valores próximos a 1 indicando uma forte correlação positiva, e valores próximos a -1 indicando uma forte correlação negativa. A Tabela 1, adaptada de Rumsey (2014), apresenta a classificação da força da correlação:

Tabela 1: Coeficiente de Correlação de Pearson

Definição	ρ
Correlação muito fraca	0,00 a 0,19
Correlação fraca	0,20 a 0,39
Correlação moderada	0,40 a 0,69
Correlação forte	0,70 a 0,89
Correlação muito forte	0,90 a 1,00

Fonte: Elaboração própria a partir de Rumsey (2014).

A significância estatística dos testes será avaliada por meio do p-valor. Um p-valor inferior a 0,05 (ou 5%) resultará na rejeição da hipótese nula, indicando significância estatística. No Gretl, asteriscos acompanham o p-valor para indicar os níveis de significância de 1%, 5% e 10%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados da análise econométrica sobre a influência da taxa de câmbio nas exportações brasileiras de carne bovina congelada. Os achados são discutidos à luz da fundamentação teórica e das implicações para o mercado.

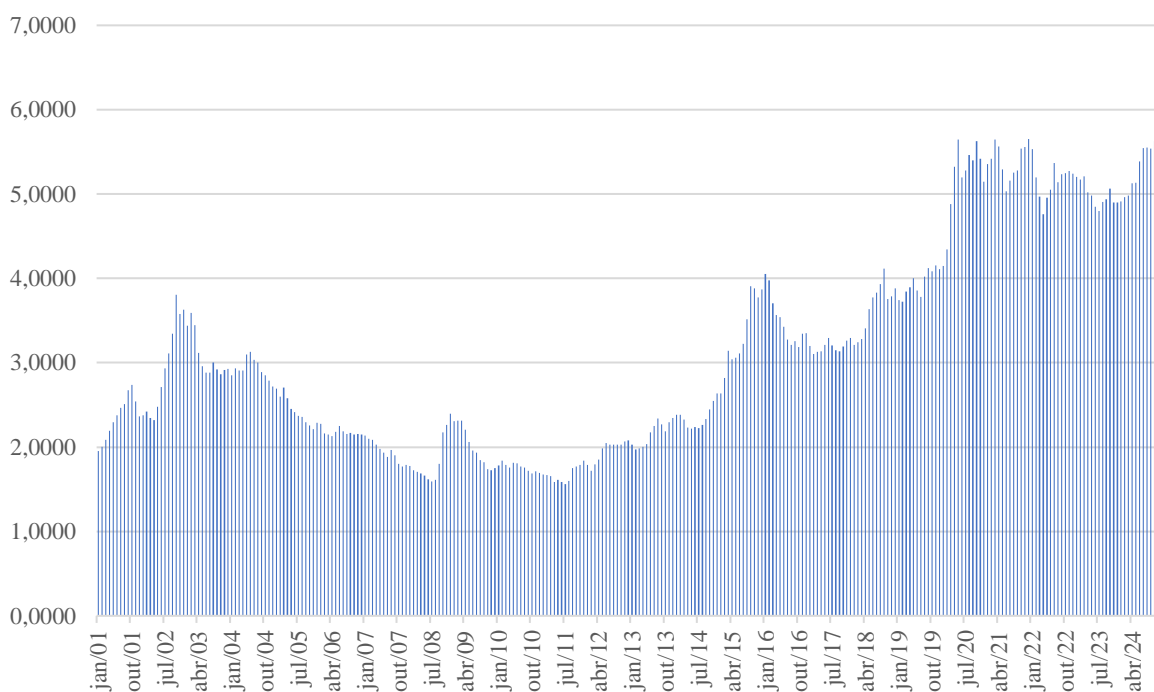
4.1 Análise descritiva do comportamento das variáveis

A análise preliminar das séries temporais de taxa de câmbio (R\$/US\$) e das exportações de carne bovina congelada (kg), entre janeiro de 2001 e dezembro de 2024,

revela padrões de evolução distintos, mas com tendências de convergência em certos períodos.

A Figura 1 ilustra a trajetória da taxa de câmbio nominal do Real frente ao Dólar Americano, evidenciando as flutuações e as tendências de valorização e desvalorização da moeda brasileira ao longo do período. Observa-se que a menor taxa foi registrada em 2011 (R\$ 1,5639/US\$), enquanto a maior ocorreu em 2024 (R\$ 6,0970/US\$). O período entre 2005 e 2014, com taxas abaixo de R\$ 2,7047/US\$, reflete um cenário de Real mais valorizado, enquanto a partir de 2015, as taxas se mantiveram em patamares mais elevados, culminando no ápice em 2024. Essa dinâmica cambial é crucial, pois, como discutido na Seção 2, a desvalorização da moeda nacional tende a tornar os produtos exportáveis mais competitivos.

Figura 1: Taxa de câmbio (R\$/US\$) (2001–2024).

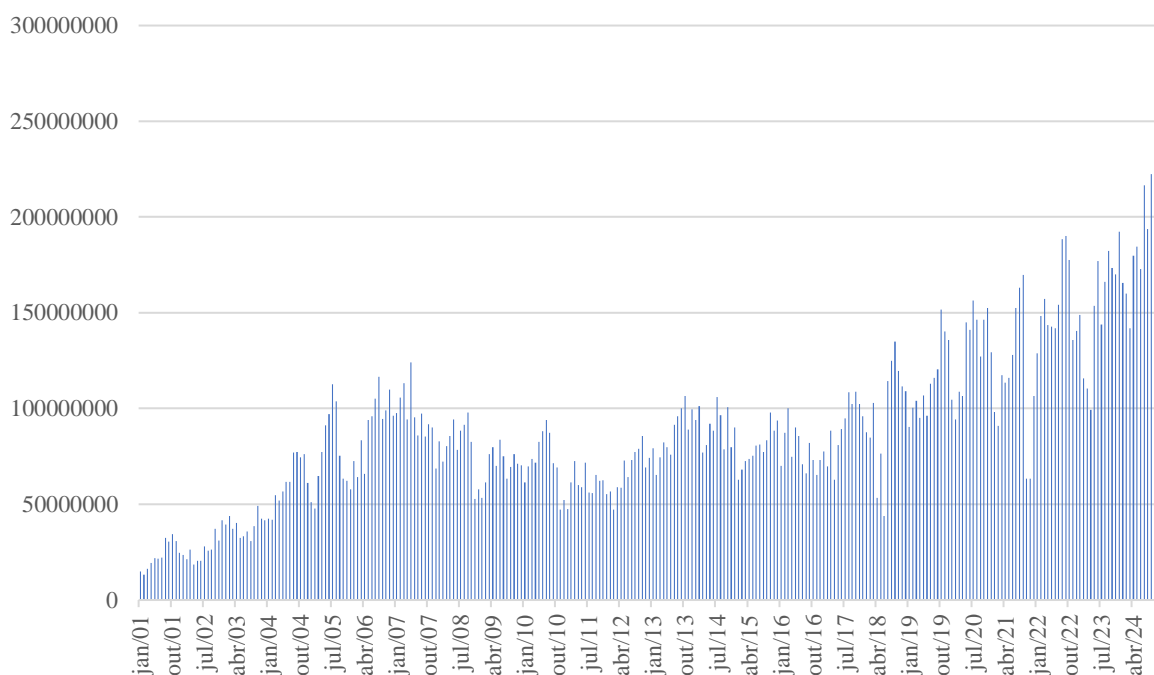


Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2025).
Elaboração dos autores (2026).

Em paralelo, a Figura 2 demonstra o volume de exportações de carne bovina congelada. Observa-se que os menores volumes foram registrados nos primeiros anos do século, atingindo 13.136.921 kg em 2001. A partir de 2016, a série mostra uma tendência de crescimento, com volumes partindo de 729 mil toneladas em 2011 para um pico de 2.252 mil toneladas em 2024, apesar de reversões momentâneas em 2021 e 2023. Essa

tendência ascendente nas exportações, coincidentemente, se manifesta em um período de maior desvalorização do Real.

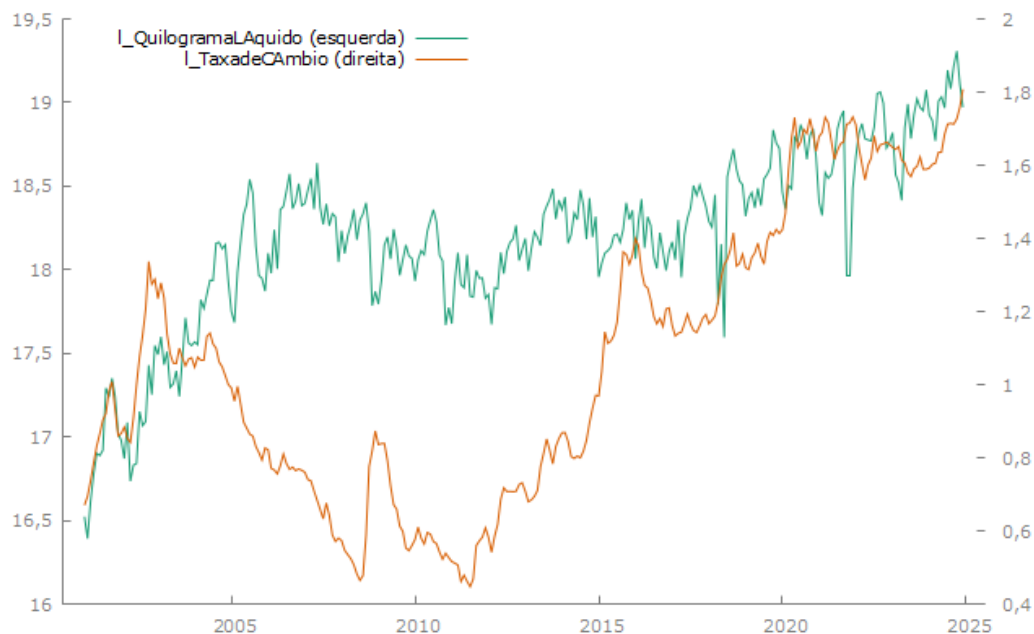
Figura 2: Exportação de carne (kg) – Brasil (2001–2024).



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2025).
Elaboração dos autores (2026).

A Figura 3 mostram a trajetória do Câmbio (R\$/US\$) e das Exportações de Carne Bovina Congelada (em kg), em logaritmo, entre janeiro de 2001 e dezembro de 2024 sobrepõe as duas séries, revelando uma convergência visual significativa no comportamento das variáveis, especialmente após 2015. Em grande parte do tempo, quando uma variável apresenta comportamento ascendente, a outra segue na mesma direção. Essa observação inicial sugere uma possível relação de longo prazo, motivando a investigação por meio de testes de cointegração.

Figura 3: Trajetória do Câmbio (R\$/US\$) e das Exportação de Carne Bovina Congelada (em kg), entre janeiro de 2001 e dezembro de 2024.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2025).
Elaboração dos autores (2026).

4.2 Estacionariedade e propriedades autocorrelacionais das séries

A análise de estacionariedade das séries de taxa de câmbio e exportações de carne bovina congelada é um pré-requisito fundamental para a aplicação de modelos de séries temporais e para o teste de cointegração. Conforme a metodologia apresentada na Seção 3, foram aplicados o Teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) e a análise das Funções de Autocorrelação (FAC) e Autocorrelação Parcial (FACP) sobre as séries em logaritmo natural.

Os resultados do Teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para as séries de câmbio e exportações, apresentados na Tabela 2, indicam a estacionariedade de ambas:

Tabela 2: Resultado do teste de Dickey-Fuller Aumentado

Tipo	Teste	Câmbio	Exportações
Sem constante e sem tendência		9,397e-24	1,425e-41
Com constante e sem tendência		1,323e-24	2,529e-50
Com constante e tendência		6,133e-27	8,948e-80

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os p-valores obtidos em todos os testes (sem constante e sem tendência, com constante e sem tendência, e com constante e tendência) são consideravelmente menores

que 5% (0,05). Este resultado leva à rejeição da hipótese nula de raiz unitária, confirmando que ambas as séries temporais (log da taxa de câmbio e log das exportações) são estacionárias. A estacionariedade é crucial, pois garante que as propriedades estatísticas das séries são constantes ao longo do tempo, validando a aplicação dos próximos testes econométricos (Amaral *et al.*, 2022).

Adicionalmente, a análise das Funções de Autocorrelação (FAC) e Autocorrelação Parcial (FACP) na primeira defasagem, sumarizada na Tabela 3, reforça a confirmação da estacionariedade das séries:

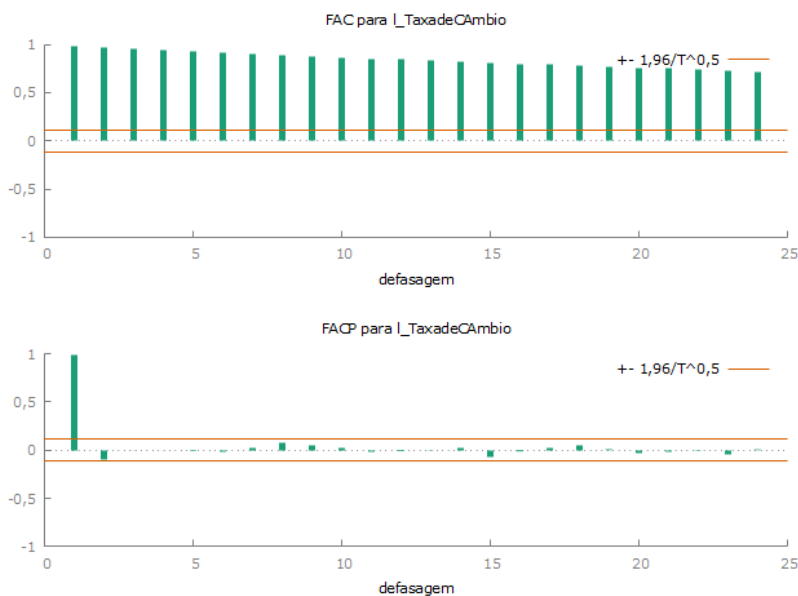
Tabela 3: Resultados do teste FAC e FACP na primeira defasagem

Série Temporal	FAC	FACP
Taxa de câmbio	0,9869***	0,9869***
Exportação de carne congelada (kg)	0,9175***	0,9175***

*** significância estatística de 1%
 Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os valores de FAC e FACP para ambas as séries apresentam significância estatística de 1% e o decaimento rápido das lags, como é visível nas Figuras 4 e 5 abaixo, respectivamente, corrobora a conclusão de estacionariedade. Essas análises demonstram que as séries não possuem tendência nem raiz unitária, e suas propriedades são semelhantes, permitindo prosseguir com a investigação da cointegração.

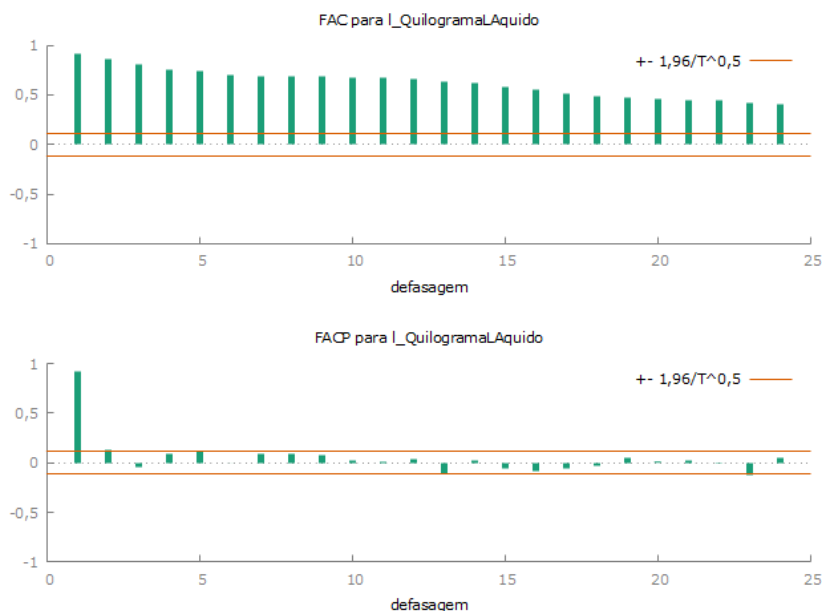
Figura 4: Testes FAC e FACP da variação de taxa de câmbio



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Na Figura 4 há a representação da série temporal em nível antes de ser aplicado o log e em seguida o FACP com a aplicação do log. Devido a repentina baixa das lags pode-se considerar que a série é estacionária não apresentando tendência e raiz unitária.

Figura 5: Testes FAC e FACP da variação de taxa de câmbio



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A Figura 5 assim como a Figura 4 apresenta a série temporal em nível e em seguida a aplicação do log com o FACP. Com a abrupta baixa após a primeira lag pode-se considerar que a série é estacionária, também não apresentando tendência. A junção dos testes ADF com FAC e FACP, tanto para o câmbio quanto para o volume exportado, fortalecem a ideia de que as séries são estacionárias, desta forma por suas propriedades serem semelhantes podem ser seguidos os próximos testes econométricos para verificar a correlação entre as variáveis.

4.3 Regressão por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO)

Para testar a hipótese de uma relação entre a taxa de câmbio e as exportações de carne bovina brasileira, foi aplicada uma regressão por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) utilizando as séries em logaritmo natural, no período de 2001 a 2024. A variável dependente foi o logaritmo do volume líquido exportado (kg), e a variável regressora constante foi o logaritmo da taxa de câmbio (R\$/US\$).

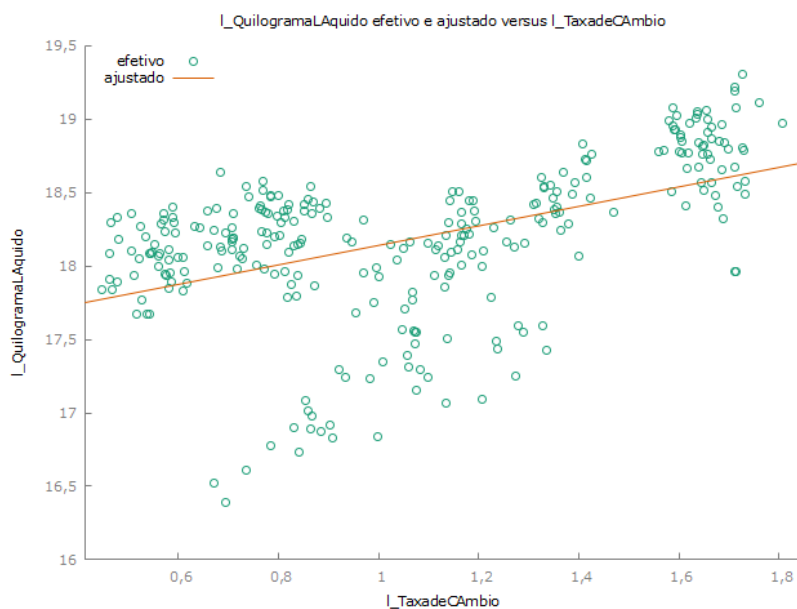
O teste de MQO, visualmente representado na Figura 6 - Testes MQO da variação da taxa cambial de carne bovina (2001-2025) (a ser inserida)], busca traçar a linha de melhor ajuste entre os pontos de dados. O p-valor alcançado no teste foi de $6,25e-019^{***}$, que é significativamente inferior ao valor crítico de 5% (0,05). Esse resultado valida a existência de uma relação estatisticamente robusta entre as variáveis.

A análise do coeficiente da regressão (embora não explicitamente fornecido, a descrição indica uma "linha ascendente") sugere uma relação positiva entre as exportações de carne e a taxa de câmbio. Isso implica que quanto maior a desvalorização da moeda brasileira (maior a taxa de câmbio R\$/US\$), maior o volume de carne congelada exportada do Brasil. Economicamente, esse achado está em plena consonância com a teoria discutida na Seção 2, onde a desvalorização cambial torna o produto nacional mais barato para compradores estrangeiros, impulsionando a demanda externa e a competitividade, em linha com a Condição de Marshall-Lerner para exportações com demanda elástica. A interpretação em logaritmos permite inferir que o coeficiente estimado representa a elasticidade-câmbio das exportações, ou seja, a variação percentual nas exportações para cada 1% de variação na taxa de câmbio.

Para testar a hipótese de uma relação entre a taxa de câmbio e as exportações de carne bovina brasileira, foi aplicada uma regressão por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) utilizando as séries em logaritmo natural, no período de 2001 a 2024. A variável dependente foi o logaritmo do volume líquido exportado (kg), e a variável regressora constante foi o logaritmo da taxa de câmbio (R\$/US\$).

O teste de MQO, visualmente representado na Figura 6 que busca traçar a linha de melhor ajuste entre os pontos de dados. O p-valor alcançado no teste foi de $6,25e-019^{***}$, que é significativamente inferior ao valor crítico de 5% (0,05), e o indicativo de três asteriscos (***) confirma a significância estatística a 1%. Esse resultado valida a existência de uma relação estatisticamente robusta entre as variáveis.

Figura 6: Testes MQO da variação da taxa cambial de carne bovina (2001-2025)



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A análise do coeficiente da regressão (embora não explicitamente fornecido, a descrição indica uma "linha ascendente") sugere uma relação positiva entre as exportações de carne e a taxa de câmbio. Isso implica que quanto maior a desvalorização da moeda brasileira (maior a taxa de câmbio R\$/US\$), maior o volume de carne congelada exportada do Brasil. Economicamente, esse achado está em plena consonância com a teoria discutida na Seção 2, onde a desvalorização cambial torna o produto nacional mais barato para compradores estrangeiros, impulsionando a demanda externa e a competitividade, em linha com a Condição de Marshall-Lerner para exportações com demanda elástica. A interpretação em logaritmos permite inferir que o coeficiente estimado representa a elasticidade-câmbio das exportações, ou seja, a variação percentual nas exportações para cada 1% de variação na taxa de câmbio.

4.4 Análise de cointegração: Teste de Engle-Granger

Com a confirmação da estacionariedade das séries individuais e a identificação de uma relação significativa de curto e médio prazo via MQO, a etapa final foi a verificação da cointegração para identificar uma relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis. O Teste de Engle-Granger foi aplicado aos resíduos da regressão MQO, conforme detalhado na Seção 3. A Tabela 4 apresenta os resultados do teste ADF aplicado aos resíduos do modelo MQO:

Tabela 4 - Resultados do teste ADF com resíduos

Série Temporal	Valor-p	Tau
Resíduos	2,051E-41	-21,5738

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O p-valor obtido (2,051E-41) é extremamente baixo (menor que 5%), levando à rejeição da hipótese nula de que os resíduos possuem raiz unitária. Isso indica que os resíduos são estacionários. O valor da estatística Tau (-21,5738) é significativamente inferior aos valores críticos de MacKinnon (Tabela 5), reforçando a conclusão de estacionariedade dos resíduos:

Tabela 5 – Valores críticos de tau

Nível de significância	Sem constante e sem tendência
1%	-2,66
5%	-1,95
10%	-1,61

Fonte: MacKinnon (2010).

A estacionariedade dos resíduos é a condição necessária e suficiente para confirmar a cointegração entre a taxa de câmbio e o volume exportado de carne bovina congelada. Isso significa que, apesar das flutuações de curto prazo, existe uma relação de equilíbrio estável entre essas variáveis no longo prazo.

Finalmente, os resultados do Teste de Engle-Granger, que sintetizam a cointegração e a correlação, são apresentados na Tabela 6:

Tabela 6: Resultado do teste de Engle Granger

p-valor	ρ
1,42e-140 ***	0,996489

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O p-valor de 1,42e-140*** (significativo a 1%) novamente rejeita a hipótese nula de não cointegração, confirmando a existência de uma relação de longo prazo. O valor do coeficiente de Correlação de Pearson (ρ) de 0,996489 indica uma correlação muito forte e positiva entre a taxa de câmbio e as exportações de carne bovina congelada, conforme a classificação da Tabela 1. Um ρ tão próximo de 1 demonstra que as variáveis se movem em sincronia de forma quase perfeita no longo prazo.

Esses resultados fornecem evidências empíricas contundentes de que as variações da taxa de câmbio são um fator determinante para o volume das exportações brasileiras de carne bovina congelada. A existência de cointegração válida que essa influência não é

meramente transitória, mas representa um vínculo estrutural de equilíbrio que persiste ao longo do tempo. Tal achado é fundamental para a compreensão da dinâmica do mercado e para o planejamento estratégico dos atores envolvidos no agronegócio exportador brasileiro, reforçando a importância de se monitorar e, quando possível, gerenciar a volatilidade cambial para manter a competitividade do setor.

5 CONCLUSÃO

A pecuária bovina se estabeleceu como um dos setores mais estratégicos para o Brasil, contribuindo de forma significativa para o Produto Interno Bruto e para a balança comercial. Diante da crescente inserção do país no mercado global de carne bovina congelada e da inerente volatilidade das economias abertas, o presente estudo objetivou avaliar a existência e o grau da relação entre a variação cambial do Real frente ao Dólar Americano e o volume das exportações brasileiras de carne bovina congelada, utilizando dados mensais de 2001 a 2024.

Para investigar essa relação, uma robusta metodologia econométrica de séries temporais foi empregada. Inicialmente, a análise descritiva e os Testes de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), juntamente com as Funções de Autocorrelação (FAC) e Autocorrelação Parcial (FACP), confirmaram a estacionariedade das séries de taxa de câmbio e volume exportado em logaritmo natural. Essa verificação foi crucial para garantir a validade dos procedimentos subsequentes. A análise de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) revelou uma relação estatisticamente significativa e positiva entre as variáveis, indicando que a desvalorização cambial está associada a um aumento nas exportações.

O cerne da pesquisa foi o Teste de Cointegração de Engle-Granger. Os resultados foram inequívocos: o teste ADF aplicado aos resíduos do modelo MQO demonstrou que estes são estacionários, com um p-valor extremamente baixo ($2,051E-41$) e uma estatística Tau significativamente menor que os valores críticos. Essa evidência confirma a existência de uma relação de equilíbrio de longo prazo entre a taxa de câmbio e o volume exportado de carne bovina congelada. Adicionalmente, o Teste de Engle-Granger para a cointegração apresentou um p-valor de $1,42e-140^{***}$ e um coeficiente de Correlação de Pearson de $0,996489$, indicando uma correlação muito forte e positiva.

Esses achados empíricos fornecem uma validação robusta para a hipótese de que

a taxa de câmbio é um determinante fundamental para o desempenho das exportações brasileiras de carne bovina congelada. A desvalorização da moeda nacional, ao tornar o produto mais competitivo e acessível para compradores internacionais – conforme previsto pela teoria da Condição de Marshall-Lerner e mecanismos de pass-through cambial –, impulsiona significativamente o volume exportado. A forte cointegração observada sugere que esta não é uma relação meramente transitória, mas sim um vínculo econômico estrutural que persiste ao longo do tempo.

As implicações deste estudo são multifacetadas. Para pecuaristas e frigoríficos, o entendimento da relação de longo prazo entre o câmbio e as exportações oferece insights valiosos para o planejamento estratégico de produção, investimento e comercialização. A volatilidade cambial, quando interpretada corretamente, pode ser tanto um risco a ser mitigado quanto uma oportunidade a ser capitalizada. Para formuladores de políticas públicas, os resultados reforçam a importância de políticas cambiais que considerem o impacto sobre setores exportadores chave, como o agronegócio. A manutenção da competitividade externa do produto brasileiro, em grande parte, está atrelada à dinâmica cambial.

Como limitação do presente estudo, ressalta-se a utilização exclusiva de dados secundários. Para pesquisas futuras, sugere-se a expansão da análise para incluir outras variáveis macroeconômicas que possam influenciar as exportações de carne, como o PIB dos países importadores, barreiras sanitárias e comerciais, ou mesmo choques de oferta e demanda globais. A aplicação de modelos de vetores de correção de erros (VECM) poderia fornecer uma análise mais detalhada da dinâmica de curto prazo e da velocidade de ajuste para o equilíbrio de longo prazo. Adicionalmente, estudos de caso com produtores e exportadores poderiam complementar a análise econométrica, oferecendo uma perspectiva microeconômica sobre as estratégias adotadas frente às variações cambiais.

REFERÊNCIAS

ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Plantas frigoríficas**. Disponível em: <https://abiec.com.br/>. Acesso em: 07 mar. 2025

AMARAL, M. *et al.* Relação de longo prazo entre o consumo anual residencial de energia elétrica e o Índice de Desenvolvimento Humano no Brasil: uma análise mediante conceito de cointegração. **Revista Thema**, Pelotas, v. 21, n. 4, 2022.

ANDRADE, C. **Manual de introdução ao pacote econométrico Gretl**. Rio Grande do Sul. 2013

CABRAL, Jéssica Viana *et al.* **Consumo de carne bovina no Brasil**. 2022.

CALDEIRA, J. F. Arbitragem estatística e estratégia long-short pairs trading, abordagem com cointegração aplicada a dados do mercado brasileiro. **Encontro de Economia da Região Sul–ANPEC SUL, Florianópolis, SC, Brasil**, v. 14, 2011.

CNA. CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Comunicado Técnico: PIB Brasil – 4º trimestre de 2023**, Edição 3/2024, 5 de março 2024. Disponível em: https://cnabrasil.org.br/storage/arquivos/Ed.3-CT-CNA-PIB-5.mar.2024_2024-03-05-180557_nuob.pdf. Acesso em: 19 fev. 2025.

GOLDBERG, Pinelopi Koujianou; KNETTER, Michael M. Goods prices and exchange rates: what have we learned?. **Journal of Economic Literature**, v. 35, n. 3, p. 1243-1272, 1997.

HOFFMANN, R. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. 5 ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017: Resultados definitivos**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/24/76693>. Acesso em: 22 fev. 2025.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. IPEA Data. Macroeconômico: Exportações. Disponível em: <https://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Acesso em: 20 jan. 2025.

KRUGMAN, Paul R.; OBSTFELD, Maurice; MELITZ, Marc J. **Economia Internacional: Teoria e Política**. 11. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

MACKINNON, J. G. Critical Values for Cointegration Tests. In **EconStor**. Kingston, p. 1-20, janeiro, 2010.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Carne bovina e milho são destaques na exportação brasileira**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/carne-bovina-e-milho-sao-destaques-na-exportacao-brasileira>. Acesso em: 20 fev. 2025.

MORETTIN, P; BUSSAB, W. **Estatística básica**. 6ª Edição, São Paulo: Editora Saraiva, 2010.

NAKABASHI, L.; CRUZ, M. J. V.; SCATOLIN, F. D. Efeitos do câmbio e juros sobre as exportações da indústria brasileira. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, dez., 2008.

OLIVEIRA, S. **Um estudo em séries temporais na análise da receita nominal de vendas de veículos e motos**. Conexão ci.: revista científica da UNIFOR-MG, Formiga, v. 7, n. 2, p. 64-73, jul./dez. 2012.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RUMSEY, D. Estatística II para leigos. Rio de Janeiro: Alta Books, 2014.

SABADIN, C. **O comércio internacional de carne bovina Brasileira e a indústria frigorífica exportadora**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2006.

SAKAMOTO, C. K.; SILVEIRA, I. O. **Como fazer projetos de Iniciação Científica**. 1ª ed. São Paulo: Paulus, 2014.

SERRANO, Franklin. Juros, câmbio e o sistema de metas de inflamação no Brasil. **Revista de Economia Política**, v. 30, p. 63-72, 2010

SILVA, T. *et al.* Método de previsão de demanda aplicado em uma empresa revendedora de combustível. *In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica*, 20., Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 16., Encontro de Iniciação à Docência, 6., 2016, São José dos Campos. 2016. p. 1-6

SILVEIRA, A. G. *et al.* Análise do Valor-p Determinado pela Estatística τ na Aplicação do Teste de Dickey-Fuller Aumentado. **Trends in Computational and Applied Mathematics**, v. 23, n. 2, p. 283-298, 2022.

VALVERDE, O. Geografia da pecuária no Brasil. **Finisterra**, v. 2, n. 4, 1967.

VARTANIAN, P; CIA, J; SILVA, W. **Econometria: Análise de dados com regressão linear em Excel e Gretl**. *In: VARTANIAN, P; CIA, J; SILVA, W. 1.* São Paulo: Saint Paul, 2013.