

MECANISMOS DE TRANSMISSÃO DE PREÇOS DE CARNES NO BRASIL *Price Transmission Across Meat Products in Brazil*

Mateus da Silva Alves

Bacharel em Economia pela Universidade Regional do Cariri – URCA

mateus.silva@urca.br

Valdeir Soares Monteiro

Professor do Departamento de Economia da Universidade Regional

valdeir.monteiro@urca.br

Luis Abel da Silva Filho

Professor do Departamento de Economia da Universidade Regional do Cariri – URCA;

Pesquisador Associado do NEREUS-USP, Pesquisador Visitante do IPEA.

luis.abel@urca.br

Grupo de Trabalho (GT): GT03.Mercados agrícolas e cadeias produtivas

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a formação dos preços da carne no Brasil no período de 2004 a 2025, por meio da aplicação de modelos econométricos em séries temporais. Para isso, foi estimado um Modelo Vetorial com Correção de Erros (VEC), utilizando dados secundários do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ-USP). As variáveis consideradas incluem os preços da carne de frango, do boi gordo, do milho e da soja, dadas as influências destes insumos na estrutura de custos do setor avícola. Técnicas de identificação de cointegração e modelagem de séries temporais foram aplicadas para estimar e validar o modelo. Os resultados indicam que os preços do milho e da soja influenciam significativamente o preço da carne de frango, evidenciando a forte dependência do setor avícola dessas commodities. Em contrapartida, o preço da carne de frango não apresentou impacto relevante sobre as demais variáveis analisadas. A análise revela uma relação de longo prazo entre os mercados estudados, reforçando o papel central das commodities agrícolas na formação dos preços. Esses achados contribuem para o entendimento da dinâmica do setor e fornecem subsídios para a formulação de estratégias mais eficazes na cadeia produtiva.

Palavras-chave: carne de frango; preços agrícolas; modelo VEC; previsão econométrica; séries temporais

Abstract

This research aims to analyze the formation of meat prices in Brazil from 2004 to 2025, utilizing econometric models in time series analysis. For this purpose, a Vector Error Correction Model (VECM) was estimated, using secondary data from the Center for Advanced Studies in Applied Economics (CEPEA/ESALQ-USP). The variables considered include the prices of chicken meat, beef, corn, and soybeans, given their influence on the cost structure of the poultry sector. Cointegration identification and time series modeling techniques were applied to estimate and validate the model. The results indicate that corn and soybean prices have a significant influence on the price of chicken meat, demonstrating the strong dependence of the poultry sector on these commodities. In contrast, the price of chicken meat had no significant impact on the other variables analyzed. The analysis reveals a long-term relationship between the markets studied, underscoring the central role of agricultural commodities in determining prices. These findings contribute to an understanding of the sector's dynamics and support the formulation of more effective strategies within the production chain.

Key words: chicken meat; agricultural prices; VEC model; econometric forecasting; time series

1. Introdução

Nas últimas décadas, a carne de frango consolidou-se como um dos pilares da oferta mundial de proteína animal, destacando-se por sua versatilidade produtiva e aceitação social em diferentes contextos culturais e econômicos. A combinação entre custo relativamente reduzido, elevado valor nutricional e curto ciclo de produção tem

conferido à avicultura industrial um papel estratégico na segurança alimentar e no equilíbrio competitivo do agronegócio global. No caso brasileiro, o setor avícola tornou-se uma das bases do desempenho exportador do país, posicionando o Brasil como protagonista nas vendas internacionais e fornecedor relevante para mercados com padrões rigorosos de qualidade, como os da União Europeia, da China e do Oriente Médio. Esse dinamismo, contudo, é acompanhado por desafios estruturais que envolvem custos de produção, volatilidade cambial e vulnerabilidade a oscilações no mercado internacional de grãos e proteínas substitutas.

A estrutura de preços da carne de frango caracteriza-se por elevada complexidade, resultado da interação entre múltiplos fatores econômicos e produtivos. Entre os determinantes mais relevantes estão os custos de insumos agrícolas — especialmente milho e soja, que representam parcela expressiva da alimentação das aves — e as variações nos preços das carnes bovina e suína, que competem diretamente na preferência dos consumidores. Em um ambiente econômico sujeito a choques externos, mudanças climáticas e flutuações cambiais, compreender como os preços se ajustam e se transmitem ao longo da cadeia produtiva torna-se essencial para orientar políticas públicas, estratégias empresariais e mecanismos de mitigação de risco. Nesse contexto, este estudo propõe examinar a dinâmica de formação e transmissão dos preços da carne de frango no Brasil no período de 2004 a 2025, com base em modelos econométricos multivariados aplicados a séries temporais.

A utilização do Modelo Vetorial com Correção de Erro (VEC) justifica-se pela sua capacidade de integrar relações de longo prazo, expressas por vínculos de cointegração, e mecanismos de curto prazo, representados pelos ajustes instantâneos entre variáveis endógenas. Tal abordagem é particularmente apropriada para séries de preços agrícolas e agroindustriais que, embora não estacionárias, exibem trajetórias interdependentes e equilíbrios de longo prazo. O estudo utiliza dados secundários provenientes do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ-USP), reconhecido pela qualidade e consistência das informações de mercado. A aplicação de testes de raiz unitária, cointegração e causalidade de Granger fornece a base empírica para a construção do modelo, permitindo identificar as direções predominantes de causalidade e a intensidade dos vínculos entre os principais componentes da cadeia produtiva.

Sob o ponto de vista teórico, a literatura sobre formação de preços em mercados agropecuários tem enfatizado a natureza sistêmica das interações entre commodities. Pesquisas como as de Baffes (2013), Irz, Niemi e Xing (2012) e Çoban et al. (2019) evidenciam que choques em variáveis estruturais — como insumos agrícolas, energia e câmbio — propagam-se por toda a cadeia produtiva, afetando simultaneamente diferentes segmentos. No Brasil, trabalhos de Silva, Neto e Figueiredo (2020) apontam a carne bovina como referência de preços intersetoriais, enquanto Keskin e Cinar (2018) demonstram o papel dos custos de ração e energia na transmissão de choques para o setor avícola. A partir dessas contribuições, torna-se pertinente examinar se a carne de frango atua como seguidora ou formadora de preços no sistema agroalimentar brasileiro, considerando a integração crescente entre os mercados de proteína animal e de insumos agrícolas.

A contribuição central deste artigo reside em articular evidências empíricas e fundamentos teóricos para compreender o comportamento de preços em um setor que combina alta competitividade com exposição a riscos externos. A aplicação de técnicas econométricas multivariadas permite captar os efeitos diretos e indiretos da interação entre mercados, oferecendo instrumentos para análises preditivas e de política econômica. Os resultados podem subsidiar decisões de produtores na definição de estratégias de investimento, auxiliar formuladores de políticas públicas na construção de mecanismos de estabilização de preços e orientar consumidores e agentes financeiros sobre tendências de mercado. Ao enfatizar as relações de causalidade e de cointegração entre os principais determinantes do setor, o estudo busca avançar na compreensão das interdependências entre mercados agrícolas e industriais no Brasil contemporâneo.

Por fim, espera-se que os achados desta pesquisa contribuam para o aperfeiçoamento das estratégias de gestão e planejamento do complexo agroindustrial da avicultura. Ao identificar como as variações nos preços de insumos e nas carnes substitutas repercutem sobre o valor de mercado da carne de frango, o estudo fornece elementos para políticas de eficiência produtiva, estabilidade de preços e mitigação de riscos. Assim, ao combinar análise econométrica robusta e relevância prática, esta investigação reforça o papel da economia aplicada como instrumento de apoio à formulação de políticas agrícolas e ao fortalecimento da competitividade do agronegócio brasileiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A evolução tecnológica e o aumento da escala produtiva transformaram profundamente o setor avícola brasileiro nas últimas décadas; entretanto, sua rentabilidade permanece fortemente condicionada por fatores econômicos e estruturais. Entre eles, destacam-se os custos de alimentação animal, que representam a parcela majoritária das despesas operacionais da atividade, estimada em cerca de 70% do total, segundo Baker (2009). A formulação das rações destinadas aos frangos de corte baseia-se, em grande medida, no milho e no farelo de soja, insumos que, juntos, correspondem a aproximadamente 90% dos ingredientes utilizados, devido à elevada qualidade nutricional, à disponibilidade energética e à eficiência na conversão alimentar (Oliveira et al., 2005). Diante disso, as oscilações nos preços dessas commodities agrícolas exercem impacto direto sobre os custos de produção e, conseqüentemente, sobre a formação do preço final da carne de frango, conforme aponta Baffes (2013).

Além das variações de custos, o comportamento dos preços da carne de frango é influenciado por fatores de demanda e pela relação de substituição com outras proteínas animais, especialmente a carne bovina, cuja trajetória de preços costuma servir de referência intersetorial. Para capturar a complexidade dessas interações, a literatura em economia aplicada tem recorrido aos Modelos Vetoriais com Correção de Erro (VEC), instrumentos capazes de descrever simultaneamente as relações de equilíbrio de longo prazo e os ajustes de curto prazo entre variáveis endógenas não estacionárias (Irz, Niemi & Xing, 2012).

No contexto brasileiro, Silva, Neto e Figueiredo (2020) analisaram a cointegração e a causalidade entre os mercados de carne bovina, suína e de frango, utilizando séries semanais de 2006 a 2017. Os resultados revelaram um padrão de interdependência significativa entre as três cadeias, evidenciando que a carne bovina exerce papel de liderança na transmissão de preços, seguida pela carne suína, enquanto o frango apresenta comportamento mais reativo. A decomposição da variância reforçou esse resultado ao demonstrar que as oscilações no preço do boi gordo são determinantes para as variações observadas nos demais mercados de proteína animal.

De forma mais ampla, estudos internacionais sobre preços agroalimentares confirmam que a formação de preços em cadeias agrícolas resulta de relações complexas, nas quais coexistem vínculos estruturais e efeitos transitórios. Irz, Niemi e Xing (2012), ao investigarem a inflação dos preços dos alimentos na Finlândia após a crise das

commodities de 2006–2008, identificaram um vínculo de cointegração entre os preços de alimentos, os custos com energia e insumos agrícolas, utilizando dados mensais de 1995 a 2010. O modelo VEC empregado demonstrou que as variações nos preços agrícolas são os principais vetores da inflação alimentar, seguidos pelos custos de energia e de mão de obra, com uma velocidade de ajuste relativamente rápida — entre seis e oito meses — após choques externos. Esses achados reforçam o caráter interdependente e sensível das cadeias agroalimentares a choques de oferta e de demanda globais.

A aplicabilidade do modelo VEC em contextos de precificação agropecuária também foi explorada por Çoban, Çoban e Coşkun (2019) em um estudo sobre os determinantes do preço da carne bovina na Turquia entre 2011 e 2018. Utilizando um conjunto de variáveis que incluía os preços do milho, do leite, da carne de frango, a taxa de câmbio e os preços atacadistas e varejistas, os autores observaram que os custos com milho influenciam negativamente o preço da carne bovina no curto prazo, mas exercem efeito positivo de longo prazo. Ademais, os resultados apontaram causalidade significativa entre os diferentes níveis da cadeia produtiva (atacado e varejo) e interdependência entre os preços de proteínas substitutas e do câmbio, reforçando a importância de abordagens econométricas multivariadas para captar a complexidade das interações setoriais.

Em linha semelhante, Keskin e Cinar (2018) analisaram os efeitos de contágio dos preços internacionais de energia e de soja sobre o mercado de frango ao consumidor na Turquia, utilizando dados mensais de 2003 a 2016 e a metodologia VEC. Os autores constataram que aumentos de 10% nos preços da energia e da soja resultam em acréscimos de 2,6% e 3,84%, respectivamente, nos preços do frango, além de evidenciarem uma relação de causalidade unidirecional da energia para a soja. Esses resultados demonstram que choques nos mercados de insumos energéticos e alimentares propagam-se rapidamente e cumulativamente ao longo da cadeia avícola, exigindo políticas coordenadas de estabilização e mitigação de risco.

A literatura nacional também oferece contribuições relevantes nesse campo. Oliveira, Pavão e Ferreira Filho (2011) destacam que a estrutura de precificação das carnes brasileiras é influenciada simultaneamente por fatores internos, como produtividade, custos de insumos e eficiência industrial, e por fatores externos, como volatilidade cambial e integração aos mercados globais. Em um ambiente marcado por choques externos e incerteza macroeconômica, modelos como o VEC emergem como

ferramentas indispensáveis para identificar as interdependências e os mecanismos de transmissão de preços que conectam as cadeias de insumos e produtos. Assim, a aplicação de metodologias multivariadas fornece uma base empírica sólida para a formulação de políticas públicas e estratégias de mercado capazes de promover maior estabilidade e competitividade ao setor avícola brasileiro.

3. METODOLOGIA

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo, com o objetivo de responder à questão de pesquisa e promover uma compreensão mais aprofundada do objeto de análise. Os testes foram realizados utilizando o software estatístico **R**, reconhecido por sua robustez e ampla aplicação em análises econométricas. A seguir, apresenta-se a representação matemática dos testes realizados, acompanhada de sua descrição detalhada, para fundamentar tecnicamente a abordagem metodológica empregada.

3.1 Procedimentos de análise

Para avaliar a estacionariedade das séries temporais referentes aos preços da carne de frango, de bovina, de milho e de soja, foram aplicados diversos testes de raiz unitária e de estacionariedade.

Com base nos resultados dos testes de raiz unitária, constatou-se a presença de relações de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis estudadas, indicando cointegração. Em razão disso, adotou-se o modelo Modelo Vetorial com Correção de Erro (VEC) que permite identificar e estimar relações de cointegração de longo prazo entre variáveis não estacionárias, possibilitando a análise tanto das relações de longo prazo quanto do mecanismo de ajuste de curto prazo (Johansen, 1991). Modelos VEC são amplamente utilizados em economia aplicada para estudar as relações de equilíbrio entre variáveis macroeconômicas, financeiras e de preços no setor agrícola (Lütkepohl, 2005). Representada matematicamente da seguinte forma:

$$\Delta \mathbf{Y}t = \Pi \mathbf{Y}t - 1 + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta \mathbf{Y}t + \mathbf{u}t,$$

onde $\mathbf{Y}t$ é um vetor de variáveis endógenas no período t , de dimensão $k \times 1$. A diferença de curto prazo das variáveis é representada por $\Delta \mathbf{Y}t = \mathbf{Y}t - \mathbf{Y}t - 1$, indicando as mudanças ocorridas entre períodos adjacentes.

A matriz Π representa as relações de longo prazo entre as variáveis e pode ser fatorada como $\Pi = \alpha \beta'$, em que β é uma matriz de vetores de cointegração de

dimensão $k \times r$, cujas colunas descrevem as combinações lineares de longo prazo que permanecem estacionárias. A matriz $\alpha\alpha$ é composta pelas cargas de ajuste, de dimensão $k \times r$, que indicam a velocidade com que as variáveis retornam ao equilíbrio de longo prazo após desajustes.

A soma de termos $\sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta Y_t - i$ captura as dinâmicas de curto prazo, onde cada Γ_i é uma matriz que mede o efeito da mudança passada ii períodos atrás ($\Delta Y_t - i$) nas mudanças atuais. Finalmente, ut é um vetor de erros aleatórios, com média zero e covariância constante, representando as perturbações não explicadas pelo modelo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Análise descritiva das séries

O Gráfico 1 apresenta as séries temporais dos preços do boi, frango, milho e soja ao longo de aproximadamente 5.000 observações. As quatro variáveis apresentam comportamento ascendente ao longo do tempo, com diferentes graus de volatilidade, o que indica a presença de tendência e, portanto, a não estacionariedade das séries em nível. A ausência de reversão à média e a presença de padrões cíclicos reforçam a necessidade de realizar transformações adicionais para possibilitar uma modelagem econométrica adequada.

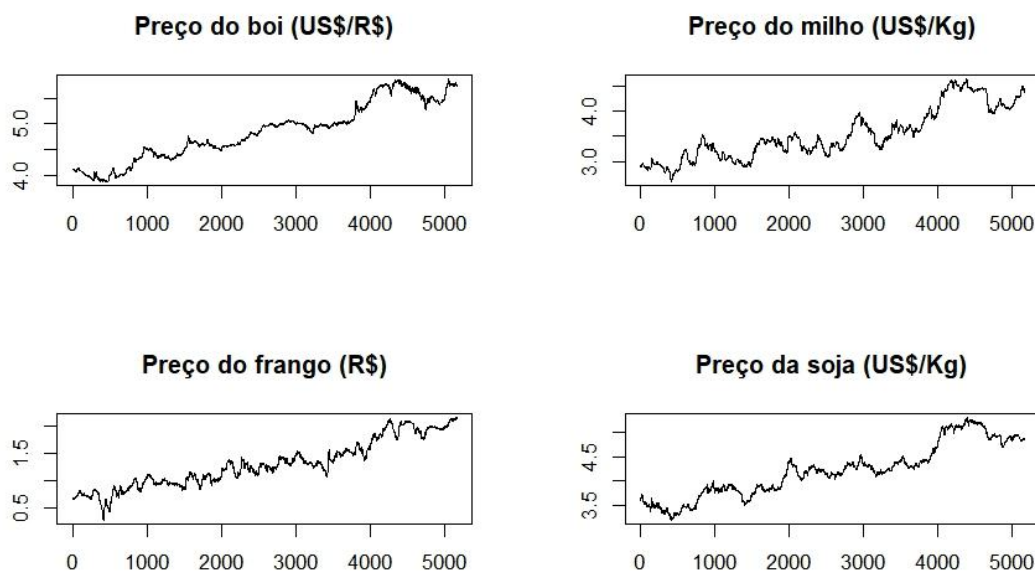


Figura 1: séries temporais preço do boi, preço do frango, preço do milho e preço da soja

Fonte: elaboração do autor com dados da pesquisa

No painel superior esquerdo, observa-se a trajetória do preço do boi (US\$/R\$), com um padrão de crescimento persistente e aumento da volatilidade nos períodos finais da amostra. As variações podem estar associadas à dinâmica cambial e aos preços internacionais da carne bovina, além de choques de oferta. O painel superior direito mostra o preço do milho (US\$/Kg), que também apresenta uma tendência de alta e maior instabilidade nos preços, com picos e correções ao longo da série. O padrão observado é compatível com a sensibilidade da commodity às condições climáticas, à demanda internacional e à taxa de câmbio.

No painel inferior esquerdo, o preço do frango (R\$) mostra uma tendência de alta com menor volatilidade em comparação com o milho e a soja. Esse comportamento mais estável pode refletir o controle de preços no mercado doméstico, bem como uma menor exposição direta às variações cambiais. Ainda assim, a série mantém o padrão de não estacionariedade, o que justifica o uso de diferenciação logarítmica. Por fim, o painel inferior direito mostra o preço da soja (US\$/Kg), cuja trajetória também é marcada por ciclos de alta e correção. A série é fortemente influenciada pelos mercados internacionais e pela sazonalidade das safras, além de responder a mudanças na demanda global, especialmente da China.

De modo geral, a análise visual dessas séries confirma a existência de tendência comum de longo prazo, o que justifica a aplicação de testes de cointegração e a posterior modelagem por meio de um vetor autorregressivo com correção de erros (VEC). A utilização de transformações logarítmicas e diferenciais é apropriada para garantir a estacionariedade das variáveis em primeira diferença. A presença de padrões semelhantes nas commodities agrícolas e nos preços das proteínas animais também reforça a hipótese de uma interdependência dinâmica entre as variáveis analisadas.

O gráfico exibido mostra as séries temporais das primeiras diferenças dos logaritmos dos preços do boi, milho, frango e soja. Visualmente, as séries mostram comportamento oscilatório em torno de uma média constante próxima de zero, o que é característico de séries estacionárias. As variações mais acentuadas nas extremidades das séries, especialmente para o boi e a soja, indicam episódios de maior volatilidade em determinados períodos. No caso do preço do boi, observa-se um aumento da dispersão a partir da observação 4000, possivelmente relacionado a choques de mercado ou a variações cambiais. A série do milho apresenta um comportamento mais regular e menos

volátil ao longo do tempo, enquanto a série do frango revela um pico abrupto, indicando um choque pontual.

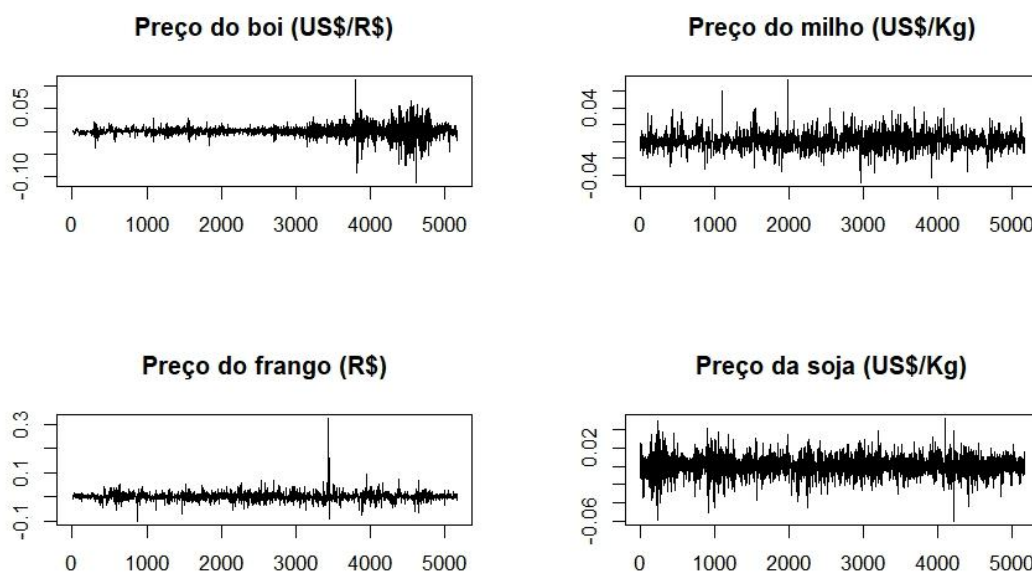


Figura 2: diferença do logaritmo das séries temporais preço do boi, preço do frango, e preço do milho e preço da soja

Fonte: elaboração do autor com dados da pesquisa

A diferença logarítmica das séries, como aplicada neste gráfico, é uma prática metodológica adequada para eliminar tendências e tornar as séries estacionárias, condição necessária para a aplicação de modelos VAR e VEC. O padrão de comportamento das quatro séries após a transformação confirma visualmente a eliminação das tendências de longo prazo observadas no gráfico das séries em nível, analisado anteriormente. As oscilações em torno de uma média constante, com variância relativamente estável para a maioria das séries, reforçam a validade do procedimento adotado na preparação dos dados para a modelagem econométrica subsequente. Além disso, as diferenças nas magnitudes de volatilidade entre as commodities sugerem que a sensibilidade a choques de mercado e fatores externos varia entre os produtos analisados.

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das séries logaritmizadas dos preços do boi, do frango, do milho e da soja. Os valores mínimos e máximos indicam uma variação significativa dos preços ao longo do período analisado, evidenciando a volatilidade característica de mercados de commodities. O preço do boi apresenta a maior amplitude, com logaritmos variando de 3.876 a 5.865, o que sugere uma evolução relevante dos preços ao longo do tempo. A soja, por sua vez, também apresenta uma

variação expressiva, com valores entre 3.192 e 5.314, refletindo a alta sensibilidade do seu mercado a fatores externos, como demanda internacional e câmbio. O milho exhibe uma amplitude menor, mas ainda assim considerável, com valores de 2.589 a 4.643. O frango apresenta o menor intervalo, com valores de 0.270 a 2.171, o que pode indicar uma maior estabilidade relativa no mercado interno dessa proteína.

Tabela 1: estatísticas descritivas do logaritmo das variáveis preço do boi, preço do frango, preço do milho e preço da soja.

Medidas	Boi	Frango	Milho	Soja
Min:	3.876	0.270	2.589	3.192
1st Qu:	4.418	0.956	3.170	3.810
Median:	4.877	1.261	3.436	4.207
Mean:	4.848	1.305	3.545	4.215
3rd Qu:	5.298	1.571	3.916	4.493
Max:	5.865	2.171	4.643	5.314

Fonte: elaboração do autor com dados da pesquisa

As medidas de tendência central, mediana e média, indicam que as séries são relativamente simétricas, pois os valores de média e mediana são próximos para todas as variáveis. Para o boi, a média (4.848) e a mediana (4.877) indicam uma distribuição relativamente equilibrada. Situação similar é observada para a soja e o milho. O frango, embora com uma média ligeiramente superior à mediana (1.305 contra 1.261), mantém um comportamento geral compatível com uma distribuição próxima da normalidade após a transformação logarítmica. As diferenças entre o primeiro e o terceiro quartil fornecem informações sobre a dispersão dos dados: soja e boi apresentam maior dispersão relativa, enquanto o milho e o frango demonstram uma maior concentração de observações em torno da mediana. Essas características confirmam a adequação da transformação logarítmica para estabilizar a variância e preparar as séries para modelagens subsequentes, como VEC e análise de causalidade de Granger.

4.2. Critérios de seleção do modelo VAR

A Tabela 2 apresenta os critérios de seleção do modelo VAR para as variáveis logaritimadas dos preços do boi, frango, milho e soja. São reportados os valores dos

critérios de informação AIC (Akaike), HQ (Hannan-Quinn), SC (Schwarz-Bayesian) e FPE (Erro de Previsão Final) para ordens do modelo VAR variando de 1 a 16. Cada critério busca identificar a ordem do modelo que melhor equilibra ajuste e parcimônia, penalizando a complexidade excessiva. O critério AIC, que tende a favorecer modelos mais complexos, seleciona a ordem 8 como a mais adequada, assim como o FPE. O critério HQ indica a ordem 7, enquanto o SC, mais conservador, aponta para a ordem 5.

Tabela 2: escolha do modelo VAR com base nas variáveis preço do boi, preço do frango, preço do milho e preço da soja.

Seleção	AIC(n)	HQ(n)	SC(n)	FPE(n)
Ordem	8	7	5	8
1	-36,822	-36,813	-36,796	0,000
2	-37,054	-37,038	-37,008	0,000
3	-37,115	-37,092	-37,049	0,000
4	-37,152	-37,122	-37,066	0,000
5	-37,175	-37,138	-37,068	0,000
6	-37,194	-37,149	-37,066	0,000
7	-37,203	-37,151	-37,055	0,000
8	-37,204	-37,145	-37,036	0,000
9	-37,203	-37,137	-37,015	0,000
10	-37,200	-37,127	-36,992	0,000
11	-37,199	-37,119	-36,971	0,000
12	-37,198	-37,111	-36,949	0,000
13	-37,195	-37,101	-36,926	0,000
14	-37,193	-37,092	-36,904	0,000
15	-37,193	-37,084	-36,883	0,000
16	-37,192	-37,076	-36,861	0,000

Fonte: elaboração do autor com base nos dados da pesquisa.

A análise conjunta dos critérios sugere que a ordem ótima do modelo VAR está entre 5 e 8. Essa convergência parcial é comum, uma vez que os critérios aplicam penalizações distintas à inclusão de parâmetros adicionais. A seleção final da ordem deve considerar não apenas o valor mínimo dos critérios, mas também aspectos práticos como

o tamanho da amostra, a estabilidade do modelo e a significância estatística dos coeficientes estimados. A escolha da ordem 8, conforme indicado pelo AIC e FPE, pode ser justificada se o modelo for estável e não apresentar problemas de sobreparametrização. No entanto, uma ordem menor, como 5 ou 6, pode ser preferida em contextos com amostra limitada ou elevado número de variáveis, evitando perda de graus de liberdade e garantindo maior robustez dos resultados econométricos.

4.3. Resultados do teste de cointegração de Johansen

A Tabela 3 apresenta os resultados do teste de cointegração de Johansen para as variáveis logaritimadas dos preços do boi, frango, milho e soja. O teste foi realizado utilizando o traço estatístico (trace test), que verifica a hipótese nula de existência de no máximo r vetores de cointegração contra a alternativa de mais de r . Para todos os valores de r (de 0 até 3), os valores das estatísticas observadas superam de forma expressiva os valores críticos nos níveis de significância de 10%, 5% e 1%. Por exemplo, para $r = 0$, a estatística de teste é 2573,72, enquanto o valor crítico ao nível de 1% é apenas 55,43. Da mesma forma, para $r \leq 3$, a estatística de 346,11 ultrapassa amplamente o valor crítico de 11,65.

Tabela 3: Teste de cointegração de Johansen a partir das variáveis preço do boi, preço do frango, preço do milho e preço da soja

Posto	Statistic	10pct	5pct	1pct
$r \leq 3$	346,11	6,50	8,18	11,65
$r \leq 2$	980,20	15,66	17,95	23,52
$r \leq 1$	1660,91	28,71	31,52	37,22
$r = 0$	2573,72	45,23	48,28	55,43

Fonte: elaboração do autor com base nos dados da pesquisa.

Esses resultados indicam a rejeição sistemática das hipóteses nulas para todos os postos testados, sugerindo a existência de até quatro relações de cointegração entre as variáveis, ou seja, um sistema totalmente cointegrado. Na prática, como o número de variáveis é quatro e foram identificadas quatro relações de cointegração, isso implica que as séries compartilham tendências comuns de longo prazo e estão fortemente interligadas. Tal evidência justifica plenamente a adoção de um modelo Vetorial Autorregressivo com Correção de Erros (VEC), uma vez que as séries são não estacionárias em nível, mas

cointegradas, e os choques de curto prazo se revertem ao longo do tempo devido às forças de equilíbrio de longo prazo implícitas nos vetores cointegrantes.

4.4. Coeficientes do modelo VEC

A Tabela 4 apresenta os coeficientes estimados do modelo Vetorial Autorregressivo com Correção de Erros (VEC) aplicado às variáveis logaritimadas dos preços do boi, frango, milho e soja. Os coeficientes estão associados às defasagens das variáveis e ao termo de correção de erros, refletindo as dinâmicas de curto prazo entre as séries e o ajuste em direção ao equilíbrio de longo prazo. As colunas boi.d, frango.d, milho.d e soja.d representam as variações percentuais das respectivas variáveis, enquanto as linhas indicam as diferentes componentes do modelo, incluindo os coeficientes das defasagens e dos vetores de cointegração.

Tabela 4: coeficientes do modelo Vetorial Autorregressivo com correção de erros – VEC para as variáveis preço do boi, preço do frango, preço do milho e preço da soja.

N	boi.d	frango.d	milho.d	soja.d
1	-0,001	0,003	0,002	0,003
2	-0,001	-0,009	0,000	-0,003
3	0,000	0,001	-0,003	0,002
4	-0,226	0,008	0,012	0,009
5	0,002	0,092	0,003	0,005
6	0,010	0,009	0,188	0,060
7	0,000	-0,012	0,006	0,235
8	0,027	-0,004	0,014	0,007
9	0,017	0,090	0,008	0,010
10	0,012	0,006	0,168	0,026
11	0,002	0,017	0,020	0,002
12	0,099	-0,012	0,029	-0,004
13	0,012	0,078	-0,016	-0,010
14	0,008	-0,039	0,140	0,054
15	0,008	0,002	-0,006	0,002
16	0,108	0,031	0,035	0,004
17	-0,007	0,039	0,021	0,014
18	0,025	0,048	0,093	0,041
19	-0,021	0,022	0,015	-0,002

Fonte: elaboração do autor com os dados da pesquisa

Observa-se que alguns coeficientes apresentam valores relativamente elevados, indicando efeitos significativos no curto prazo. Por exemplo, a defasagem associada ao boi na quarta componente possui um coeficiente de $-0,226$, sugerindo um ajuste negativo robusto para a variável boi.d. Da mesma forma, coeficientes como $0,188$ e $0,168$ nas colunas milho.d (linhas 6 e 10) e $0,235$ em soja.d (linha 7) apontam para fortes efeitos dinâmicos, possivelmente relacionados a choques exógenos e interações entre os mercados. Em contraste, a maior parte dos coeficientes para o frango e soja permanece em valores mais moderados, o que pode indicar uma resposta mais gradual dessas variáveis às alterações no sistema. De modo geral, o padrão dos coeficientes indica que os preços do milho e da soja desempenham um papel importante na dinâmica de curto prazo do sistema, enquanto o boi apresenta um mecanismo de ajuste mais acentuado. Esses resultados são coerentes com a estrutura dos mercados analisados, em que os preços das commodities agrícolas tendem a influenciar de maneira importante os custos de produção e, por consequência, as cotações das proteínas animais.

4.5. Análise de resíduos do modelo VEC

O gráfico apresentado exibe as funções de autocorrelação dos resíduos individuais e cruzados do modelo Vetorial Autorregressivo com Correção de Erros (VEC) ajustado para as variáveis preço do boi, frango, milho e soja. Os gráficos diagonais representam a autocorrelação dos resíduos de cada variável (resids of boi, resids of frango, resids of milho, resids of soja), enquanto os gráficos fora da diagonal mostram as autocorrelações cruzadas entre os resíduos das diferentes equações do sistema. As linhas tracejadas indicam os limites de confiança (tipicamente a 95%) ao redor de zero; barras que permanecem dentro desses limites sugerem ausência de autocorrelação significativa.

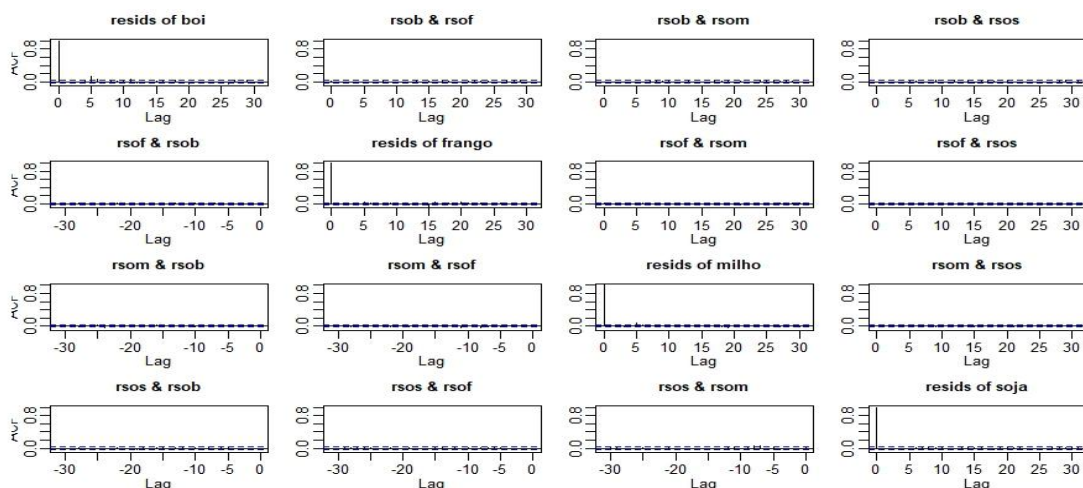


Figura 3: resíduos do modelo Vetorial Autorregressivo com correção de erros – VEC para as variáveis preço do boi, preço do frango, preço do milho e preço da soja.

Fonte: elaboração do autor com dados da pesquisa

A inspeção visual dos gráficos revela que a maioria das autocorrelações, tanto individuais quanto cruzadas, está dentro dos limites de confiança para todos os lags considerados (até 30). Apenas a primeira defasagem da função de autocorrelação dos resíduos do boi apresenta um valor ligeiramente fora do intervalo, um padrão comum em séries com forte componente de tendência previamente diferenciada. No geral, os resíduos do modelo não exibem padrões sistemáticos de autocorrelação, o que sugere que o VEC foi bem especificado e conseguiu capturar de maneira adequada a dinâmica temporal das séries. A ausência de autocorrelação residual é um indicativo importante da validade do modelo para inferência e previsão, conferindo robustez aos resultados obtidos com as funções de impulso-resposta e a decomposição da variância de previsão apresentadas no estudo.

4.6. Análise da função de impulso-resposta (IRF)

O gráfico exibe as funções de impulso-resposta (IRF) derivadas do modelo VEC estimado para as variáveis logaritimadas dos preços do boi, frango, milho e soja. As IRFs ilustram como um choque unitário em cada variável impacta dinamicamente as demais ao longo de um horizonte de 16 períodos. Na diagonal, observam-se as respostas das variáveis a choques em si mesmas, enquanto os elementos fora da diagonal representam os efeitos cruzados, ou seja, como uma variável responde a choques nas demais. O padrão geral mostra que os efeitos são transitórios, com intensidade significativa nos primeiros períodos e posterior dissipação, o que é uma característica esperada em sistemas cointegrados.

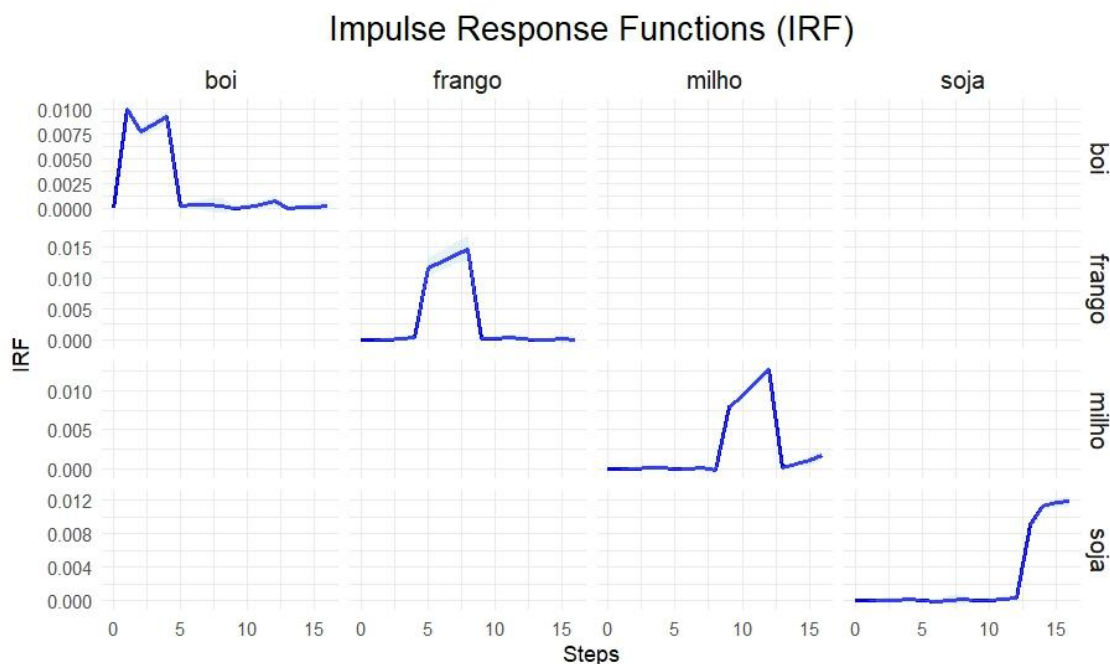


Figura 4: Função de impulso-resposta para as variáveis preço do boi, preço do frango, preço do milho e preço da soja.

Fonte: elaboração do autor com dados da pesquisa

A resposta do preço do boi a um choque próprio é imediata e intensa, com picos nos três primeiros períodos e rápida estabilização. O frango, milho e soja também respondem fortemente a choques próprios, com impulso relevante nos primeiros períodos, seguido de declínio acentuado. As respostas cruzadas são heterogêneas: o milho reage positivamente a choques no frango e no boi, com magnitude visível até o décimo segundo período, enquanto a soja apresenta uma resposta mais lenta e prolongada a choques em si mesma, sugerindo inércia em sua trajetória. A ausência de resposta significativa da soja a choques nas demais variáveis sugere relativa autonomia da sua dinâmica de preços, possivelmente influenciada por fatores externos como mercado internacional e câmbio. O conjunto das IRFs confirma os resultados da análise de causalidade de Granger, indicando que choques em boi, milho e frango têm efeitos relevantes entre si, mas que a soja tende a responder com menor intensidade às interações do sistema.

4.9. Análise das previsões realizadas pelo VEC

O gráfico apresentado ilustra as previsões geradas pelo modelo Vetorial Autorregressivo com Correção de Erros (VEC) para as séries logaritimadas dos preços do boi, frango, milho e soja, com horizonte de previsão curto. As linhas pretas contínuas representam os valores observados ao longo da amostra histórica, enquanto os segmentos

tracejados vermelhos correspondem às projeções do modelo a partir do ponto de corte da amostra. A transição visual entre as observações históricas e as previsões indica que o modelo conseguiu captar de forma satisfatória a tendência e o padrão de flutuação das séries.

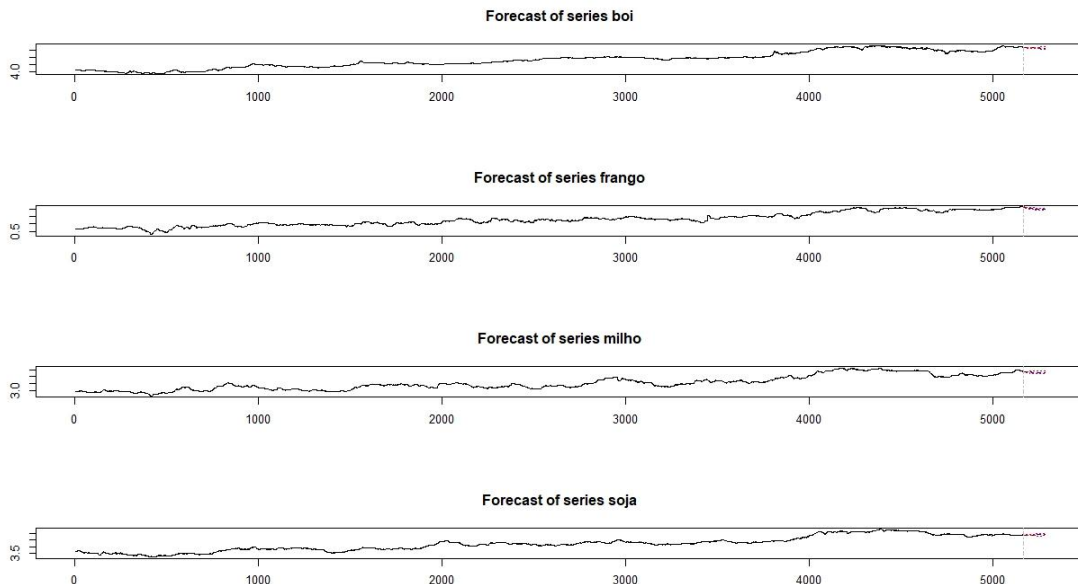


Figura 6: previsões do modelo VEC para as variáveis preço do boi, preço do frango, preço do milho e preço da soja.

Fonte: elaboração do autor com dados da pesquisa

Observa-se que, para todas as variáveis, as projeções são bastante conservadoras, mantendo as trajetórias mais recentes e sem oscilações abruptas, o que reflete a predominância das componentes de longo prazo capturadas pelo modelo cointegrado. No caso do boi e do frango, a projeção sugere manutenção do nível atual, refletindo a relativa estabilidade recente das respectivas séries. Para o milho e a soja, o modelo projeta uma leve continuidade da trajetória de recuperação observada nas fases mais recentes, sem prever choques significativos. O bom alinhamento entre valores previstos e observados reforça a adequação do modelo VEC para fins preditivos no curto prazo, embora eventuais choques exógenos — como mudanças cambiais, políticas agrícolas ou eventos climáticos — possam naturalmente afetar a precisão das previsões em horizontes mais longos, devido à estrutura inerentemente linear do modelo.

Em geral, no teste de causalidade de Granger, o boi não é Granger-causado por frango, milho ou soja, mas exerce influência significativa sobre todos eles. O frango, por sua vez, é Granger-causado por boi, milho e soja, e não causa milho ou soja, coerente com seu papel de variável mais dependente de custos de insumo. A soja é influenciada

por boi e milho, enquanto o milho ocupa posição central: além de ser afetado por boi e soja, também Granger-cause o frango. Em conjunto, os resultados apontam uma hierarquia assimétrica em que boi e milho funcionam como motores do sistema de preços, a soja atua como transmissora relevante e o frango aparece como elo mais dependente, alinhado à lógica da cadeia agropecuária.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa tem como proposta analisar as relações dinâmicas e de causalidade entre os preços da carne de frango, do boi gordo, do milho e da soja no Brasil, no período de 2004 a 2025, considerando tanto os vínculos de longo prazo, evidenciados pela cointegração, quanto os ajustes de curto prazo e a transmissão de choques exógenos entre as variáveis. Por meio da aplicação do Modelo Vetorial com Correção de Erros (VEC) e do teste de causalidade de Granger, a proposta busca identificar a estrutura de dependência temporal e a cadeia de influência entre as variáveis do sistema, permitindo compreender os mecanismos de ajuste que restabelecem o equilíbrio dos preços diante de perturbações. Essa abordagem econométrica robusta busca ir além da simples análise de correlação, capturando a dinâmica intersetorial e a propagação de choques ao longo da cadeia produtiva, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada da formação dos preços no mercado avícola brasileiro.

A investigação confirma a pertinência dessa abordagem; a análise dos resultados revela um quadro consistente da dinâmica dos preços do boi, frango, milho e soja no Brasil. A inspeção visual das séries em nível indicou tendências de longo prazo, volatilidade e não estacionaridade, justificando a aplicação da diferença logarítmica para estabilizar a variância e remover tendências, condição necessária à adequada especificação dos modelos VAR e VEC. As estatísticas descritivas confirmam esse diagnóstico: boi e soja apresentaram maior amplitude de variação, refletindo maior sensibilidade a fatores externos, como demanda internacional e taxa de câmbio, enquanto milho e frango mostraram relativa estabilidade, embora sujeitos a choques ocasionais.

A seleção do número de defasagens, com base em critérios de informação, recomendou ordens entre cinco e oito lags, compatíveis com a complexidade das relações entre as variáveis, garantindo um equilíbrio entre parcimônia e poder explicativo. O teste de Johansen indicou a presença de quatro vetores de cointegração, revelando forte integração entre os mercados ao longo do tempo e validando o uso do modelo VEC. Os coeficientes estimados indicaram que milho e soja atuam como transmissores de choques

no curto prazo, enquanto o boi apresentou maior sensibilidade no ajuste, possivelmente devido à sua importância estratégica no mercado interno e nas exportações.

As análises dos resíduos não indicaram autocorrelação significativa, reforçando a robustez do modelo e conferindo credibilidade às análises de causalidade e impulso-resposta. A causalidade de Granger indicou o boi e o milho como variáveis principais na formação de preços, influenciando diretamente o carne de frango e, em menor grau, a soja. O frango mostrou uma forte dependência dos insumos agrícolas, enquanto a soja apresentou maior autonomia, possivelmente devido ao seu perfil internacionalizado. As funções de impulso-resposta e a decomposição da variância confirmam essa estrutura hierárquica: os choques tendem a ser transitórios e, em grande parte, absorvidos internamente, destacando-se a predominância de choques próprios na explicação das variações futuras de boi, frango e milho.

Em síntese, os mercados agropecuários analisados apresentam uma interdependência assimétrica, com liderança do boi e do milho, além de vínculos estruturais de longo prazo. Essa configuração destaca a importância dos insumos agrícolas na precificação das proteínas animais e evidencia o papel estratégico do boi em um sistema sujeito a choques internos e externos. Esses resultados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo das condições macroeconômicas e setoriais que possam comprometer os equilíbrios estabelecidos entre essas cadeias produtivas.

5. REFERÊNCIAS

MAGDELAINE, P. & SPIESS, M.P. & Valceschini, Egizio. (2008). Poultry meat consumption trends in Europe. *World's Poultry Science Journal*. 64. 53 - 64. 10.1017/S0043933907001717.

VOILA, Márcia; TRICHES, Divanildo. A cadeia de carne de frango: uma análise dos mercados brasileiro e mundial de 2002 a 2012. *Revista Teoria e Evidência Econômica*, v. 21, n. 44, 2015.

Galle, V., Rachor, E., Arruda Coronel, D., Machado Pinto, N. G., & Costa, N. L. (2020). Vantagem comparativa revelada da indústria da carne de frango brasileira e dos principais players (2009-2016). *Revista Eletrônica Científica Da UERGS*

BAKER, David H. Advances in protein–amino acid nutrition of poultry. *Amino acids*, v. 37, n. 1, p. 29-41, 2009

CANEVER, Mario Duarte et al. A cadeia produtiva do frango de corte no Brasil e na Argentina. Concórdia: EMBRAPA-CNPASA, 1997. Documentos, 45, 1997.

IRZ, Xavier; NIEMI, Jyrki; XING, Liu. Determinants of food price inflation in Finland. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote*, n. 28, p. 1-7, 2012.

ÇOBAN, Ayşe; ÇOBAN, O.; COŞKUN, Ö. The effects on the red meats prices of feed price: The case of Turkey. In: 16th ITALY International Conference on Economics, Education, Humanities and Social Sciences Studies (E2HS3-19). 2019. p. 14-17.

BAFFES, John. A framework for analyzing the interplay among food, fuels, and biofuels. *Global Food Security*, v. 2, n. 2, p. 110–116, 2013.

GARCIA, Uelson S. et al. A influência do preço da carne bovina (boi gordo) na carne de frango no Brasil no período de 2007 a 2017. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 5, n. 7, p. 52–63, jul. 2018. ISSN 2448-0959.

SILVA, A. C. da; NETO, O. J. de O.; FIGUEIREDO, R. S. Mercado brasileiro de carnes: transmissão de preços. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 15870–15892, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n3-456.

KESKIN, Berkay; CINAR, Gokhan. O efeito de contágio de insumos importados sobre os preços dos frangos de corte na Turquia. *New Medit: Revista Mediterrânea de Economia, Agricultura e Meio Ambiente = Revue Méditerranéenne d'Economie Agriculture et Environment*, v. 17, n. 1, 2018.

PAVÃO, Andressa Rodrigues; FERREIRA FILHO, Joaquim Bento de Souza. Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 49, p. 81-108, 2011.

FELIX, R. M.; NUNES, L. C. Um modelo de previsão bayesiano para a área do euro. *Boletim Económico: Banco de Portugal*, Lisboa, p. 71–88, mar. 2002.

OLIVEIRA, S. G.; AMARAL FILHO, S. de; MURAKAMI, A. E. Alimentação de frangos de corte: composição e importância do milho e farelo de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 2, p. 301–309, 2005.

SANTANA, L. I. T. de; SILVA, J. M. da; ARAÚJO, L. da S.; MOREIRA, G. R.; STOSIC, T. Recurrence quantification analysis of Brazilian prices of corn, soybean and chicken meat. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, p. e9979109461, 2020.

DAVIDSON, R.; MACKINNON, J. G. *Econometric Theory and Methods*. Oxford: Oxford University Press, 2004. 656 p. ISBN 0-19-512372-7.

LÜTKEPOHL, Helmut. *New introduction to multiple time series analysis*. Springer Science & Business Media, 2005.

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. *Introdução à Econometria*. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2015.

ELLIOTT, G.; ROTHENBERG, T. J.; STOCK, J. H. Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root. *Econometrica*, v. 64, n. 4, p. 813–836, 1996.

NG, S.; PERRON, P. Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power. *Econometrica*, v. 69, n. 6, p. 1519–1554, 2001.

KWIATKOWSKI, D.; PHILLIPS, P. C. B.; SCHMIDT, P.; SHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, v. 54, n. 1-3, p. 159–178, 1992.

LEE, J.; STRAZICICH, M. C. Minimum LM Unit Root Test with Two Structural Breaks. *Review of Economics and Statistics*, v. 85, n. 4, p. 1082–1089, 2003. DOI: 10.1162/003465303772815893.

PAPPAS, D.; WEIDEMANN, J. An evaluation of unit root tests in the presence of nonlinearities and heteroscedasticity. *Applied Economics Letters*, v. 22, n. 1, p. 30–33, 2015.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 12, n. 2-3, p. 231-254, 1988.

ÇAKAR, Gülay; ARIKAN, Ali; et al. The spillover effect of imported inputs on broiler prices in Turkey. *New Medit*, Bari, v. 17, n. 3, p. 15–25, 2018.