

idp

v.6 n. 1
108

DEBATES EM ECONOMIA APLICADA

WORKING PAPER

**INFLUÊNCIAS MACROECONÔMICAS NA
VOLATILIDADE DOS DERIVATIVOS DE
COMMODITIES BRASILEIROS: UMA
ABORDAGEM DCC-GARCH**

NOEMI DA SILVA FERREIRA

INFLUÊNCIAS MACROECONÔMICAS NA VOLATILIDADE DOS DERIVATIVOS DE COMMODITIES BRASILEIROS: UMA ABORDAGEM DCC-GARCH

NOEMI DA SILVA FERREIRA^a

^aNoemi Da Silva Ferreira é Mestre em Economia pelo Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP). E-mail: noemi.economista@gmail.com. ORCID: 0009-0006-0892-9123.



IDP

O IDP é um centro de excelência no ensino, na pesquisa e na extensão nas áreas da Administração Pública, Direito e Economia. O Instituto tem como um de seus objetivos centrais a profusão e difusão do conhecimento de assuntos estratégicos nas áreas em que atua, constituindo-se um think tank independente que visa contribuir para as transformações sociais, políticas e econômicas do Brasil.

DIREÇÃO E COORDENAÇÃO

Diretor Geral

Francisco Schertel

Coordenador do Mestrado em Economia

José Luiz Rossi

CONSELHO EDITORIAL

Coordenação

Thiago Caldeira

Emmanuel Brasil

Supervisão e Revisão

Mathias Tessmann

Lucas Dutra

Projeto Gráfico e Diagramação

Juliana Vasconcelos

www.idp.edu.br

Revista Técnica voltada à divulgação de resultados preliminares de estudos e pesquisas aplicados em desenvolvimento por professores, pesquisadores e estudantes de pós-graduação com o objetivo de estimular a produção e a discussão de conhecimentos

DEBATES EM ECONOMIA APLICADA

técnicos relevantes na área de Economia.

Convidamos a comunidade acadêmica e profissional a enviar comentários e críticas aos autores, visando o aprimoramento dos trabalhos para futura publicação. Por seu propósito se concentrar na recepção de comentários e críticas, a Revista Debates em Economia Aplicada não possui ISSN e não fere o ineditismo dos trabalhos divulgados.

As publicações da Revista estão disponíveis para acesso e download gratuito no formato PDF. Acesse: www.idp.edu.br

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do IDP.

Qualquer citação aos trabalhos da Série só é permitida mediante autorização expressa do(s) autor(es).

SUMÁRIO

1	Introdução	5
2	Revisão da Literatura.....	6
2.1	Volatilidade e fatores macroeconômicos	6
2.2	Literatura Internacional	7
2.3	Literatura Nacional.....	7
3	Metodologia	8
3.1	Dados	8
3.2	DCC-GARCH.....	13
4	Resultados.....	15
4.1	Testes de Estacionalidade.....	16
4.2	Modelos GARCH Univariados	16
4.2.1	Estimativas GARCH Univariado.....	16
4.2.2	Volatilidade e Resíduos das Séries: boi gordo, café, milho e soja.	18
4.3	Modelo Multivariado – DCC GARCH	20
4.3.1	DCC-GARCH Boi Gordo.....	20
4.3.2	DCC-GARCH Café	22
4.3.3	DCC-GARCH Milho	23
4.3.4	DCC-GARCH Soja	24
4.4	Persistências das Séries.....	26
5	Conclusão.....	27
	Referências	28

RESUMO: Este trabalho busca investigar a relação entre derivativos futuros de commodities e de variáveis macroeconômicas ao identificar as influências das volatilidades do câmbio, juros e risco país nas volatilidades dos preços futuros do boi gordo, café, milho e soja negociados no Brasil. Para isso, são considerados o modelo DCC-GARCH e dados diários de dezembro de 2013 a outubro de 2024. Os resultados indicam que o risco-país apresenta uma associação positiva com a volatilidade dos derivativos de boi gordo, soja e café, enquanto exerce uma associação negativa com o milho. A taxa de juros tem uma influência negativa sobre boi gordo, soja e café, mas uma relação muito fraca e ligeiramente positiva com o milho. Em relação à taxa de câmbio, observa-se que o milho e a soja respondem de forma positiva à sua volatilidade, enquanto o boi gordo e o café apresentam uma associação negativa.

PALAVRAS-CHAVE: Volatilidade, Derivativos futuros, Commodities, Macroeconomia, DCC-GARCH.

ABSTRACT: This study aims to investigate the relationship between commodity futures derivatives and macroeconomic variables by identifying the influences of exchange rate, interest rate, and country risk volatilities on the volatilities of the futures prices of live cattle, coffee, corn, and soybeans traded in Brazil. The DCC-GARCH model and daily data from December 2013 to October 2024 are considered for this purpose. The results indicate that country risk has a positive association with the volatility of live cattle, soybean, and coffee derivatives, while showing a negative association with corn. The interest rate has a negative influence on live cattle, soybean, and coffee, but a very weak and slightly positive relationship with corn. Regarding the exchange rate, it is observed that corn and soybeans respond positively to its volatility, while live cattle and coffee show a negative association.

KEYWORDS: Volatility, futures derivatives, commodities, macroeconomics, DCC-GARCH.

RESUMEN: Este trabajo busca investigar la relación entre los derivados futuros de commodities y las variables macroeconómicas, identificando las influencias de las volatilidades del tipo de cambio, de la tasa de interés y del riesgo país sobre las volatilidades de los precios futuros del ganado en pie, café, maíz y soja negociados en Brasil. Para ello, se consideran el modelo DCC-GARCH y datos diarios desde diciembre de 2013 hasta octubre de 2024. Los resultados indican que el riesgo país presenta una asociación positiva con la volatilidad de los derivados de ganado en pie, soja y café, mientras que ejerce una asociación negativa con el maíz. La tasa de interés tiene una influencia negativa sobre el ganado en pie, la soja y el café, pero una relación muy débil y ligeramente positiva con el maíz. En cuanto al tipo de cambio, se observa que el maíz y la soja responden de manera positiva a su volatilidad, mientras que el ganado en pie y el café presentan una asociación negativa.

PALABRAS CLAVE: Volatilidad, Derivados futuros, Commodities, Macroeconomía, DCC-GARCH.

CLASSIFICAÇÃO JEL: C32, C58, G13, Q11, Q14

1 Introdução

As commodities agrícolas desempenham papel central na economia brasileira, tanto pela relevância nas exportações quanto pela influência que exercem sobre diversos setores produtivos. O Brasil consolidou-se, nas últimas décadas, como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de soja, milho, café e carne bovina, tornando esses mercados particularmente sensíveis a choques externos e à volatilidade financeira. Nesse contexto, compreender o comportamento dos preços futuros dessas commodities é fundamental para estratégias de hedge, gestão de risco e planejamento econômico.

Diante dessa relevância, este estudo busca responder à seguinte pergunta de pesquisa: em que medida a volatilidade do câmbio, da taxa de juros e do risco país está associada à volatilidade dos preços futuros de boi gordo, café, milho e soja negociados no Brasil? A hipótese central é que a instabilidade dessas variáveis macroeconômicas tende a aumentar a volatilidade dos preços futuros das commodities, ainda que com intensidades distintas entre os diferentes mercados.

Essa hipótese fundamenta-se em mecanismos econômicos amplamente discutidos na literatura. Variações cambiais afetam diretamente preços de commodities cotadas em dólar, transmitindo choques externos ao mercado doméstico e ampliando a volatilidade [Chabana \(2024\)](#). Taxas de juros mais elevadas alteram o custo de carregamento e reduzem incentivos especulativos, influenciando a dinâmica dos preços futuros [Gouel, Ma e Stachurski \(2024\)](#); [Schnabel \(2010\)](#). Já o risco país aumenta o prêmio exigido pelos investidores e intensifica a sensibilidade dos mercados a choques globais, especialmente em economias exportadoras [Monterroso e Vilán \(2025\)](#); [Arezki et al. \(2025\)](#).

A literatura internacional mostra que mercados emergentes respondem fortemente a choques macroeconômicos, mas essa produção concentra-se majoritariamente em países asiáticos. No Brasil, estudos sobre commodities agrícolas utilizam predominantemente modelos univariados de volatilidade, sem incorporar variáveis macroeconômicas ou capturar correlações dinâmicas ao longo do tempo. Permanece, portanto, uma lacuna importante: ainda não se analisou como câmbio, juros e risco país se relacionam dinamicamente com a volatilidade dos preços futuros de boi gordo, café, milho e soja utilizando um modelo multivariado como o DCC GARCH.

A contribuição deste artigo consiste em aplicar o modelo DCC GARCH para estimar a evolução temporal das correlações condicionais entre cada commodity e as variáveis macroeconômicas selecionadas. Essa abordagem permite observar como choques em câmbio, juros e risco país se propagam para a volatilidade dos mercados futuros agrícolas, oferecendo uma representação mais realista da interação entre condições macroeconômicas e preços de commodities.

Os resultados mostram que os efeitos das variáveis macroeconômicas não são homogêneos: o boi gordo apresenta baixa sensibilidade às oscilações macroeconômicas; o café reage moderadamente ao câmbio e ao risco país; o milho é fortemente afetado pela

volatilidade cambial; e a soja apresenta alta sensibilidade tanto ao câmbio quanto ao risco país. Esses achados reforçam a heterogeneidade estrutural dos mercados agrícolas brasileiros e a necessidade de análises específicas para cada commodity.

Por fim, este trabalho é composto por mais quatro seções. A segunda seção fornece uma breve revisão da literatura sobre o tema. A terceira seção detalha a base de dados e o modelo econométrico empregados. A quarta seção apresenta e analisa os resultados. Finalmente, a quinta seção traz as conclusões.

2 Revisão da Literatura

A literatura sobre mercados futuros de commodities aponta que a formação de preços é influenciada por fundamentos microeconômicos — como custos de carregamento e condições de armazenagem — e por fatores macroeconômicos, como câmbio, juros e risco país. No entanto, embora esses elementos estejam presentes na teoria clássica de formação de preços, ainda são escassas as pesquisas que integram tais fundamentos à dinâmica da volatilidade condicional dos contratos futuros, especialmente em economias emergentes como o Brasil. Esta revisão é organizada em três eixos: fundamentos de volatilidade e fatores macroeconômicos, literatura internacional e literatura nacional.

2.1 Volatilidade e fatores macroeconômicos

Estudos clássicos sobre mercados futuros, como [Assaf Neto \(2000\)](#), destacam que diferenças entre preços à vista e futuros decorrem do custo de carregamento, enquanto [Oliveira \(2020\)](#) aponta que fenômenos como contango e backwardation rompem a paridade teórica entre mercados. Embora relevantes para explicar a formação de preços, esses fundamentos não identificam como choques macroeconômicos alteram a volatilidade dos contratos futuros.

A literatura recente destaca mecanismos macroeconômicos que exercem influência direta sobre a dinâmica dos preços futuros de commodities. O câmbio, por exemplo, afeta imediatamente produtos cotados em dólar, transmitindo para o mercado doméstico oscilações externas que podem intensificar a volatilidade observada nas séries [Chabana \(2024\)](#). A taxa de juros também desempenha um papel central, pois altera o custo de carregamento e os incentivos ao armazenamento, afetando tanto decisões de oferta quanto o comportamento especulativo dos agentes. Essa relação é amplamente discutida em modelos como o *competitive storage* e o *cost of carry*, que demonstram como alterações nas condições monetárias reverberam nos mercados de commodities [Gouel, Ma e Stachurski \(2024\)](#); [Schnabel \(2010\)](#).

Outro mecanismo relevante é o risco país, que amplia a vulnerabilidade de economias exportadoras a choques externos e aumenta o prêmio de risco exigido pelos investidores. Estudos recentes mostram que elevações no risco soberano tendem a alterar expectativas, encarecer o financiamento e ampliar a instabilidade em ativos sensíveis a condições ma-

croeconômicas [Monterroso e Vilán \(2025\)](#); [Arezki et al. \(2025\)](#). Em conjunto, esses fatores evidenciam que a volatilidade das commodities não depende apenas de fundamentos microeconômicos, mas também de condições macroeconômicas dinâmicas, capazes de modificar o comportamento dos preços futuros por meio de canais financeiros, expectativas de retorno e pressões externas.

Apesar disso, a literatura ainda carece de estudos que integrem fundamentos microeconômicos e macroeconômicos em modelos de volatilidade condicional para commodities agrícolas brasileiras. Esta lacuna justifica a adoção de modelos multivariados dinâmicos como o DCC GARCH para capturar as correlações temporais entre fatores macroeconômicos e a volatilidade dos preços futuros.

2.2 Literatura Internacional

A literatura internacional evidencia que fatores macroeconômicos influenciam de forma significativa a volatilidade de commodities, especialmente em mercados emergentes. [Mo et al. \(2018\)](#), ao analisar China e Índia, mostram que choques macroeconômicos internos e externos afetam a volatilidade de derivativos, reforçando o papel de variáveis como câmbio e juros. [Mishra e Murugesan \(2024\)](#), por meio do modelo DCC GARCH, identificam correlações dinâmicas entre commodities agrícolas indianas, enquanto [Sreenu e Rao \(2021\)](#) demonstram, com o GARCH MIDAS, que variáveis macroeconômicas de baixa frequência influenciam a volatilidade de longo prazo.

Estudos mais recentes ampliam essa perspectiva. [Adhikari e Putnam \(2025\)](#) evidenciam que condições macroeconômicas e indicadores de estresse financeiro moldam o comportamento das commodities, e que relações dinâmicas entre especulação, retornos e fatores macroeconômicos podem ser capturadas por modelos como DCC, regressões quantílicas e regimes de Markov. [Monterroso e Vilán \(2025\)](#) aponta a elevada sensibilidade de mercados emergentes à volatilidade global, enquanto [Arezki et al. \(2025\)](#) destaca que choques de preços de commodities afetam a estabilidade macroeconômica de países exportadores.

Apesar dessas contribuições, eles permanecem amplamente concentrados em mercados asiáticos ou em análises globais. Assim, permanece uma lacuna quanto à compreensão da interação dinâmica entre volatilidade macroeconômica e contratos futuros de commodities agrícolas no Brasil.

2.3 Literatura Nacional

A literatura nacional sobre volatilidade de commodities agrícolas tem se concentrado, majoritariamente, na aplicação de modelos da família GARCH para investigar características estatísticas das séries de preços. [Silva, Sáfiadi e Castro Júnior \(2005\)](#) analisa café e soja e encontra forte persistência e assimetria, com choques negativos gerando maior volatilidade do que choques positivos. De forma semelhante, [Ceretta, Venturini e Gendelsky \(2007\)](#) estudam

algodão, café, milho, soja e trigo e reforçam que a volatilidade apresenta comportamento temporal complexo, relevante para estratégias de hedge.

Freitas e Sáfadi (2015), utilizando o modelo APARCH, examinam séries de açúcar, soja, café e boi gordo e verificam persistência e caudas pesadas, embora sem evidência robusta de efeito assimétrico. Outros trabalhos, como Do, *Análise da Volatilidade dos Preços et al.* (2007), Dos Santos (2018) e Gaio et al. (2006), também identificam volatilidade persistente, assimetria e agrupamento de choques nas séries brasileiras, características típicas de mercados sujeitos a risco elevado e eventos extremos.

Apesar dos avanços, a literatura nacional permanece centrada em modelos univariados, e poucos estudos incorporam variáveis macroeconômicas como determinantes da volatilidade. Essa lacuna limita a compreensão da dinâmica conjunta entre a volatilidade das commodities e fatores macroeconômicos. Assim, este artigo avança ao aplicar o modelo DCC GARCH para investigar como câmbio, juros e risco país se relacionam, ao longo do tempo, com a volatilidade de boi gordo, café, milho e soja — oferecendo uma perspectiva inédita para o estudo da dinâmica dos mercados futuros agrícolas no Brasil.

3 Metodologia

Apresentamos a metodologia utilizada para avaliar como as variáveis macroeconômicas — taxa de juros, risco país e câmbio — influenciam a volatilidade dos derivativos futuros de boi gordo, café, milho e soja. O modelo DCC-GARCH permite capturar essas relações ao estimar a dinâmica conjunta das volatilidades e suas interdependências ao longo do tempo.

3.1 Dados

A base de dados utilizada foram os preços de fechamento dos derivativos futuros de commodities agrícolas: boi gordo (*live cattle*) – BGI; CCM; café (café arábica) – ICF; milho (*corn*) –e, soja (*soybeans*) – SFI, negociadas na Bolsa de Valores Brasileira – B3. E as séries macroeconômicas: taxas de juros CDI (DIJc2): Este indicador reflete a taxa média de juros praticada entre os bancos em transações de um dia; risco Brasil EWZ (*iShares MSCI Brazil ETF*): índice que busca refletir a performance do índice *iShares MSCI Brazil Capped*, composto por empresas brasileiras de médio e grande porte listadas na bolsa de valores. Indica a confiança dos investidores na economia brasileira e permite compreender a demanda internacional por empresas brasileiras; e, taxa de câmbio USD/BR indica o valor do dólar americano em relação ao real brasileiro. Flutuações na taxa de câmbio podem afetar os preços das commodities, porque boa parte delas são negociadas em dólares no mercado internacional. Todas as séries possuem frequência diária (período de dezembro de 2013 até outubro de 2024).

As séries utilizadas foram transformadas em logaritmos naturais, porque os retornos¹ logarítmicos medem a variação percentual de um preço ao longo do tempo usando logaritmo natural. O que permite estabilizar a variância – a transformação logarítmica diminui a variabilidade das séries – Engle (2002); e, aproximar-se da distribuição normal², o que melhora os desempenhos dos modelos GARCH pois as séries financeiras frequentemente apresentam caudas mais pesadas. O cálculo do retorno logaritmo é feito da seguinte forma:

$$r_t = \ln \left(\frac{p_t}{p_{t-1}} \right) \quad (1)$$

onde r_t representa log retorno no tempo t , p_t é o preço da série no tempo t , p_{t-1} é da série no tempo anterior, e \ln é o logaritmo natural.

A Figura 1 mostra que os retornos das séries boi gordo e milho apresentam baixa amplitude entre 2013 a 2019, com oscilações contidas. A partir de 2019, observa-se aumento dos picos indicando maior volatilidade³ e evidência de heterocedasticidade condicional. No caso do café, a amplitude é elevada no início da série (2013–2014), reduz-se entre 2015 e 2020 e volta a crescer nos períodos finais, formando um padrão em “U”. A série da soja exibe comportamento semelhante, mas com quedas negativas mais acentuadas, sugerindo a presença de assimetria⁴ nos choques.

Na Figura 2, a série taxa de juros apresenta um comportamento oscilatório, marcado por sucessivos picos e vales que, visualmente, lembram formas triangulares ascendentes e descendentes. Observa-se variações cíclicas, em que períodos de alta são seguidos por quedas, sugerindo um padrão de alternância que pode estar associado a decisões de política monetária ou à resposta do mercado frente a choques econômicos. A série do risco-país exibe uma variação oscilatória com picos positivos e negativos de amplitudes semelhantes ao longo do tempo. Essa configuração sugere uma alternância regular entre momentos de maior e menor percepção de risco. Há dois episódios em que a série apresenta quedas abruptas, configurando picos negativos acentuados. 2016 (pode estar relacionado a instabilidade política) e entre 2019 e 2020 (que pode estar relacionado a crise sanitária da covid 19). A série de câmbio começa com variações moderadas. No decorrer do tempo, essas oscilações se intensificam, ampliando a amplitude dos picos. Os choques na série câmbio e risco país ocorreram no mesmo período entretanto respectivamente na primeira o pico foi negativo e na segunda positivo.

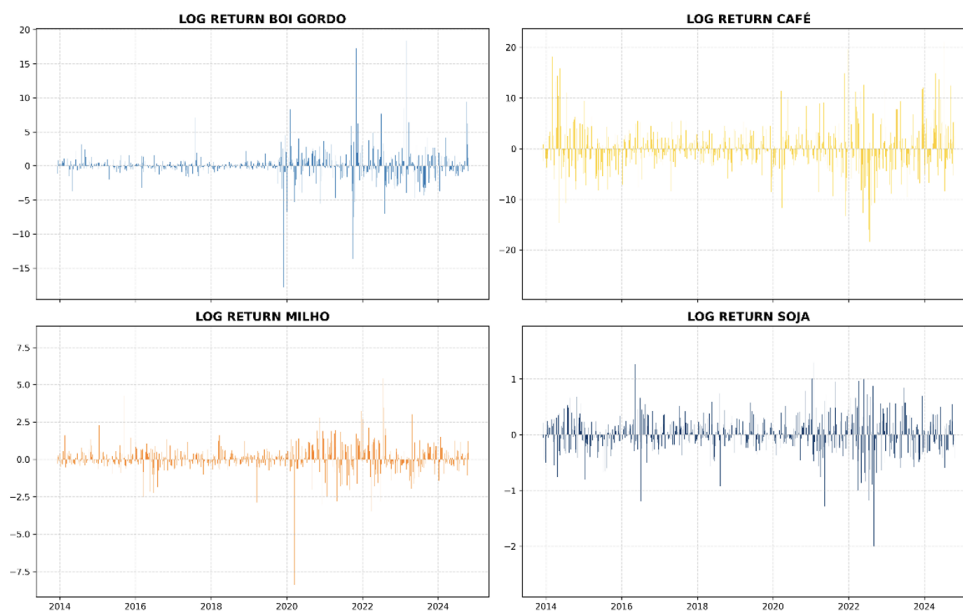
¹Conforme Ajube (2007) a maioria dos estudos financeiros concentram-se na análise de séries de retornos ao invés do uso da série de preços, porque o retorno contém as informações que atendam aos interesses dos investidores e possui propriedades estatísticas mais interessantes que a série de preços.

²De Assis et al. (2023) A transformação logarítmica estabiliza a variância, na situação em que as variâncias são proporcionais ao quadrado das médias dos tratamentos. Em alguns casos, pode contribuir para a normalização dos dados e para a adequação do modelo aditivo linear.

³Aurélio (2012) expressa que quanto mais alta os valores encontrados, maior será a volatilidade e em consequência maior será a incerteza

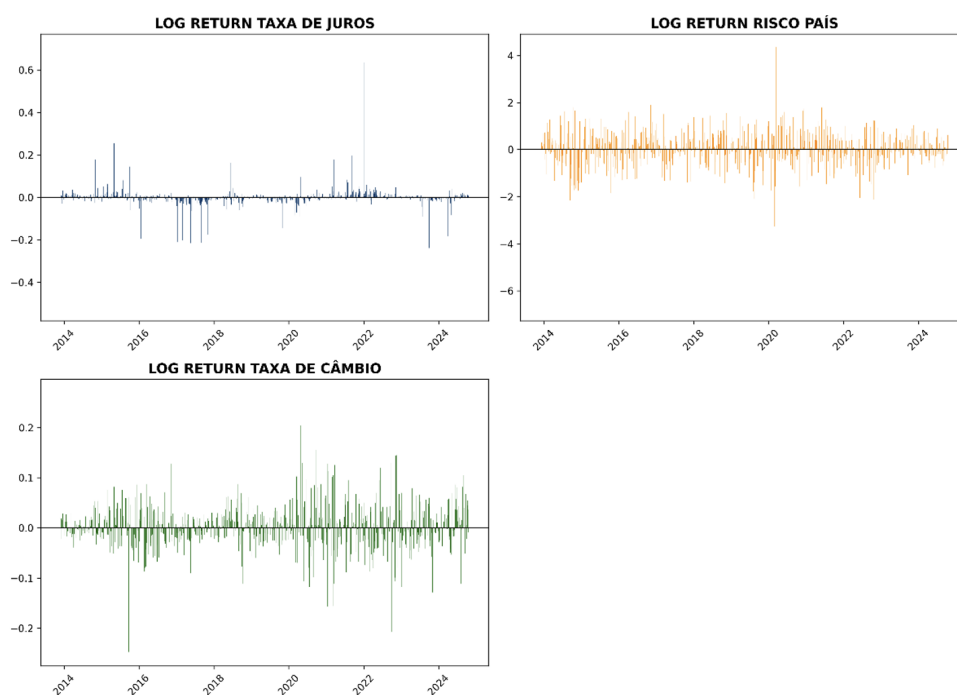
⁴Aurélio (2012) A assimetria na volatilidade trata-se de um fenômeno em que descidas inesperadas no preço dos ativos aumentam a volatilidade mais do que subidas do preço de igual dimensão. Ou seja, no comportamento de algumas sucessões cronológicas financeiras, o risco associado a uma ação ou carteira de ações é normalmente maior a seguir a acontecimentos

Figura 1: Logaritmos Naturais das Séries de Commodities



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 2: Logaritmos Naturais das Variáveis Macroeconômicas



Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das séries em logaritmos, incluindo média, desvio padrão, valores mínimo e máximo, curtose e assimetria. As séries de boi gordo (0,0735) e café (0,0661) exibem médias positivas moderadas, enquanto milho e soja apresentam valores próximos de zero. O desvio padrão mais elevado nessas duas primeiras séries indica maior volatilidade. A curtose elevada em variáveis como juros revela distribuições com caudas pesadas, característica compatível com modelos GARCH. A assimetria mostra a direção das distribuições: valores positivos sugerem cauda à direita (como milho) e valores negativos indicam tendência à esquerda (como soja).

Tabela 1: Estatísticas Descritivas

Séries	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Curtose	Assimetria
Boi Gordo	0.0735	2.0783	-17.8000	18.3800	22.2231	0.0602
Café	0.0661	4.2895	-27.3000	21.3000	6.5185	0.1856
Juros	0.0004	0.0484	-0.5200	0.7080	61.6491	2.9631
Risco País	-0.0064	0.7480	-8.9900	3.0300	18.8117	-1.5265
Milho	0.0158	0.8827	-8.3800	8.1100	15.7537	0.5210
Soja	-0.0029	0.3514	-2.6900	1.7300	10.5757	-0.8693
Câmbio	0.0012	0.0414	-0.2492	0.3728	8.9632	0.2680

Fonte: Elaborado pela autora

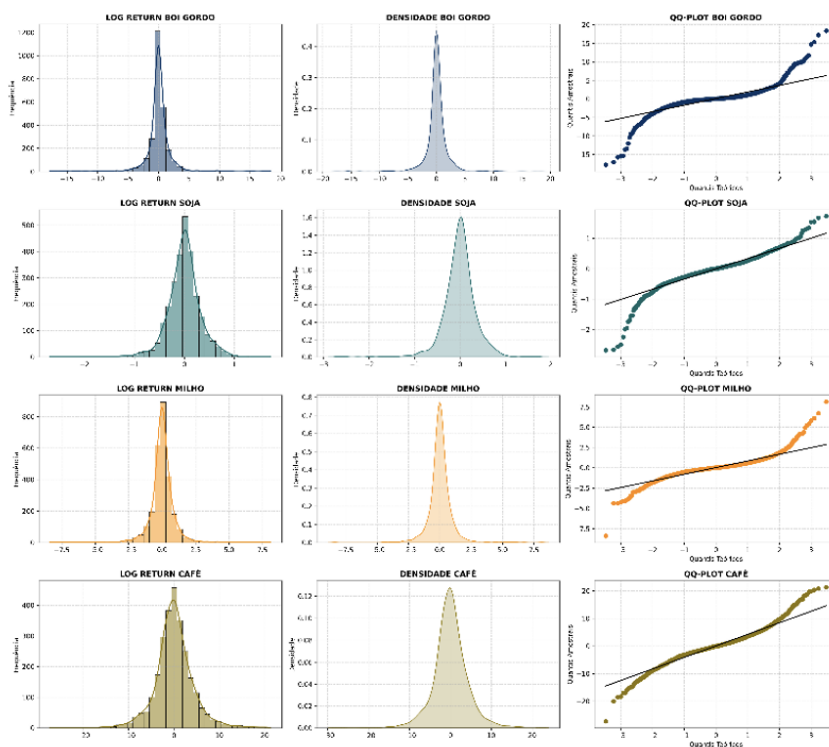
As Figuras 3 e 4 demonstram as distribuições dos retornos logarítmicos das séries com maiores detalhes por meio dos histogramas de cada série. Neles, observamos as principais características das distribuições: dispersão dos dados, assimetrias e curtoses, além de identificar desvios em relação à normalidade. Quanto a assimetria, as variáveis risco país e soja tem cauda para esquerda. Juros têm cauda para direita, bem como as demais variáveis. As séries boi gordo, milho e juros apresentam menos dispersão. Quanto à curtose, todas têm distribuições leptocúrticas (distribuição de dados que apresenta um pico relativamente alto e um coeficiente de curtose maior que 3).

Na Tabela 2 apresentamos o teste Jarque Bera e o Ljung Box das séries de retorno logaritmos, em que pelo Jarque Bera indicou todas as séries não seguem distribuição normal (p-valor = 0). É esperado que séries financeiras tenham caudas pesadas e assimétricas. A não normalidade das séries temporais pode ser vistas também nos histogramas das séries (Figuras 3 e 4).

Costa e Baidya (2001) analisou as propriedades estatísticas de séries de retornos financeiras (ações brasileiras) as quais apresentaram a não normalidade vista em teste Jarque Bera. Ele cita o trabalho de Fama (1965) concluiu que as séries financeiras têm distribuições com caudas pesadas incompatíveis com a da distribuição normal:

“A explicação mais aceita atualmente para as caudas pesadas das distribuições de retornos é a de mistura de distribuições; muitos autores, como Praetz (1972) e Clark (1973) argumentam que esta mistura é de distribuições normais. A ideia da mistura de normais deu origem a muitos modelos não lineares para as séries de

Figura 3: Histograma das Séries de Commodities



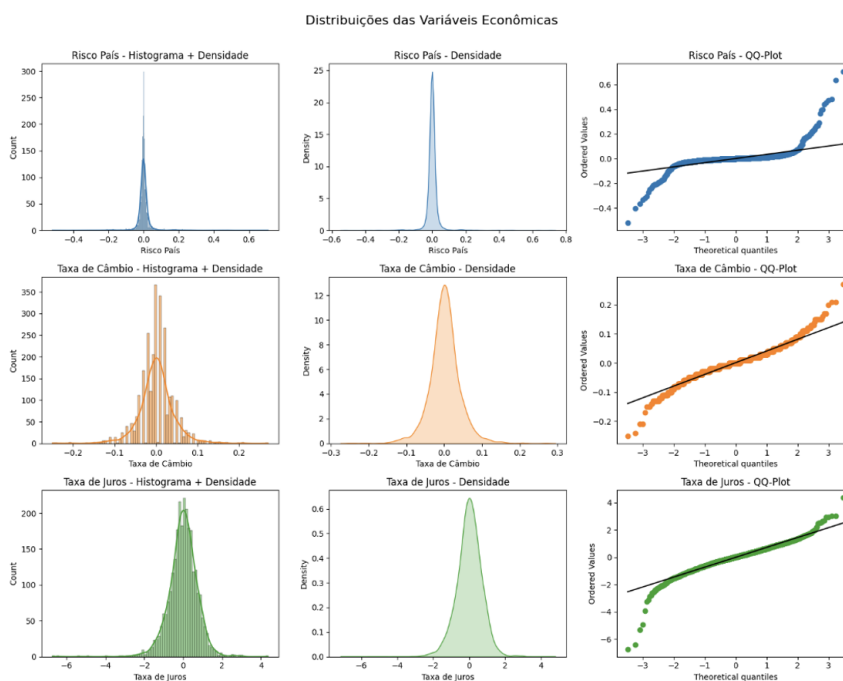
Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 2: Teste de Jarque Bera e Ljung Box das séries temporais

Série	Estatística JB	p-valor JB	Normalidade	Estatística LB	p-valor LB	Autocorrelação
Boi Gordo	41.373,41	0.0000	Não	55.39	< 0.000001	Sim
Café	1.403,53	0.0000	Não	32.12	0.00038	Sim
Milho	18.434,56	0.0000	Não	50.85	< 0.000001	Sim
Risco País	29.077,54	0.0000	Não	8.37	0.5931	Não
Soja	6.794,12	0.0000	Não	19.29	0.0367	Sim
Taxa Câmbio	4.019,36	0.0000	Não	32.18	0.00037	Sim
Taxa Juros	389.616,57	0.0000	Não	255.11	< 0.000001	Sim

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 4: Histograma das Variáveis macroeconômicas



Fonte: Elaborado pela autora

retornos e os mais difundidos nesta linha são os da família GARCH, introduzida por Engel (1982) e generalizada por Bollerslev (1986), onde fica caracterizada uma dependência não linear entre os retornos, função da dependência serial da variância condicional”

3.2 DCC-GARCH

O modelo DCC GARCH (*Dynamic Conditional Correlation – Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*), conforme Engle (2002), permite modelar a evolução temporal das correlações condicionais entre séries financeiras, ajustando-se às mudanças que ocorrem ao longo do tempo. Essa abordagem é particularmente adequada para mercados futuros de commodities, nos quais as interdependências entre volatilidades não são estáticas, mas variam conforme choques econômicos.

Modelagem Univariada de Volatilidade

O primeiro passo do DCC GARCH consiste na estimação de cada série (boi gordo, café, milho e soja) individualmente, sem considerar relações com outras séries, a fim de obter as propriedades dinâmicas exclusivas de cada uma delas e suas variâncias condicionais. Essa

etapa é necessária porque o DCC GARCH utiliza essas variâncias univariadas para compor a matriz de variância covariância condicional multivariada.

A equação da média para cada série de commodities foi formulada como:

$$\gamma_t = C + \beta_1 \cdot CDI + \beta_2 \cdot EWZ + \beta_3 \cdot USD_BRL + \varepsilon_t \quad (2)$$

onde γ_t representa a série de preços futuros da commodity em logaritmos naturais, C é o intercepto, e β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes das variáveis exógenas: juros (cdi), risco país (ewz) e câmbio (usd/brl), respectivamente. O termo ε_t denota o termo de erro, que é assumido como heterocedástico.

A equação da variância condicional foi especificada como um GARCH (1,1):

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \cdot h_{t-1} \quad (3)$$

onde h_t é a variância condicional no período α_0 é o termo constante, α_1 captura o efeito ARCH (impacto dos choques anteriores na variância condicional) e β_1 captura o efeito GARCH (persistência dos choques de volatilidade ao longo do tempo).

Estrutura e especificação do Modelo DCC-GARCH

O modelo DCC-GARCH, divide a matriz de variância-covariância condicional conjunta H_t em dois componentes principais: i) matriz diagonal D_t , a qual inclui as variâncias condicionais univariadas de cada série; e, ii) matriz de correlação condicional dinâmica R_t , cuja função é capturar a evolução temporal das correlações entre as séries. É formulado com a seguinte especificação:

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (4)$$

onde:

- H_t é a matriz de variância-condicional conjunta.
- D_t é uma matriz diagonal contendo as variâncias condicionais univariadas de cada série de commodities.
- R_t é a matriz de correlação condicional dinâmica, que captura as interdependências temporais entre as séries de commodities.

De acordo [Engle \(2002\)](#), a matriz R_t é atualizada em cada período, permitindo que as correlações entre as séries mudem ao longo do tempo.

A escolha do modelo GARCH(1,1) se justifica porque séries financeiras e de commodities apresentam características estilizadas — como agrupamento de volatilidade, assimetria e caudas pesadas — que não são capturadas por modelos lineares. Conforme [Bollerslev \(1986\)](#), o GARCH(1,1) oferece parcimônia e alta capacidade de capturar persistência da volatilidade.

A extensão para o DCC [Engle \(2002\)](#) permite modelar de forma dinâmica as correlações condicionais entre a volatilidade de cada commodity e as variáveis macroeconômicas, aspecto essencial para identificar como esses fatores se relacionam ao longo do tempo.

Optou-se por não incluir termos autoregressivos (ARMA) na equação da média porque o objetivo do estudo não é prever preços, e sim analisar a dinâmica da volatilidade e das correlações. Além disso, testes preliminares (ACF, PACF e Ljung Box) indicaram ausência de autocorrelação significativa nos resíduos, reforçando a adequação da especificação. Essa decisão segue a literatura que recomenda parcimônia em modelos GARCH: [Bueno \(2002\)](#).

Processo de Estimativa dos Parâmetros

O processo de ajuste dos parâmetros no modelo DCC GARCH ocorre em duas etapas. Na primeira, realiza-se a modelagem univariada GARCH(1,1), conforme descrito no item 3.2. Na segunda etapa, procede-se ao ajuste do processo DCC, a partir dos resíduos padronizados obtidos dos modelos univariados. É com base nesses resíduos que o procedimento DCC estima a estrutura de correlação condicional entre as séries. A estimação dos parâmetros do modelo multivariado foi realizada no software R, por meio da função *dccfit*, que constrói a matriz de correlação condicional dinâmica R_t .

Interpretação das Correlações Dinâmicas

[Engle \(2002\)](#) destaca que o modelo DCC apresenta a propriedade de que as previsões de volatilidade multivariadas e univariadas são consistentes entre si. Além disso, quando novas séries são incluídas no sistema, as previsões das séries originais tendem a permanecer inalteradas, salvo em especificações que modifiquem diretamente a estrutura condicional. O modelo permite: (i) monitorar a evolução temporal das correlações entre a volatilidade das commodities e as variáveis macroeconômicas; e (ii) compreender como choques nessas variáveis se propagam para as demais séries.

Validação do Modelo

A validação do modelo foi realizada por meio da análise dos resíduos padronizados e da aplicação de testes adicionais de autocorrelação. A inspeção gráfica (ACF e PACF) não evidenciou dependência temporal residual. O teste de Ljung Box confirmou a ausência de autocorrelação significativa, rejeitando a hipótese de dependência nos resíduos. Esses resultados indicam que o modelo capturou adequadamente as estruturas temporais relevantes e produziu estimativas consistentes da volatilidade e das correlações dinâmicas.

4 Resultados

4.1 Testes de Estacionalidade

As séries foram transformadas em logaritmos naturais para estabilizar a variância e reduzir tendências e sazonalidades, garantindo maior robustez. Os testes indicaram rejeição da hipótese nula (H_0 : série não estacionária) para todas as séries, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Estacionalidade das Séries

Série	Teste	Estatística do Teste	Valor_p	Hipótese
Boi Gordo	ADF	-11.921625	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Café	ADF	-15.771272	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Juros	ADF	-8.793261	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Risco País	ADF	-13.805737	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Milho	ADF	-13.331937	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Soja	ADF	-13.032185	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Câmbio	ADF	-13.512634	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Boi Gordo	PP	-2704.334917	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Café	PP	-3290.959265	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Juros	PP	-3630.233157	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Risco País	P	-2630.229605	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Milho	P	-2650.934932	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Soja	PP	-2743.551525	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Câmbio	PP	-2524.506812	0,01	Rejeitar H0 (estacionária)
Boi Gordo	DF-GLS	-24.471990	NA	Rejeitar H0 (estacionária)
Café	DF-GLS	-17.422776	NA	Rejeitar H0 (estacionária)
Juros	DF-GLS	-23.160891	NA	Rejeitar H0 (estacionária)
Risco País	DF-GLS	-23.247982	NA	Rejeitar H0 (estacionária)
Milho	DF-GLS	-19.634567	NA	Rejeitar H0 (estacionária)
Soja	DF-GLS	-25.019876	NA	Rejeitar H0 (estacionária)
Câmbio	DF-GLS	-21.934221	NA	Rejeitar H0 (estacionária)

Fonte: Elaborado pela autora

4.2 Modelos GARCH Univariados

4.2.1 Estimativas GARCH Univariado

Os resultados do GARCH Univariado (Tabela 4) integram o processo DCC-GARCH e avaliam o impacto de juros, câmbio e risco país sobre a média e volatilidade dos derivativos futuros (boi gordo, café, milho e soja). Observa-se que o termo constante da variância (ω) é significativo para todas as séries, indicando que choques passados influenciam a volatilidade

atual. Além disso, os coeficientes β_1 também são significativos, evidenciando forte persistência da volatilidade ao longo do tempo.

Tabela 4: Estimativa GARCH Univariado

	Termo	Estimativa	Erro Padrão	Estatística Z	Valor_p
Boi gordo	MU	0,042141	0,02065677	2,0400545	0,0413449
Boi gordo	mxreg1 (juros)	-0,014162	0,0307177	-0,46105301	0,64476057
Boi gordo	mxreg2 (Risco País)	0,868335	0,51224232	1,69516503	0,09004412
Boi gordo	mxreg3 (Câmbio)	-0,406521	0,68529146	-0,59320953	0,55304093
Boi gordo	omega	0,006382	0,00105324	6,0593269	1,37E-09
Boi gordo	alpha1	0,030043	0,0019214	15,6362262	0
Boi gordo	beta1	0,968957	0,0016686	580,699252	0
Café	MU	0,041857	0,06198758	0,67524193	0,49952207
Café	mxreg1 (juros)	-0,07078	1,39238575	-0,05083351	0,95945819
Café	mxreg2 (Risco País)	0,456586	0,09432184	4,84072348	1,29E-06
Café	mxreg3 (Câmbio)	-13,08494	1,74574926	-7,49531226	6,62E-14
Café	ômega	0,194325	0,06479109	2,99925237	2,71E-03
Café	alpha1	0,081084	0,01486906	5,4531783	4,95E-08
Café	beta1	0,910686	0,01639897	55,5331212	0
Milho	MU	-0,001838	0,01337854	-0,13735513	0,8907501
Milho	mxreg1 (juros)	1,289161	0,30278293	4,25770772	2,07E-05
Milho	mxreg2 (Risco País)	0,063705	0,02170218	2,9353994	0,00333119
Milho	mxreg3 (Câmbio)	2,646173	0,43710639	6,05384089	1,41E-09
Milho	omega	0,00396	0,00061311	6,45871014	1,06E-10
Milho	alpha1	0,026061	0,00224517	11,6074371	0
Milho	beta1	0,969776	0,00196046	494,666143	0
Soja	mu	-0,001838	0,01337854	-0,13735513	0,8907501
Soja	mxreg1 (juros)	1,289161	0,30278293	4,25770772	2,07E-05
Soja	mxreg2 (Risco País)	0,063705	0,02170218	2,9353994	0,00333119
Soja	mxreg3 (Câmbio)	2,646173	0,43710639	6,05384089	1,41E-09
Soja	omega	0,00396	0,00061311	6,45871014	1,06E-10
Soja	alpha1	0,026061	0,00224517	11,6074371	0
Soja	beta1	0,969776	0,00196046	494,666143	0

Fonte: Elaborado pela autora

Observa-se (Tabela 4) a série boi gordo, o intercepto ($\mu = 0,0421$; $p = 0,0413$) indica tendência positiva significativa, enquanto juros ($-0,0142$; $p = 0,6448$) e câmbio ($-0,4065$; $p = 0,5530$) não são significativos. Risco país ($-0,8683$; $p = 0,0900$) sugere relação positiva moderada. A Série café, $\mu = 0,0419$ ($p = 0,4995$) indica média positiva não significativa; juros ($-0,0708$; $p = 0,9595$) também não significativo. Já câmbio ($-13,0849$) e risco país ($-0,4566$; $p < 0,001$) apresentam efeito inverso forte sobre o preço. A série milho, $\mu = -0,0018$ ($p = 0,8908$) indica média negativa não significativa. Juros ($1,2892$; $p < 0,0001$), câmbio ($2,6462$; $p < 0,001$) e risco país ($0,0637$; $p = 0,0033$) são positivos e altamente significativos. E a série soja, $\mu = -0,0018$ ($p = 0,8908$) sugere média negativa não significativa; juros ($1,2892$; $p < 0,0001$), câmbio ($2,6462$; $p < 0,0001$) e risco país ($0,0637$; $p = 0,0033$) são significativos,

indicando relação positiva com os preços.

Os resultados revelam heterogeneidade nos efeitos das variáveis macroeconômicas sobre as séries analisadas. Enquanto câmbio e risco país exercem influência negativa sobre o café, apresentam impacto positivo e significativo sobre milho e soja. A persistência da volatilidade, evidenciada pelos coeficientes β_1 , reforça a necessidade de modelos dinâmicos para capturar adequadamente a estrutura temporal dos preços.

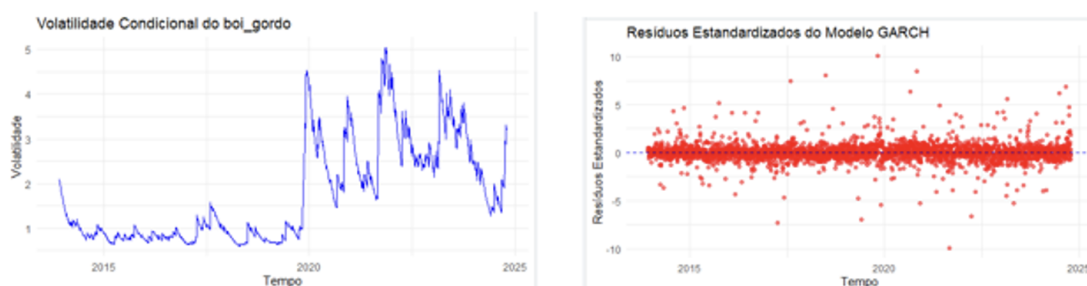
4.2.2 Volatilidade e Resíduos das Séries: boi gordo, café, milho e soja.

Observamos, na Figura 5, o gráfico de volatilidade condicional do Derivativo futuro do boi gordo a formação de picos, com destaque para o período da pandemia, onde há um grande salto de volatilidade. O gráfico de resíduos estandardizados indica que os resíduos estão padronizados demonstrando que o modelo capturou a dependência temporal dos dados.

O trabalho de Araújo (2023) procurou explicações para a ocorrência de picos na pandemia e demonstra que diversos fatores foram responsáveis, como: aumento da exportação para China, e fechamento das alfândegas que ocasionaram em aumento dos custos de produção:

A associação significativa e positiva entre pandemia e preço da arroba do boi gordo mostra que a conjuntura socioeconômica decorrente da pandemia no país e no exterior estimulou o crescimento dos preços da carne bovina. No exterior, mesmo com a pandemia a economia chinesa cresceu e a demanda por proteína animal, também, principalmente pela substituição à carne suína cuja produção naquele país sofreu redução por questão sanitária. O que exigiu aumento imediato da oferta de boi para o abate (HONIGMANN, 2020; RÜBENICH, 2020). Os efeitos da pandemia nos preços do boi gordo, também, estão associados aos prejuízos causados devido ao fechamento das alfândegas para contém o risco de propagação da Covid-19. Os custos de produção de insumos, devido aos fechamentos de diversas zonas portuárias tornaram os custos de produção mais caro, fazendo que os preços da arroba se ajustem (PINHEIRO; KONDA; BONINI, 2022; SCHNEIDER et al., 2020),

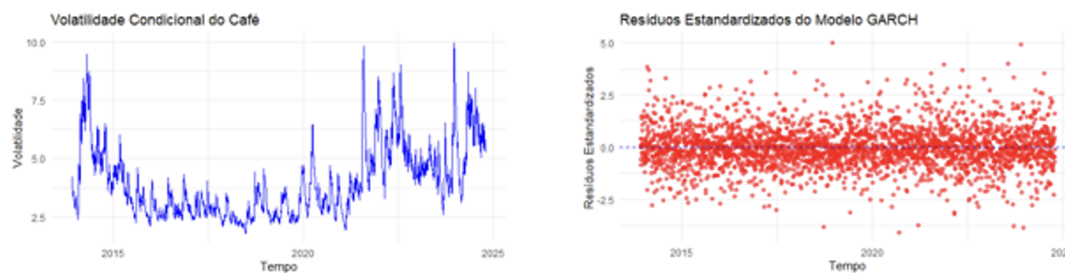
Figura 5: Volatilidade e Resíduos – Série Boi Gordo



Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico de volatilidade condicional do Derivativo futuro do café, conforme demonstrado na Figura 6, observa-se a formação de picos de maiores e menores distâncias ao longo dos anos. O gráfico de resíduos estandardizados indica que os resíduos estão padronizados, demonstrando que o modelo capturou a dependência temporal dos dados.

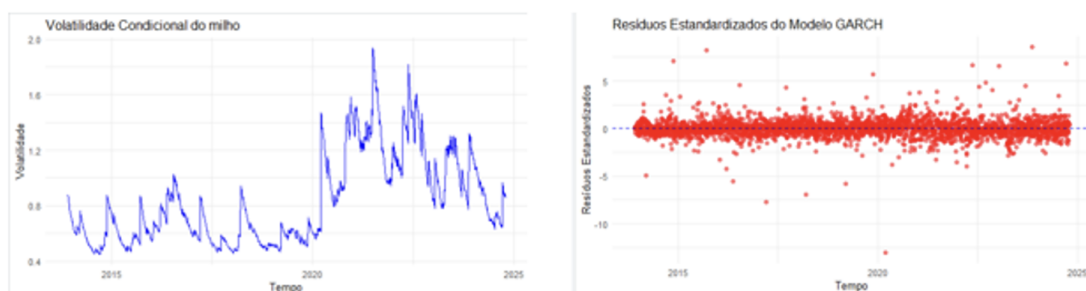
Figura 6: Volatilidade e Resíduos – Série Café



Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico de volatilidade condicional do derivativo futuro milho (Figura 7), apresenta picos com grandes saltos de volatilidade principalmente no período da pandemia. Nesse período, a distância desses picos aumentara e houve maior persistência até a volatilidade voltar ao patamar anterior. O gráfico de resíduos estandardizados demonstra que os resíduos estão padronizados, indicando que o modelo capturou a dependência temporal dos dados.

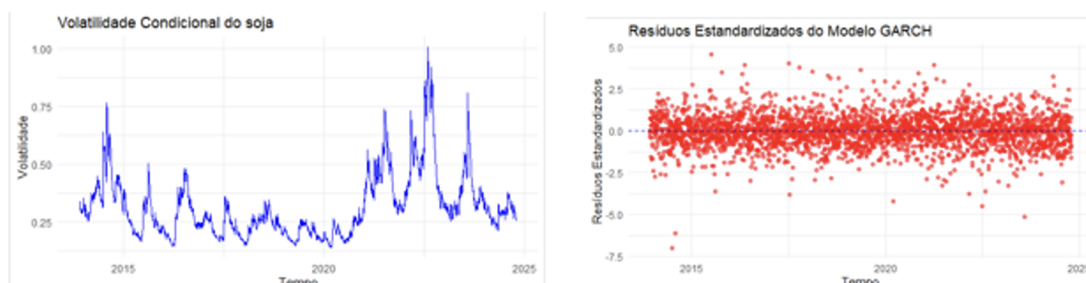
Figura 7: Volatilidade e Resíduos – Série Milho



Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico de volatilidade condicional da soja (Figura 8) apresenta picos elevados em 2014, 2021 e 2023. A partir de 2021, houve uma grande escalada dos saltos de volatilidade, tanto para cima quanto para baixo. O gráfico de resíduos estandardizados demonstra que os resíduos estão padronizados, indicando que o modelo capturou a dependência temporal dos dados.

Figura 8: Volatilidade e Resíduos – Série Soja



Fonte: Elaborado pela autora

4.3 Modelo Multivariado – DCC GARCH

4.3.1 DCC-GARCH Boi Gordo

O modelo DCC-GARCH (1,1) estima variâncias condicionais e as correlações dinâmicas. Para o Boi Gordo (Tabela 5) os resultados indicam, que o μ possui estimativa 0.0411 (não significativo, $p = 0.078$). ω : 0.0065 (significativo, $p = 0.048$) que explica a variância base da série. α_1 : 0.0301 (significativo, $p < 0.001$), reflete o efeito do choque anterior na volatilidade atual. β_1 : 0.9689 (significativo, $p < 0.001$) - apontando alta persistência da volatilidade, próxima de 1, o que indica lenta dissipação dos choques.

Tabela 5: Resultados DCC-GARCH para o Boi Gordo

Série	μ	ω	α_1	β_1	p-valor α_1	p-valor β_1	DCCA1	DCCB1
Boi_gordo	0.041099	0.006484	0.030090	0.968910	0.077695	0	0.01196	0.9144
Risco país	-0.000796	0.000010	0.043411	0.955589	0.599180	0	($p = 0.091$)	
Juros	0.003339	0.017447	0.075678	0.892497	0.793542	0		
Câmbio	0.001077	0.000013	0.089962	0.908156	0.143221	0		

Fonte: Elaborado pela autora

O parâmetro $dcca1 = 0,01196$ ($p = 0,091$) indica que as correlações dinâmicas reagem lentamente a novos choques. Já $dccb1 = 0,9144$ ($p < 0,001$) mostra alta persistência, próxima de 1, sugerindo efeitos duradouros dos choques sobre as correlações. A elevada persistência de β_1 nas séries e de $dccb1$ confirma que volatilidade e correlações respondem lentamente a mudanças. O modelo DCC-GARCH captou essas interdependências dinâmicas entre as volatilidades.

A série Boi Gordo e Risco País apresentam correlação média positiva (Tabela 6), com valor de aproximadamente 0,0177, indicando leve tendência de variação conjunta: quando o risco país sobe, os preços do boi gordo tendem a aumentar, embora a correlação seja fraca. A correlação com Juros é negativa (-0,0130) em média, sugerindo uma leve tendência (relação fraca) de que altas nos juros reduzem os preços do boi gordo. Já com Câmbio, a correlação

é negativa (-0,0153), indicando que a valorização do dólar frente ao real tende a diminuir os preços do boi gordo.

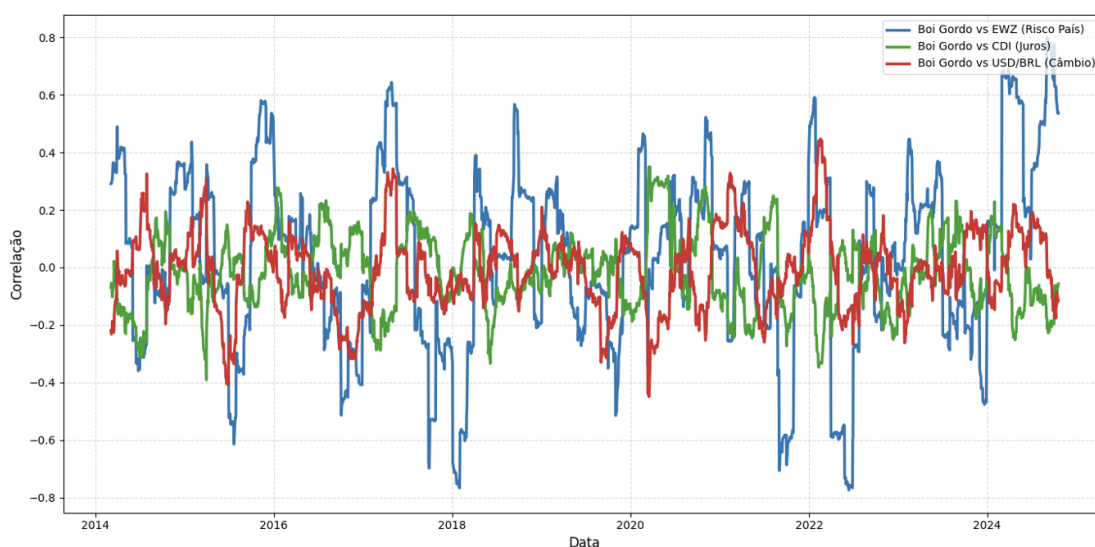
Tabela 6: Estimativa DCC-GARCH – Média das Correlações Série Boi Gordo

Series	Mean_Correlation
Boi Gordo e Risco País	0.0177106
Boi Gordo e Juros	-0.0130207
Boi Gordo e Câmbio	-0.0152855

Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 9 ilustra a correlação condicional dinâmica entre Boi Gordo, Risco País, Juros e Câmbio de 2014 a 2024. As correlações variam ao longo do tempo, alternando entre positivas e negativas. Observa-se maior volatilidade na relação com Risco País (linha azul), que atinge extremos próximos a $\pm 0,8$, enquanto Juros (verde) e Câmbio (vermelho) permanecem mais estáveis, próximos de zero, indicando influência fraca. Em geral, correlações elevadas sugerem maior impacto sobre os preços do boi gordo, enquanto valores baixos ou negativos indicam relação limitada ou inversa. A análise confirma que as variáveis externas exercem influência relativamente fraca sobre a volatilidade do boi gordo: a correlação com Risco País tende a ser ligeiramente positiva, enquanto Juros e Câmbio apresentam correlações negativas, revelando dinâmicas distintas entre essas variáveis e os preços do boi gordo.

Figura 9: Correlação Condicional Dinâmica – Série Boi Gordo



Fonte: Elaborado pela autora

4.3.2 DCC-GARCH Café

Observa-se na Tabela 7 que o DCCA1 (impacto dos choques nas correlações dinâmicas) apresentou estimativa positiva de 0,013478, com $t = 2,68951$ e $p = 0,007156$, indicando significância ao nível de 5%. Isso mostra que as correlações dinâmicas respondem de forma significativa a novos choques. Já o DCCB1 (persistência das correlações) foi 0,919078, próximo de 1, com $t = 31,48245$ e $p \approx 0$, confirmando alta significância e indicando que os efeitos dos choques são duradouros e as correlações reagem lentamente.

Tabela 7: Resultados DCC-GARCH para o Café

Série	μ	ω	α_1	β_1	p-valor α_1	p-valor β_1	DCCA1	DCCB1
Café	0.015044	0.180478	0.071578	0.920514	0.081656	0	0.013478	0.919078
Risco país	0.004403	0.018049	0.082868	0.887442	0.006441	0		
Juros	-0.000786	0.000010	0.041479	0.957521	0.005100	0		
Câmbio	0.000881	0.000015	0.096445	0.902554	0.000116	0		

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 8 apresenta as correlações condicionais entre a série café e as variáveis externas (risco país juros e câmbio). A correlação média com risco país é positiva (0.1696) e denota uma tendência moderada de que as variações do café se movam na mesma direção das variações do risco país. Já a correlação com juros (-0.0136) e câmbio (-0.2114) são negativas, sugerindo que, em média, altas nos juros ou na cotação do dólar tendem a reduzir os preços do café.

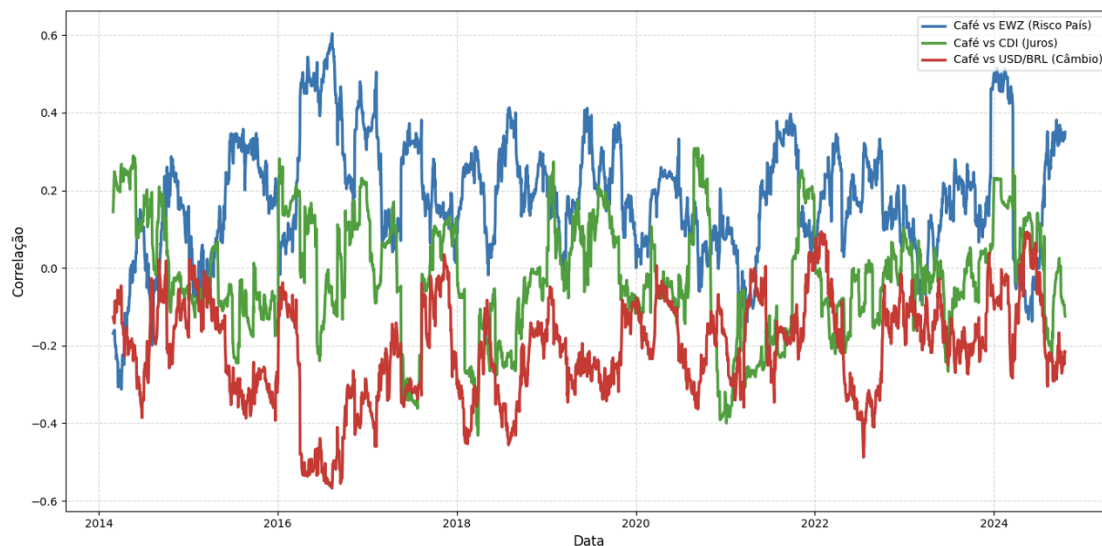
Tabela 8: Estimativa DCC-GARCH – Média das Correlações Série Café

Series	Mean_Correlation
Café e Risco País	0.1695709
Café e Juros	-0.0136327
Café e Câmbio	-0.2113954

Fonte: Elaborado pela autora

A correlação condicional dinâmica (apresentada na Figura 10) entre Café, Risco País, Juros e Câmbio, variam ao longo do tempo, alternando entre positivas e negativas. Observa-se maior volatilidade na relação com Risco País (linha azul), que atinge valores próximos a 0,6, indicando períodos de forte associação. A correlação com Juros (verde) oscila em torno de zero, sugerindo influência fraca, enquanto Câmbio (vermelho) mantém correlação predominantemente negativa, chegando a -0,5, o que indica tendência inversa entre variação do dólar e preços do café. Em geral, correlações elevadas sugerem maior impacto sobre os preços, enquanto valores baixos ou negativos indicam relação limitada ou inversa.

Figura 10: Correlação Condicional Dinâmica– Série Café



Fonte: Elaborado pela autora

4.3.3 DCC-GARCH Milho

Os resultados do modelo DCC-GARCH (1,1) para a série Milho e variáveis externas (Risco País, Juros e Câmbio), apresentados na Tabela 9, indicam α_1 (impacto dos choques anteriores) = 0,023541 ($p = 0,000055$), mostrando efeito significativo sobre a volatilidade, e β_1 (persistência) = 0,972340 ($p = 0$), revelando alta persistência, próxima de 1, o que denota lenta dissipação dos choques. O parâmetro ω (variância base) = 0,003808 contribui para a variância da série. Quanto às correlações dinâmicas, DCCA1 (impacto dos choques) = 0,010566 sugere resposta moderada, enquanto DCCB1 (persistência das correlações) = 0,900977 confirma efeitos duradouros. As variáveis externas também apresentam α_1 e β_1 significativos, reforçando a influência dos choques e a persistência da volatilidade, especialmente para câmbio ($\alpha_1 = 0,088721$) e juros ($\beta_1 = 0,956167$).

Tabela 9: Resultados DCC-GARCH para o Milho

Série	μ	ω	α_1	β_1	p-valor α_1	p-valor β_1	DCCA1	DCCB1
Milho	-0.002481	0.003808	0.023541	0.972340	0.000055	0	0.010566	0.900977
Risco país	0.002910	0.017865	0.073780	0.893982	0.000520	0	($p=0.416006$)	($p=0,00000$)
Juros	-0.000834	0.000010	0.042833	0.956167	0.003472	0		
Câmbio	0.001118	0.000012	0.088721	0.910279	0.000070	0		

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 10 apresenta as médias das correlações condicionais entre Milho e variáveis externas. A correlação com Risco País é negativa (-0,0603), sugerindo que, em média, quedas no risco país tendem a estar associadas a aumentos nos preços do milho. A correlação com Juros é positiva, porém fraca (0,0432), enquanto a correlação com Câmbio é positiva e

moderada (0,1202), indicando que a valorização do dólar frente ao real tende a acompanhar elevação nos preços do milho.

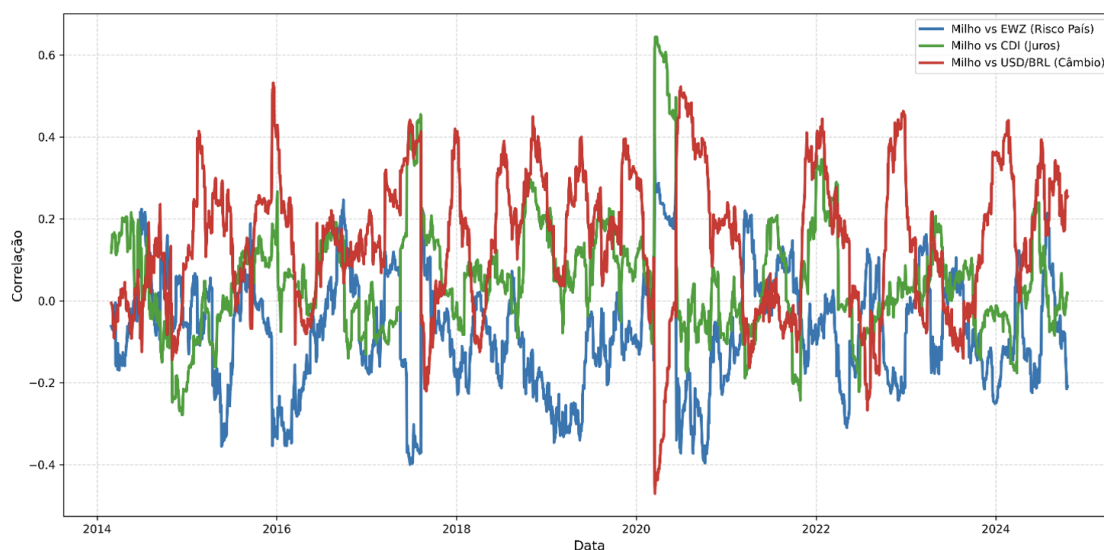
Tabela 10: Estimativa DCC-GARCH – Média das Correlações Série Milho

Series	Mean_Correlation
Milho e Risco País	-0.0603352
Milho e Juros	0.0431987
Milho e Câmbio	0.1202352

Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 11 ilustra a correlação condicional dinâmica entre Milho, Risco País, Juros e Câmbio de 2014 a 2024. Observa-se que a correlação com Câmbio (linha vermelha) é predominantemente positiva e mais volátil, chegando a valores próximos de 0,6, indicando períodos de forte associação entre a valorização do dólar e os preços do milho. A correlação com Juros (verde) oscila em torno de zero, sugerindo influência fraca, enquanto Risco País (azul) apresenta correlação negativa na maior parte do tempo, atingindo até -0,4, o que indica tendência inversa entre variações do risco país e preços do milho.

Figura 11: Correlação Condicional Dinâmica– Milho



Fonte: Elaborado pela autora

4.3.4 DCC-GARCH Soja

A Tabela 11 apresenta os resultados do modelo DCC-GARCH (1,1) para a série Soja e variáveis externas. O parâmetro α_1 (impacto dos choques passados) indica que o câmbio

responde mais fortemente a choques anteriores (0,088699), seguido por risco país (0,073657) e juros (0,04294). O parâmetro β_1 (persistência da volatilidade) é elevado em todas as séries, próximo de 1, revelando alta persistência: soja (0,935839), risco país (0,894687), juros (0,95606) e câmbio (0,910301). Os p-valores para α_1 e β_1 são baixos (inferiores a 0,05), confirmando significância estatística para todos os parâmetros.

Tabela 11: Resultados DCC-GARCH para a Soja

Série	μ	ω	α_1	β_1	p-valor α_1	p-valor β_1	DCCA1	DCCB1
Soja	0,000705	0,000584	0,061848	0,935839	0	0	0,014673	0,900285
Risco país	0,002901	0,017605	0,073657	0,894687	0,000422	0	(p=0,037822)	(p=0,00000)
Juros	-0,00083	0,00001	0,04294	0,95606	0,003396	0		
Câmbio	0,001119	0,000012	0,088699	0,910301	0,000062	0		

Fonte: Elaborado pela autora

Quanto às correlações dinâmicas, DCCA1 = 0,014673 indica que as correlações respondem moderadamente a novos choques, enquanto DCCB1 = 0,900285 confirma alta persistência, sugerindo que os efeitos sobre as correlações são duradouros. Para risco país, DCCA1 também é significativo (p = 0,037822), reforçando que choques impactam a correlação, enquanto DCCB1 é altamente significativo (p \approx 0), evidenciando persistência elevada.

A Tabela 12 mostra que a correlação média entre Soja e Risco País é positiva (0,2480), indicando tendência moderada de variação conjunta. Com Juros, a correlação é negativa e fraca (-0,0612), sugerindo pouca influência sobre os preços da soja. Já com Câmbio, a correlação é negativa e moderada (-0,2380), apontando que, em média, a valorização do dólar tende a reduzir os preços da soja.

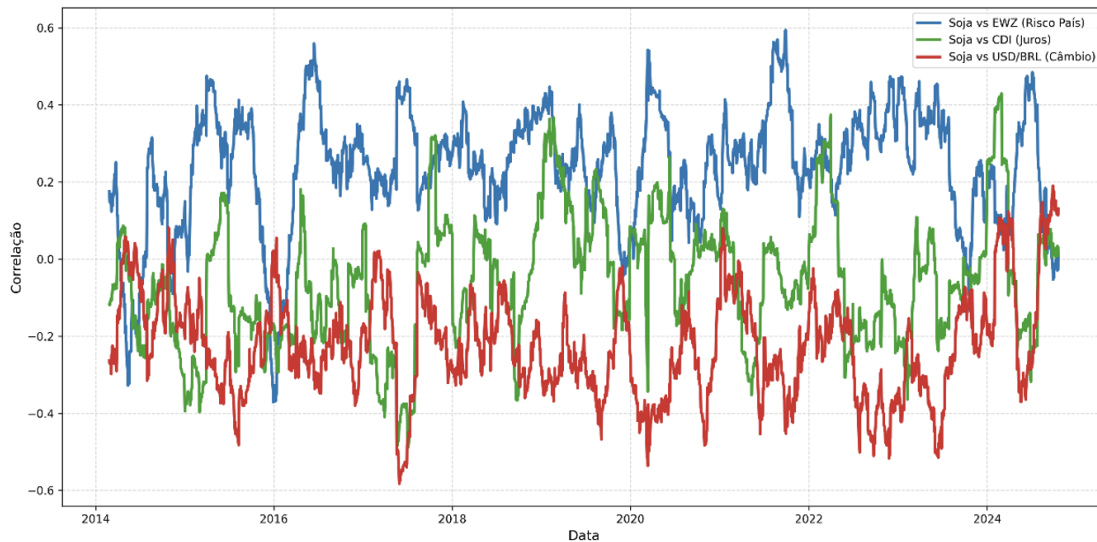
Tabela 12: Estimativa DCC-GARCH – Média das Correlações Série Soja

Series	Mean_Correlation
Soja e Risco País	0.2480239
Soja e Juros	-0.0611808
Soja e Cambio	-0.2379619

Fonte: Elaborado pela autora

Observa-se, Figura 12, correlação condicional dinâmica entre Soja, Risco País, Juros e Câmbio, que a correlação com Risco País (linha azul) é predominantemente positiva e volátil, chegando a valores próximos de 0,6, indicando períodos de forte associação. A correlação com Juros (verde) oscila em torno de zero, sugerindo influência fraca, enquanto Câmbio (vermelho) mantém correlação negativa na maior parte do tempo, atingindo até -0,4, o que indica relação inversa entre a valorização do dólar e os preços da soja.

Figura 12: Correlação Condicional Dinâmica– Soja



Fonte: Elaborado pela autora

4.4 Persistências das Séries

No modelo DCC-GARCH, a persistência é medida pela soma dos parâmetros $\alpha_1 + \beta_1$. Valores próximos de 1 indicam alta persistência, ou seja, choques têm efeitos prolongados. Todas as séries analisadas apresentam persistência elevada, mostrando comportamento fortemente autorregressivo e tendência de manter níveis de volatilidade ao longo do tempo. Como α_1 é relativamente baixo, os choques iniciais não são intensos, e a reversão à média ocorre lentamente.

Analisando os parâmetros das séries de derivativos futuros de commodities (boi gordo, café, milho, soja) e variáveis macroeconômicas (Risco País, Juros e Câmbio), observa-se que as séries agrícolas apresentam maior persistência (β_1 mais elevado) e menor reação a choques imediatos (α_1 mais baixo). Isso indica maior estabilidade frente a choques de curto prazo, enquanto as variáveis macroeconômicas tendem a ser mais sensíveis a fatores externos, resultando em maior volatilidade.

Considerando os resultados apresentados, que indicam elevados níveis de persistência e manutenção da volatilidade nas séries, é possível desenvolver estratégias de hedging e gestão de risco baseadas na diversificação de ativos. Por exemplo, soja e milho apresentam correlação negativa com o câmbio; em cenários de desvalorização cambial, tendem a se valorizar. Assim, podem ser incorporados a carteiras de investimento para compensar perdas em outros ativos. Já a série do café mostra correlação com os juros, funcionando como um hedge natural em ciclos de política monetária restritiva, quando se espera elevação das taxas de juros.

5 Conclusão

O presente trabalho buscou investigar como as variáveis Risco País, Juros e Câmbio influenciam cada série de derivativos futuros das commodities boi gordo, café, milho e soja ao longo do tempo. O modelo DCC-GARCH foi utilizado para capturar, e assim facilitar a compreensão de como as variáveis macroeconômicas descritas influenciam as séries de commodities, principalmente em termos de volatilidade e correlação dinâmica.

A volatilidade do boi gordo sofre pouca influência das variáveis externas, como juros, risco país e câmbio. Os parâmetros não são fortes o suficiente para indicar efeitos significativos na volatilidade do boi gordo. A dependência condicional dinâmica entre os preços do café e as variáveis financeiras (câmbio, juros e risco país) sugere que essas variáveis têm peso moderado sobre a dinâmica dos preços do café. A taxa de câmbio e o Café se movem em direções opostas e juros e café se movimentam na mesma direção. Da mesma forma, o comportamento entre risco país e café ocorrem na mesma direção.

A modelagem DCC-GARCH para o milho destaca a persistência da volatilidade e as interações dinâmicas entre o mercado de commodities e as variáveis macroeconômicas, sendo o câmbio o fator mais relevante nas flutuações dos preços dessa série. A volatilidade dos preços é influenciada por choques passados, com alta persistência ao longo do tempo. O câmbio exerce maior influência que o risco país e juros, agindo de forma moderada enquanto essas duas últimas variáveis são mais fracas. O modelo capturou que a volatilidade do preço da soja é mais afetada por choques passados nas variáveis câmbio risco país. O câmbio é mais influente e esta relação é inversa. Com o risco país a relação é positiva embora não seja muito forte. Já a taxa de Juros tem pouca influência sobre os preços da soja.

Os resultados indicam elevada persistência e manutenção da volatilidade nas séries, o que reforça a necessidade de estratégias de hedging e gestão de risco baseadas na diversificação de ativos, visando compensar perdas em cenários adversos. Recomenda-se ampliar a análise, EM pesquisas futuras, incorporando variáveis macroeconômicas adicionais, tais como preços internacionais das commodities e indicadores climáticos, que podem afetar significativamente a dinâmica dos preços. Bem como, utilização de modelagens da família GARCH, como BEKK-GARCH ou Copula-GARCH, e abordagens baseadas em aprendizado de máquina para captura de dependências não lineares e eventos extremos. A avaliação dos impactos de choques globais e políticas econômicas sobre as correlações dinâmicas e simulações práticas de estratégias de hedge, utilizando métricas como *Value at Risk* (VaR) e *Expected Shortfall* seriam relevantes incorporações ao estudo realizado.

Referências

- Adhikari, Ramesh e Kyle J. Putnam** (2025). “Macroeconomic Conditions, Speculation, and Commodity Futures Returns,” *International Journal of Financial Studies*, 13(1): p. 5.
- Ajube, Fernando Antonio Lucena** (2007). *Econometria para séries financeiras*, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, , Notas.
- Araújo, Wenia Alves Ferreira de** (2023). “Análise do preço da arroba do boi gordo no período de 2016 a 2023.”
- Arezki, Rabah et al.** (2025). *Shocks and Shields: Macroeconomic Institutions During Commodity Price Swings*, International Monetary Fund.
- Assaf Neto, Alexandre** (2000). *Mercado financeiro*.
- Aurélio, Cristina Maria Amaral** (2012). “Assimetria na volatilidade dos mercados de ações.”
- Bollerslev, Tim** (1986). “Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity,” *Journal of Econometrics*, 31 307–327.
- Bueno, R.** (2002). “Ainda os modelos GARCH,” *Economia Aplicada*.
- Ceretta, Paulo Sergio, Jonas Cardona Venturini, e Vanessa Rabelo Dutra Gendelsky** (2007). “Assimetria na Volatilidade de Commodities Agrícola,” in *Anais do Congresso Brasileiro de Custos – ABC*.
- Chabana, Maxym** (2024). “Present value, commodity prices and exchange rates.”
- Costa, Paulo Henrique Soto e Tara Keshar Nanda Baidya** (2001). “Propriedades estatísticas das séries de retornos das principais ações brasileiras,” *Pesquisa Operacional*, 21 61–87.
- De Assis, Janilson Pinheiro et al.** (2023). *Transformação de dados Aplicada à Estatística*.
- Do, Análise da Volatilidade dos Preços et al.** (2007). *Análise da volatilidade dos preços do boi gordo no Estado de São Paulo: uma aplicação dos modelos ARCH/GARCH*.
- Dos Santos, Valéria Faria** (2018). “Impacto de hedge e especulação sobre a volatilidade dos mercados de commodities agrícolas: um estudo empírico para os EUA e Brasil,” Ph.D. dissertation, [s.n.].
- Engle, Robert** (2002). “Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models,” *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3): 339–350.
- Freitas, Clailton Ataídes de e Thelma Sáfiadi** (2015). “Volatilidade dos Retornos de Commodities Agropecuárias Brasileiras: um teste utilizando o modelo APARCH,” *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 53 211–228.





- Gaio, Luiz Eduardo et al.** (2006). “Volatilidade no mercado futuro de Boi Gordo na BM&F: um estudo empírico utilizando modelos da classe ARCH.”
- Gouel, Christophe, Qingyin Ma, e John Stachurski** (2024). “Interest rate dynamics and commodity prices,” *Journal of Economic Theory*, 222 p. 105915.
- Mishra, Eva e R. Murugesan** (2024). “An analysis on the time-varying correlation among selected agricultural commodities: a DCC-GARCH model-based approach,” *International Journal of Enterprise Network Management*, 15(3): 261–285.
- Mo, Di et al.** (2018). “The macroeconomic determinants of commodity futures volatility: Evidence from Chinese and Indian markets,” *Economic Modelling*, 70 543–560.
- Monterroso, Oscar e Diego Vilán** (2025). “Commodity terms of trade uncertainty and economic activity in emerging economies.”
- Oliveira, Gabriel Carvalho** (2020). “A formação de preços de commodities e o processo de financeirização do setor.”
- Schnabel, Jacques A.** (2010). “Interest rates, commodity prices, and the cost-of-carry model,” *The Journal of Risk Finance*, 11(2): 221–223.
- Silva, Washington Santos da, Thelma Sáfiadi, e Luiz Gonzaga de Castro Júnior** (2005). “Uma análise empírica da volatilidade do retorno de commodities agrícolas utilizando modelos ARCH: os casos do Café e da Soja,” *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 43 119–134.
- Sreenu, Nenavath e K. S. S. Rao** (2021). “The macroeconomic variables impact on commodity futures volatility: A study on Indian markets,” *Cogent Business & Management*, 8(1): p. 1939929.



The background features a dark blue color scheme with various data visualization elements. On the left, there is a bar chart with five bars of increasing height, with values 138, 178, 175, 172, and 190. A line graph with two upward-trending lines is overlaid on the bars. To the right, there are circular progress indicators, one showing 68% and another showing 75%. A dotted line with a downward-pointing triangle and a sine wave are also visible. The overall aesthetic is modern and data-driven.

idp

SGAS Quadra 607 - Módulo 49
Via L2 Sul, Brasília-DF
CEP: 70200-670

  /sejaidp
 (61) 3535-6565
 idp.edu.br