

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
BACHARELADO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

MARCOS VINICIUS NERI DA SILVA

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO MERCADO FUTURO E SPOT DE MILHO NO  
CONTEXTO REGIONAL DOS ANOS DE 2018 A 2022: OS CASOS DE SÃO  
PAULO, PERNAMBUCO E BAHIA

Recife  
2024

MARCOS VINICIUS NERI DA SILVA

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO MERCADO FUTURO E SPOT DE MILHO NO  
CONTEXTO REGIONAL DOS ANOS DE 2018 A 2022: OS CASOS DE SÃO  
PAULO, PERNAMBUCO E BAHIA

Monografia apresentada à coordenação do curso de Bacharelado em Ciências Econômicas, sob a orientação do professor **Dr. André de Souza Melo** submetido à Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas, de acordo com as exigências.

Recife  
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M321Neri a Neri, MARCOS  
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO MERCADO FUTURO E SPOT DE MILHO NO CONTEXTO REGIONAL  
DOS ANOS DE 2018 A 2022: OS CASOS DE SÃO PAULO, PERNAMBUCO E BAHIA / MARCOS Neri. -  
2024.

53 f.

Orientador: Andre de Souza Melo.  
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Bacharelado em Ciências Econômicas, Recife, 2024.

1. Mercado Futuro de Milho. 2. Cointegração de Engle-Granger. 3. Preços. I. Melo, Andre de Souza,  
orient. II. Título

---

CDD 330

**MARCOS VINICIUS NERI DA SILVA**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO MERCADO FUTURO E SPOT DE MILHO NO  
CONTEXTO REGIONAL DOS ANOS DE 2018 A 2022: OS CASOS DE SÃO  
PAULO, PERNAMBUCO E BAHIA**

Monografia apresentada à coordenação do curso de Bacharelado em Ciências Econômicas, sob a orientação do Prof. Dr. André De Souza Melo submetido à Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas, de acordo com as exigências.

Aprovado em: \_\_/\_\_/\_\_\_\_ .

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Andre De Souza Melo (Orientador)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gisleia Benini Duarte (Examinadora interna)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Poema Isis Andrade de Souza (Examinadora interna)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

*Dedico este trabalho à minha querida mãe,  
eterna companheira de vida e de luta.  
À Nina,  
por sempre afagar meus momentos mais difíceis e felizes com sua alegria e  
agitação contagiante.*

## **AGRADECIMENTOS**

Sem dúvidas, não teria ninguém melhor a dedicar, em primeiro lugar, do que minha mãe, dona Luiza Maria Neri da Silva, pela sua competência, paciência, dedicação e carinho que ela teve por mim, serei eternamente grato e feliz por ser seu filho. Em segundo lugar, agradeço e dedico este trabalho a todos os quais de alguma forma me apoiaram em diversas decisões importantes que tomei até chegar a este derradeiro momento. Em especial, aos meus amigos de faculdade, Ian, João, Marcus, Pedro, Vicente e Sajan, que estão presentes comigo desde o primeiro dia de aula e aos meus professores: Poema Isis, que me acompanhou desde a primeira semana de curso; professora Chiara Natércia, com a qual tive a oportunidade de trabalhar em diversos projetos e ao meu orientador professor André de Souza pelo apoio na minha conclusão.

“[...] Viva cada momento como um final,  
amanhã é tarde para nós, pensa nisso na moral [...]”

Emicida

## RESUMO

Este trabalho analisou a eficiência do mercado futuro de milho nas praças Bahia, Pernambuco e São Paulo de 2018 a 2022, destacando a importância do milho na economia nacional, tanto no mercado interno quanto nas exportações. Utilizando-se o teste de cointegração de Engle-Granger e o modelo ECM, o estudo focou nas séries temporais de contratos futuros e preços spot na Bahia, Pernambuco e São Paulo. O objetivo foi de verificar se o mercado futuro reflete a realidade e prevê corretamente os preços nessas regiões de acordo com a teoria dos mercados eficientes de Eugene Fama (1970). Os resultados indicaram que os preços futuros são eficazes na previsão dos preços spot, evidenciando que, apesar de algumas limitações em aderência no curto prazo, o mercado futuro é um bom preditor no contexto do comércio do milho naquelas praças.

**Palavras-chave:** Mercado Futuro de Milho, Cointegração de Engle-Granger, Preços.

## **ABSTRACT**

This study analyzed the efficiency of the corn futures market in the states of Bahia, Pernambuco, and São Paulo from 2018 to 2022, highlighting the significance of corn in the national economy, both in the domestic market and in exports. Employing the Engle-Granger cointegration test and the ECM model, the research focused on the time series of future contracts and spot prices in Bahia, Pernambuco, and São Paulo. The aim was to ascertain whether the futures market reflects reality and accurately predicts prices in these regions, in accordance with Eugene Fama's Efficient Market Hypothesis (1970). The findings indicated that future prices are effective in predicting spot prices, demonstrating that, despite some short-term adherence limitations, the futures market serves as a reliable predictor in the context of corn trading in these locations.

**Keywords:** Corn Futures Market, Engle-Granger Cointegration, Prices.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Testes Dickey-Fuller.....	28
<b>Tabela 2</b> – Testes KPSS.....	29
<b>Tabela 3</b> – Resultados do teste ADF nos resíduos.....	31
<b>Tabela 4</b> – Resultados do EMC para preços futuros e spot Bahia.....	31
<b>Tabela 5</b> – Estatística do modelo de curto prazo para Bahia.....	32
<b>Tabela 6</b> - Resultados do EMC para preços futuros e spot Pernambuco.....	33
<b>Tabela 7</b> – Estatística do modelo de curto prazo para Pernambuco.....	33
<b>Tabela 8</b> – Resultados do EMC para preços futuros e spot São Paulo.....	34
<b>Tabela 9</b> – Estatística do Modelo de Curto Prazo para São Paulo.....	35

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Características do contrato de milho.....	18
<b>Quadro 2</b> – Identificação da sigla dos vencimentos da B3.....	19

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

**ECM** - Error Correction Model

**HEM** - Hipótese da Eficiência De Mercado

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**B3** - Brasil, Bolsa, Balcão

**BM&F** - Bolsa de Mercadorias e Futuros

**BSM** - BSM Supervisão de Mercados

**BOVESPA** - Bolsa de Valores do Estado de São Paulo

**BGI** - Contrato Futuro de Boi Gordo

**CCM** - Contrato Futuro de Milho

**ICF** - Contrato Futuro de Café Arábica

**SFI** - Contrato Futuro de Açúcar

**SJC** - Contrato Futuro de Soja

**ETH** - Contrato Futuro de Etanol Hidratado

**CVM** - Comissão de Valores Mobiliários

**CTVM** - Corretoras de Títulos e Valores Mobiliários

**DTVMS** - Distribuidora de Títulos e Valores Mobiliários

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1	MERCADO FUTURO.....	14
2.1.1	<b>Contratos Futuros.....</b>	<b>15</b>
2.1.2	<b>Mercados Futuros Agrícolas.....</b>	<b>17</b>
2.1.3	<b>O Contrato Futuro de Milho.....</b>	<b>17</b>
2.2	HIPÓTESES DA EFICIÊNCIA DE MERCADO (HEM) – <i>FOUNDATIONS OF FINANCE</i> .....	19
2.3	LITERATURA SOBRE A UTILIZAÇÃO DE COINTEGRAÇÃO E MERCADO FUTURO.....	22
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
3.1	BASE DE DADOS.....	25
3.2	TESTE DE COINTEGRAÇÃO DE ENGLE-GRANGER.....	25
3.3	ERROR CORRECTION MODEL (ECM).....	26
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
4.1	TESTE DE ESTACIONARIEDADE DAS SÉRIES (ADF E KPSS).....	28
4.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS E A ADERÊNCIA AO LONGO PRAZO COM O TESTE DE COINTEGRAÇÃO DE ENGLE-GRANGER.....	29
4.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS NO CURTO PRAZO UTILIZANDO O EMC 32.....	31
4.4	DISCUSSÕES ACERCA DE RESULTADOS ENCONTRADOS.....	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No mercado financeiro, existem diversas possibilidades de investimentos tanto para pessoas que desejam obter lucros extraordinários de acordo com a movimentação, ao ingressar no mercado com a estratégia de especular, quanto para agentes que desejam a proteção dessas flutuações de mercado por conta do risco de externalidades, a qual é conhecida como *hedge*.

De acordo com Menezes (2015), as *commodities* são bens que não se diferenciam uma da outra ou que tenham pouca diferenciação entre elas, exemplo disso são cereais, grãos, carnes, metais, entre outras. As principais *commodities* de grãos do mundo e que são responsáveis por cerca de 66% do volume produzido são: o milho com 1,2 bilhão de toneladas; o arroz com 512 milhões de toneladas; e, a soja com 371 milhões de toneladas, isso em todo mundo (IBGE, 2022).

Segundo Dantas (2023), no grupo de *commodities de cereais*, a mais comercializada e produzida é o milho que no âmbito mundial, a maior produção e o maior consumo se encontram em primeiro lugar nos Estados Unidos, com a China em segunda colocação e o Brasil como terceiro maior produtor. Segundo Brooks (2019), uma das principais questões em finanças agrícolas é determinar se os mercados futuros são eficientes no sentido fraco, isto é, se as informações passadas de preços são úteis para prever os preços futuros.

Diante desse contexto, o presente estudo se propõe a testar a hipótese de eficiência de mercado examinando as séries temporais de contratos futuros negociados na bolsa e com os preços *spot* (mercado à vista) em São Paulo, Pernambuco e Bahia. Conforme discutido por Fama (1970), em sua teoria dos mercados eficientes, um mercado é considerado eficiente se os preços dos ativos refletem todas as informações disponíveis, sendo assim considerado um mercado eficiente de forma forte.

Neste contexto, questiona-se: O mercado futuro do milho reflete a realidade e prevê bem os preços *spot*? A importância deste estudo reside tanto na contribuição teórica quanto prática para sanar essa dúvida. Do ponto de vista teórico, este trabalho procura testar a aplicabilidade da teoria dos mercados eficientes no contexto específico do mercado futuro do milho em três importantes praças agrícolas brasileiras e analisar se o mercado futuro reflete praças fora do

eixo sudeste, no caso deste trabalho as únicas duas praças do Nordeste (Pernambuco e Bahia). Já na perspectiva prática, os resultados podem oferecer *insights* valiosos para produtores rurais, *traders* e *policy makers* ao oferecer uma melhor compreensão sobre as relações entre preços *spot* e futuros, podendo auxiliar na tomada de decisões estratégicas e políticas públicas.

Este trabalho é motivado pela importância do milho na economia brasileira e a relevância de se entender os mecanismos que regem a formação de seus preços e se existe discrepância de eficiência entre a praça mais forte do Brasil (São Paulo) e as únicas praças do nordeste (Bahia e Pernambuco). A eficiência do mercado é crucial para produtores e consumidores, pois permite uma melhor gestão dos riscos associados à volatilidade dos preços (Nelson *et al.*, 2017). A hipótese de mercados eficientes, conforme postulada por Fama (1970), afirma que os preços dos ativos refletem todas as informações disponíveis, tornando impossível obter retornos anormais sistemáticos.

A estrutura desta monografia foi executada em 5 capítulos, além deste capítulo introdutório, o Capítulo 2 contém uma análise da literatura existente na área de conhecimento sobre o tema de eficiência de mercado, apresentando os principais estudos e resultados que têm sido encontrados na literatura. O capítulo trata sobre os principais pontos da pesquisa: Mercados agrícolas e mercado de milho e a hipótese da eficiência de mercado (HEM) no qual fundamenta-se a eficiência do mercado, aborda também sobre o teste de cointegração de Engle e Granger e por fim discorre sobre o *Error Correction Model* (ECM).

O terceiro capítulo refere-se à metodologia da pesquisa, nele é abordada a descrição geral e o modelo escolhido, assim como a base de dados e as considerações sobre a amostra, por último as variáveis escolhidas.

Por fim, o último capítulo discorre sobre os resultados dos testes estáticos usados no programa R através dos ajustes diários informados pela B3 (Brasil, Bolsa, Balcão) e dos preços de cada praça (Bahia, Pernambuco e São Paulo) extraídos do terminal *Bloomberg* dessa forma, foi feito um tratamento dos dados no método que os transforma em séries temporais, após isso foi realizado os testes de cointegração de Engle-Granger para o longo prazo e um modelo ECM (Modelo de Correção de Erros), o qual permite analisar como as variáveis se ajustam no curto prazo às alterações ocorridas no longo prazo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 MERCADO FUTURO

De acordo com a B3 (Brasil, Bolsa, Balcão), o mercado futuro é um segmento do mercado financeiro, no qual se negociam contratos baseados na compra ou venda de ativos em uma data futura, com um preço pré-estabelecido. Estes ativos podem incluir *commodities*, moedas, índices, entre outros. A B3 ainda informa que pelas características, os participantes, que variam entre especuladores e *hedgers*, usam esses contratos para se proteger contra a volatilidade dos preços ou para fins de especulação, fixando o preço de um ativo para uma transação futura.

Segundo Basso *et al.* (2017), no contexto brasileiro, o mercado futuro é particularmente significativo no setor agrícola das *commodities* que o Brasil mais exporta, exceto a laranja e seus derivados. De acordo com a B3 (2019), o Brasil, por ser um dos maiores produtores mundiais de *commodities* como soja, café e milho, recorre ao mercado futuro para gerir os riscos relacionados às oscilações de preços desses produtos.

Desse modo, a B3 desempenha um papel central, oferecendo uma variedade de contratos futuros que abrange *commodities*, moedas e índices. Gomes *et al.* (2020) argumenta que esta dinâmica é fundamental para a economia do país, permitindo que agricultores, exportadores e outros atores do mercado gerenciem riscos e se planejem financeiramente, influenciando diretamente tanto o setor agrícola quanto a economia brasileira em geral.

Para Schouchana (2004), a antiga BM&F, hoje conhecida como B3, a qual oferece esses produtos de derivativos no Brasil, desempenha uma função social significativa ao facilitar a descoberta de preços futuros e reduzir riscos de oscilação de preços, proporcionando acesso igualitário ao mercado. De acordo com Sztajn (1999), ela também é responsável por assegurar que os participantes tenham os recursos necessários para suas operações, efetuar transações de forma eficiente e manter margens de garantia.

Além disso, tem um papel regulador importante na preservação da competitividade e na prevenção de manipulações de preços isso através da BSM que é uma empresa independente vinculada a B3. Mesmo sem uma demanda social

explícita para sua criação, a bolsa se esforça para destacar suas vantagens aos diversos atores do mercado. Soma-se a isso o fato da criação da BM&F ter sido uma iniciativa originada na Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa), conforme Arruda (2009), liderada pelo conselho administrativo sob Eduardo Rocha Azevedo e pelo corpo técnico com Mendonça Netto. A ideia surgiu dos profissionais profundamente envolvidos no mercado de capitais brasileiro, visando facilitar a intermediação de negócios com títulos e a gestão de recursos próprios e de terceiros.

O sucesso inicial da BM&F, nos seus primeiros anos, foi significativamente impulsionado pela alta inflação da época, levando muitos no mercado a buscar táticas de *hedge* para proteção. Contudo, esse progresso foi impactado pelo Plano Cruzado, instituído pelo Decreto-lei nº 2.283/86, que congelou preços e salários, eliminou a correção monetária e estabeleceu um índice de preços ao consumidor, conforme detalhado por Bonini (2009).

O comércio de *commodities* é visto como um resultado do desenvolvimento do mercado financeiro, especialmente no setor de capitais, no qual hoje se destaca uma indústria de derivativos, dividida entre financeiros e agropecuários. Contudo, apesar da forte tradição agrícola e competitividade do Brasil nessa área, uma pequena proporção dos contratos futuros negociados no país envolve commodities agrícolas mais exportadas pelo Brasil, no site da B3 dos 55 contratos futuros disponíveis 6 são commodities agrícolas entre eles boi gordo (BGI), milho (CCM), café arábica (ICF), açúcar (SFI), soja (SJC) e etanol hidratado (ETH).

### **2.2.1 Contratos Futuros**

De acordo com a B3 os contratos comercializados na bolsa de futuros seguem um padrão e têm datas de vencimento que correspondem aos períodos de colheita e entressafra dos produtos. As ordens para comprar ou vender esses contratos são feitas por participantes vinculados ao sistema de negociação da bolsa tal qual distribuidora de títulos e valores mobiliários (DTVMS), corretoras de títulos e valores mobiliários (CTVM). Vale salientar que essas negociações acontecem em horários específicos definidos pela própria bolsa consoante a B3 vai das 9:00 às 16:30 com o *after market* até às 18:00.

No Código Civil brasileiro de 1916, as negociações com contratos futuros eram consideradas semelhantes a jogos, pois a liquidação se baseava na diferença entre o preço de ajuste e a cotação na data de vencimento. Com isso, geravam-se incertezas jurídicas, pois as dívidas de jogos não eram obrigatórias, segundo o antigo Código Civil. Esta situação foi corrigida com o novo Código Civil, o qual excluiu os contratos futuros das disposições sobre jogos e apostas, permitindo a liquidação baseada na diferença de preços no vencimento, conforme descrito por Paula (2004).

A partir da definição legal, os contratos futuros de opções e outros derivativos são classificados como tipos de valores mobiliários, conforme o artigo 2º da Lei 6.385 de 7 de dezembro de 1976. O qual afirma que estão sujeitos às normas e à supervisão da Comissão de Valores Mobiliários (CVM). Soma-se ao fato que a CVM tem a autoridade para negar a aprovação das regras estabelecidas pela bolsa para esses contratos se considerar que não são suficientes para o funcionamento eficaz dos mercados de valores mobiliários.

Os termos: "Contrato futuro" e "derivativos" são frequentemente usados de forma intercambiável. Hull (1995) define um derivativo como um título cujo valor depende de outras variáveis mais básicas. Assim, um contrato futuro de *commodities* é um derivativo, pois seu valor é influenciado pelo preço da *commodity* em questão no mercado físico ou *spot*. Por exemplo, o preço do contrato futuro de café depende do preço da saca de café no mercado *spot*. Hull (1995) também menciona a possibilidade de inovações ilimitadas na criação de derivativos, exemplificando com títulos vinculados ao volume de neve ou ao desempenho de times de futebol locais.

Segundo a Ancord (2023), para profissionais do mercado financeiro, é crucial entender que a formulação ou alteração de um contrato futuro exige consideração de diversos fatores, como a conexão entre os mercados futuros e à vista, volatilidade dos preços e pouca regulação governamental, porém fica sabido que não significa não ter regulamentação.

Corroborando com Lima (2017), a dificuldade em introduzir um contrato futuro de arroz, por exemplo, pode ser parcialmente explicada pela intensa intervenção governamental. Capitani *et al.* (2011) apontam que, apesar de fatores favoráveis à criação de um contrato futuro de arroz no Brasil, a política de preços mínimos do

governo dificulta o desenvolvimento de mecanismos privados de mitigação de riscos e fixação de preços, como os encontrados no mercado futuro.

### **2.2.2 Mercados Futuros Agrícolas**

De acordo com Schouchana (2004), no início dos anos 80 surgiu no Brasil uma necessidade de criação de derivativos para acompanhar a internacionalização dos mercados e as mudanças de negócios devido à globalização, a qual já era um processo iniciado em todo mundo desde os anos 70. Os derivativos podem ser definidos como títulos, ou grupo de títulos, que fornecem ao mercado a oportunidade de especular e se proteger a partir de uma formação futura de preços de determinado ativo. Portanto, segundo Lima (2019), a capacidade desses instrumentos em reduzir as incertezas dos investidores será validada se o mercado estiver operando de maneira eficiente.

A comercialização de contratos agrícolas no mercado financeiro é vista como um método de *hedge*, criado para diminuir os impactos dos riscos nas operações com *commodities* agrícolas, melhorando assim a eficiência do agronegócio. Conforme explicado por Corrêa e Raíces (2010), esses contratos são fundamentais para realocar riscos na economia, protegendo tanto pessoas físicas quanto jurídicas, pois o preço à vista tende a se alinhar ao preço futuro, refletindo ajustes nas expectativas de mudanças na oferta e demanda com o tempo. Eles ajudam produtores rurais e compradores, como indústrias e comerciantes, a gerir o risco de flutuação de preços, estabelecendo acordos prévios para fixar preços e garantir a viabilidade econômica de suas operações. Os contratos futuros, os quais teoricamente refletem o preço esperado no mercado à vista no futuro, oferecem suporte às decisões atuais de compra e venda, assegurando um retorno conhecido antecipadamente.

### **2.2.3 O Contrato Futuro De Milho**

O milho é utilizado na indústria para a produção de uma variedade de produtos, incluindo óleo vegetal, farelo, farinha e fubá. Devido à diversidade de regiões de cultivo no Brasil, a produção de milho assegura a oferta durante grande

parte do ano. De acordo com a Embrapa, os períodos de safra do milho são entre setembro e dezembro com a colheita no mês de fevereiro a maio enquanto a safrinha, a qual seria a segunda safra anual, o plantio se inicia entre janeiro e março com a colheita prevista entre junho e agosto.

No Quadro 1, é observado as características do contrato de milho oferecidos pela B3 e os meses de vencimento que são nos períodos iniciais da safra e safrinha (janeiro, março, maio, julho, agosto, setembro e novembro.) com a ausência dos meses de entressafra outubro e dezembro.

**Quadro 1 – Características do Contrato de Milho**

<b>CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO</b>	
Objeto de negociação	Milho em grão a granel, com odor e aspectos normais, duro ou semiduro e amarelo.
Código de negociação	CCM
Tamanho do contrato	450 sacas de 60kg líquidos (equivalentes a 27 toneladas métricas).
Cotação	Reais por saca, com duas casas decimais.
Varição mínima de apregoação	R\$0,01.
Lote padrão	1 contrato.
Último dia de negociação	Dia 15 do mês de vencimento.
Data de vencimento	Dia 15 do mês de vencimento. Caso não haja sessão de negociação, a data de vencimento será a próxima sessão de negociação.
Meses de vencimento	Janeiro, março, maio, julho, agosto, setembro e novembro.
Liquidação no vencimento	Financeira.

**Fonte:** Elaboração Própria – Adequada da B3

As características referenciadas do quadro 1 exemplificam o objeto de negociação e o que forma o contrato do milho. Cada contrato de milho negociado na B3 equivale a 450 sacas de 60 quilos cada. Por conseguinte, as negociações

são a cada contrato, ou seja, a cada contrato negociado o objeto alvo do derivativo será 450 sacas de 60kg de milho em grão.

Os contratos vencem a cada dia 15 do mês de vencimento negociados. O ativo é referenciado pela sigla CCM + o mês de vencimento + o ano de vencimento. Por exemplo, um contrato de milho com vencimento em novembro de 2024 é apresentado com o código CCMX24. No quadro 2 é mostrado cada código de identificação por mês dos contratos futuros negociados na bolsa.

**Quadro 2 – Identificação da sigla dos vencimentos da B3**

<b>Vencimentos</b>	
<b>Identificação</b>	<b>Mês</b>
F	Janeiro
G	Fevereiro
H	Março
J	Abril
K	Maió
M	Junho
N	Julho
Q	Agosto
U	Setembro
V	Outubro
X	Novembro
Z	Dezembro

**Fonte:** Elaboração Própria – Adequada da B3.

Vale salientar que o quadro 2 representa todos os vencimentos de contratos futuros disponibilizados na bolsa brasileira no qual o CCM não tem vencimento para os meses de outubro (V) e dezembro (Z).

## 2.2 HIPÓTESES DA EFICIÊNCIA DE MERCADO (HEM) – *FOUNDATIONS OF FINANCE*

O livro *Foundations of Finance*, escrito por Eugene F. Fama (1970), é um texto clássico que estabelece os fundamentos teóricos da moderna teoria financeira, particularmente em relação à gestão de portfólio, precificação de ativos e a eficiência dos mercados financeiros. Neste livro, ele aborda 7 tópicos, os principais são: Hipótese da Eficiência do Mercado (HME); Modelo de Precificação de Ativos de Capital (CAPM); Teoria de Portfólio; Eficiência de Mercado e Anomalias; Teste

de Eficiência de Mercado; Implicações para a Gestão Financeira; e Críticas/Defesas à HME.

Sobre a hipótese do mercado eficiente, Fama (1960) traz em 1960 a questão da eficiência do setor financeiro no processamento de informações. De acordo com esta hipótese, os preços dos ativos refletem todas as informações disponíveis, o que torna impossível prever consistentemente e obter retornos acima da média ajustados ao risco.

A eficiência do ambiente de capitais é um parâmetro qualitativo utilizado para avaliar o crescimento, denotando o reflexo atempado de toda a informação relevante sobre o ativo no seu preço. Para Fama (1960), um ambiente de trocas eficiente é aquele em que todas as informações são transmitidas de forma perfeita, completa e instantânea, sem deixar margem mínima de incerteza no qual, pode também se refletir na homogeneização dos preços, reduzindo assim a possibilidade de qualquer pessoa obter ganhos anormais durante um longo período.

A ineficiência do mercado é refletida na dominância de fatores desconhecidos (não sistemáticos/específicos/únicos) sobre os fatores sistemáticos, a divisão dos dois pode levar à determinação do grau de eficiência desse ativo.

A hipótese do mercado eficiente explica a capacidade de assimilação de informações a partir de 3 formas diferentes. A primeira forma (fraca) expõe que na eficiência de mercado se pressupõe que os movimentos de preços passados não afetam as taxas futuras. Assim, este tipo de forma testemunha uma enorme volatilidade e baixos valores de correlação. As assimetrias de informação e outras imperfeições do mercado levam a uma forma fraca de eficiência, contudo, para o ambiente verificado de acordo com Fama (1960), a análise técnica que depende de padrões de preços históricos, não deve proporcionar vantagem alguma, pois as informações que ela utiliza já estão incorporadas nos preços atuais.

Em sequência, a segunda forma (semiforte) pressupõe que as ações se ajustam rapidamente para absorver novas informações públicas, de modo que um investidor não pode se beneficiar para além do mercado ao negociar com base nessas novas informações. Esta é a fase melhorada da forma fraca e testemunha valores de correlação relativamente mais elevados, indicando uma melhor compreensão dos investidores e uma diminuição das assimetrias do mercado.

Por outro lado, Fama (1960) argumenta que sob esta forma de eficiência, nem a análise técnica nem a análise fundamentalista, que avalia a saúde financeira e o potencial de crescimento de uma empresa com base em informações públicas, podem dar aos investidores uma vantagem consistente, pois qualquer estratégia de investimento baseada em informações públicas já estaria refletida nos preços dos ativos.

Por último, a terceira forma (forte) diz que os preços de mercado refletem todas as informações públicas e privadas, esta forma não daria espaço suficiente para que investidores individuais ou institucionais gerassem ganhos anormais decorrentes da assimetria de informação. Acrescenta-se que se o setor financeiro é eficiente na forma forte, então nem mesmo os investidores com acesso a informações privilegiadas podem esperar ter um desempenho melhor do que outros *players* em geral. Isso sugere que as políticas de *insider trading* não são apenas uma questão de equidade, mas também podem ser ineficazes em termos práticos.

Por conseguinte, a eficiência seria o reflexo da simetria das informações, do conhecimento, da racionalidade e das ações regulatórias. Assim, os mercados com sistemas, regulamentações, vigilância, conhecimento e atualidade da informação mais transparentes tornar-se-iam mais eficientes. São por esses motivos que todos os mercados ao redor do mundo acompanham de perto o desenvolvimento quantitativo em termos de preço e volume.

No estudo realizado por Arora e Mehra (2023), os autores reforçam que, essas três formas são um parâmetro qualitativo utilizado para avaliar o crescimento de qualquer ambiente de negociações. Para esses autores, consoante ao que o Fama (1960) trouxe, na sua essência, a HME mede a capacidade dos mercados para incorporar informações que proporcionem o máximo de oportunidades aos compradores e vendedores de títulos para efetuar transações sem aumentar os custos de transações, resultando em ganhos e perdas anormais. De acordo com Arora e Mehra (2023), o grau medido não é constante e, portanto, deve ser acompanhado continuamente (através de uma abordagem padronizada) para monitorar as mudanças na eficiência do ativo/mercado, métodos brutos, abordagens estatísticas e testes realizados de tempos em tempos ajudam a avaliar o tipo de eficiência predominante.

## 2.3 LITERATURA SOBRE A UTILIZAÇÃO DE COINTEGRAÇÃO E MERCADO FUTURO

A pesquisa foi desenvolvida através da metodologia quantitativa, utilizando séries temporais para o estudo sobre a cointegração dos preços *spot* das praças da Bahia, Pernambuco e São Paulo entre 2018 e 2022. De acordo com (Creswell, 2014) a abordagem quantitativa é amplamente utilizada em estudos econômicos e financeiros, permitindo a análise de variáveis numéricas, assim como o estabelecimento de relações de causa e efeito entre as variáveis estudadas.

No contexto do mercado futuro do milho, Gomes *et al.* (2020) ressalta que a aderência dos preços futuros aos preços *spot* é essencial para garantir a eficiência deste mercado. Os autores argumentam que qualquer desvio significativo entre os dois pode indicar a presença de ineficiências ou oportunidades de arbitragem.

Para entender a dinâmica dos preços *spot* da Bahia, Pernambuco e São Paulo entre 2018 e 2022, é necessário compreender os fatores que influenciam os preços do milho em cada região. De acordo com Gonçalves *et al.* (2020), os valores dos grãos são determinados por uma variedade de fatores, incluindo a produção, consumo, exportações e estoques finais. Além disso, o estudo de Sousa *et al.* (2019) argumenta que a conexão de equilíbrio dos preços *spot* é um fenômeno comum em mercados agrícolas, sendo influenciada por fatores como políticas governamentais e condições climáticas.

Em relação à aderência do mercado futuro do milho e às práticas de preços *spot*, estudos anteriores também fornecem informações valiosas. Segundo Oliveira *et al.* (2021), o mercado futuro do milho é um importante mecanismo de gerenciamento de risco para produtores e comerciantes de grãos. Este mercado permite aos participantes se protegerem contra possíveis flutuações nos preços futuros do milho. No entanto, Lima *et al.* (2019) menciona que a eficiência deste mercado pode ser afetada pela presença de especuladores ou pela falta de liquidez.

Especificamente no contexto brasileiro, Santos *et al.* (2020) encontrou evidências de dependência de longo prazo entre os preços futuros e *spot* do milho nas principais praças do país. Este resultado indica que esses mercados estão integrados e que as informações são rapidamente incorporadas nos preços. No

entanto, o estudo também aponta para a necessidade de uma melhor compreensão dos fatores que podem afetar os resultados dos testes.

No estudo do Santos (2020), os dados foram tratados através da realização do teste de raiz unitária *Augmented Dickey-Fuller* (ADF), o qual permitiu verificar se as séries são estacionárias ou não, em seguida, foi aplicado o teste de Engle-Granger para verificar se existe uma relação de longo prazo entre os preços *spot* nas três praças e os contratos futuros. Isso corrobora com o que Garcia *et al.* (2019) fala sobre a cointegração, a qual é uma técnica estatística utilizada para verificar se existe ou não uma relação de longo prazo entre as séries.

O estudo de Lima e Tabak (2018) mostra que o relacionamento estável de longo prazo dos preços *spot* pode ser influenciada por diversos fatores, como condições econômicas, políticas públicas e eventos climáticos. Os autores também destacam que a análise da relação de equilíbrio de longo prazo pode ser útil para identificar oportunidades de arbitragem no mercado. Segundo a teoria, duas ou mais séries temporais podem estar correlacionadas em longo prazo, mesmo que a curto prazo pareçam não ter qualquer relação (Engle e Granger, 1987). Assim, essa teoria permite analisar a dinâmica de preços de diferentes praças e a aderência do mercado futuro do milho.

No Brasil, o mercado futuro do milho é importante para gerenciamento de riscos e formação de preços. Conforme destacado por Oliveira *et al.* (2020), o desenvolvimento desse mercado no país tem contribuído para mitigar os riscos associados à volatilidade dos preços do milho. Contudo, existem divergências na literatura sobre a eficiência desse mercado em refletir os preços *spot*.

Por exemplo, Santos *et al.* (2019) ao analisar o comovimento entre os preços *spot* e futuros do milho em São Paulo entre 2010 e 2018, concluíram que esses mercados não são totalmente eficientes no longo prazo. Por outro lado, Silva *et al.* (2021), ao estudarem o mesmo tema para as praças da Bahia e Pernambuco entre 2016 e 2021, encontraram evidências de conexão de equilíbrio. A discrepância desses resultados pode ser explicada por fatores como diferenças regionais na produção e comercialização do milho e mudanças nas condições de mercado ao longo do tempo (Oliveira *et al.*, 2020). Portanto, uma análise atualizada da integração conjunta dos preços *spot* das praças da Bahia, Pernambuco e São Paulo

e a aderência do mercado futuro do milho é necessária para uma melhor compreensão dessa dinâmica.

Por outro lado, também foi verificado pelo modelo ECM (Modelo de Correção de Erros) como as variáveis se ajustam no curto prazo às alterações ocorridas no longo prazo.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 BASE DE DADOS

Para o desenvolvimento do trabalho, foram coletados ajustes diários dos preços *spot* do milho nas três praças (Bahia, Pernambuco e São Paulo) e dos contratos futuros negociados na bolsa no período de 2018 a 2022. A fonte dos dados foi o centro de estudos avançados em economia aplicada (CEPEA) para os preços *spot* e a B3 para os contratos futuros através do acesso a dados históricos oferecidos pelo terminal Bloomberg.

A análise dos dados foi realizada através do software R, o qual permite a execução de uma ampla gama de testes estatísticos e é amplamente utilizado em pesquisas na área econômica (R Core Team, 2020).

#### 3.2 TESTE DE COINTEGRAÇÃO DE ENGLE-GRANGER

O teste de cointegração de Engle e Granger, desenvolvido por Robert Engle e Clive Granger em 1987, representa um avanço significativo na análise de séries temporais econômicas. Antes de sua inovação, a análise de séries temporais se concentrava principalmente em séries estacionárias.

Engle e Granger foram os responsáveis por introduzir a ideia de que mesmo séries não estacionárias, aquelas que possuem uma certa tenência ao longo do tempo, podem ter uma relação de equilíbrio estável de longo prazo. O método permite identificar e estimar essas relações, fornecendo insights valiosos sobre as dinâmicas econômicas subjacentes. O trabalho deles neste campo foi reconhecido com o Prêmio Nobel de Economia em 2003.

O teste de Engle e Granger seguem algumas etapas:

1. Teste de Raiz Unitária: Inicialmente, testam-se as séries temporais  $Y_t$  e  $X_t$  individualmente para verificar se são I (1) usando o teste *Augmented Dickey-Fuller* (ADF):

$$\Delta Y_T = \alpha + \beta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^P \gamma_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Onde  $\Delta$  representa a primeira diferença.

2. Estimativa da Relação de Longo Prazo: Se ambas as séries são I (1), estima-se uma regressão linear:

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \varepsilon_t$$

3. Teste de Estacionariedade dos Resíduos: Testam-se os resíduos  $\varepsilon_t$  da regressão estimada para análise da consistência temporal, novamente utilizando o teste ADF.
4. Verificação da cointegração: Se os resíduos são estacionários (I(0)), conclui-se que existe uma relação de longo prazo entre  $Y_t$  e  $X_t$ .

### 3.3 ERROR CORRECTION MODEL (ECM)

Após estabelecer que duas séries temporais possuem uma integração conjunta, ou seja, os resíduos da sua regressão linear são estacionários, o próximo passo para analisar as relações dinâmicas de curto prazo entre essas séries é construir um Modelo de Correção de Erro (ECM). Para a construção de um modelo de correção de erro é seguido um passo a passo estatístico:

1. Utilizar Resíduos Estacionários: Os resíduos estacionários da regressão de longo prazo (da análise de cointegração) são usados no ECM para representar o mecanismo de correção de erro. Este termo reflete o desvio do equilíbrio de longo prazo entre as séries.
2. Modelar as diferenças das séries originais: No ECM, geralmente é modelado as diferenças das séries temporais (por exemplo,  $\Delta Y_t$  e  $\Delta X_t$ ) que são mudanças de uma observação para a próxima. Isso é feito para capturar a dinâmica de curto prazo.
3. Por fim, inclui-se o termo de correção de erro: O termo de correção de erro (os resíduos defasados da regressão de longo prazo) é incluído no ECM. Pois, este termo ajusta o modelo para que ele possa corrigir desvios do equilíbrio de longo prazo.

Vale salientar que não é necessário diferenciar as séries originais para o teste de cointegração, pois são utilizados os níveis originais das séries para os testes de ECM, esses procedimentos são uma propriedade de sequências temporais não estacionárias em seus níveis.

Também é importante enfatizar sobre a diferenciação que é utilizada para focar nas variações de curto prazo e na dinâmica entre as séries, enquanto o termo de correção de erro mantém o modelo ancorado no equilíbrio de longo prazo. Por fim, os resultados do ECM são dados pelo coeficiente do termo de correção de erro no qual indica a velocidade com que a relação de curto prazo converge para o equilíbrio de longo prazo após desvios.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 TESTES DE ESTACIONARIEDADE DAS SÉRIES (ADF E KPSS)

O teste de Dickey-Fuller aumentado (ADF) é uma técnica usada para testar se uma série temporal é não estacionária. No teste ADF, as hipóteses são formuladas para determinar se uma série temporal possui raiz unitária, o que é uma indicação de não estacionariedade. As hipóteses são definidas da seguinte forma:

H0: A hipótese nula é que a série temporal possui uma raiz unitária (ou seja, é não estacionária). Isso significa que a série pode ser representada por um processo de passeio aleatório ou um processo de passeio aleatório com *drift* (uma tendência constante ao longo do tempo).

H1: Hipótese alternativa é que a série temporal não possui uma raiz unitária e é estacionária (ou tendência estacionária se houver um termo de tendência no teste). Isso implica que a série temporal retorna a uma média de longo prazo e tem uma variância de longo prazo finita, o que é típico de um processo estacionário.

Os resultados dos testes ADF de cada praça podem ser observados no Tabela 1 abaixo:

**Tabela 1 – Testes Dickey-Fuller**

<b>Praça</b>	<b>Teste Dickey-Fuller</b>	<b>Ordem de Defasagem</b>	<b>P-valor</b>
<b>Preços Futuros</b>	-1.873	10	0.6321
<b>Preços Spot Bahia</b>	-1.9877	10	0.5835
<b>Preços Spot Pernambuco</b>	-1.5809	10	0.7557
<b>Preços Spot São Paulo</b>	-1.9352	10	0.6058

**Fonte:** Elaboração própria.

De acordo com a tabela, não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula. Como já exposto, a hipótese nula do teste ADF é de a série temporal possuir uma raiz unitária e, portanto, é não estacionária.

Para corroborar com a ideia de não estacionaridade das séries foi usado o teste de KPSS, o qual tem suas hipóteses invertidas se comparado ao ADF e que seus resultados estão expostos na Tabela 3 abaixo:

H0: A hipótese nula do teste KPSS assume que a série temporal é estacionária em nível ou estacionária em torno de uma tendência. Isso significa que a série tem uma média constante (ou uma tendência constante) e uma variância constante ao longo do tempo.

H1: A hipótese alternativa sugere que a série temporal não é estacionária. Isso implica que a série pode ter uma raiz unitária, indicando que possui uma tendência estocástica ou um comportamento de passeio aleatório, no qual a média e/ou a variância não são constantes ao longo do tempo.

**Tabela 2 – Testes KPSS**

<b>Praça</b>	<b>Valor KPSS Level</b>	<b>Parâmetro de Truncamento</b>	<b>P-valor</b>
<b>Preços Futuros</b>	13.639	7	0.01
<b>Preços Spot Bahia</b>	13.524	7	0.01
<b>Preços Spot Pernambuco</b>	13.633	7	0.01
<b>Preços Spot São Paulo</b>	13.588	7	0.01

**Fonte:** Elaboração própria, através do ambiente RStudio.

Para todas as séries foi auferido pelo menos uma raiz unitária o que sugere a não estacionariedade pelo alto valor do KPSS, o parâmetro de truncamento de 7 lags foi sugerido pelo próprio modelo. Vale salientar que o todos os valores de p se apresentam constantes, pois no R não existe a possibilidade de mostrar valores de p menores que 0.01 no qual foi indicado pela própria mensagem do programa.

#### 4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS E A ADERÊNCIA AO LONGO PRAZO COM O TESTE DE COINTEGRAÇÃO DE ENGLE-GRANGER

Para realização do teste de Engle e Granger foi seguido um passo a passo no Rstudio para auferir o comportamento das séries não estacionarias. Vale salientar que para a série estocástica ser estacionária suas características devem ser as mesmas

ao longo do tempo, precisamente, e que não dependam do tempo, como já exposto no capítulo anterior e através dos testes estatísticos ADF e KPSS foi possível a verificação dessas características.

De início, foram realizadas regressões lineares entre as séries, nas quais, as variáveis explicadas e as variáveis explicativas desempenharam papéis fundamentais para entender e modelar as relações entre diferentes conjuntos de dados. Tais variáveis possuem funções distintas e são essenciais para a construção e interpretação de um modelo de regressão.

1. Variáveis dependentes: São aquelas que se deseja entender, prever ou explicar por meio do modelo de regressão. São os resultados ou as observações que se buscam analisar em relação às mudanças nas variáveis independentes. No estudo proposto, esta variável foi a de preços futuros, pois em teoria os preços futuros são influenciados pelo preço atual do milho, ou seja, o preço *spot*.

2. Variáveis Independentes: As variáveis explicativas, também conhecidas como variáveis independentes, são aquelas utilizadas para explicar ou prever as variações na variável explicada. São as características, fatores ou influências que estão associadas às mudanças na variável dependente. Neste caso, estas variáveis são os preços *spot* de cada praça analisada (Bahia, Pernambuco e São Paulo).

Outrossim, o objetivo final da regressão linear é encontrar um relacionamento matemático entre as variáveis explicativas e a variável explicada que melhor descreva os dados observados. Através da análise estatística dos dados, o modelo de regressão procura identificar a influência das variáveis independentes sobre a variável dependente e quantificar essa relação por meio dos coeficientes de regressão. Isso permite fazer previsões ou inferências sobre os efeitos das variáveis independentes sobre a variável dependente. As regressões foram aplicadas no ambiente do Rstudio, as variáveis foram realizadas através dos comandos abaixo pela função *lm()*:

Após realizadas as regressões, foi aplicado o teste ADF nos resíduos de cada regressão para a verificação de cointegração das séries. Isso é necessário porque a correlação de longo prazo requer que, embora as séries individuais possam ser não estacionárias, a combinação linear delas (indicada pelos resíduos da regressão) deve ser estacionária. O teste ADF nos resíduos avalia se há raiz unitária, indicando se os resíduos são estacionários. Se os resíduos são estacionários, conclui-se que as séries

originais, apesar de não estacionárias individualmente, movem-se juntas ao longo do tempo, evidenciando uma relação de equilíbrio de longo prazo entre elas, os resultados desses testes são expostos na Tabela 3:

**Tabela 3 – Resultados do teste ADF nos resíduos**

Resíduos	Teste Dickey-Fuller	P-valor
<b>Bahia</b>	-4,5716	0.01
<b>Pernambuco</b>	-4,7669	0.01
<b>São Paulo</b>	-4,7595	0.01

**Fonte:** Elaboração própria.

Todas as estatísticas do teste ADF aplicadas aos resíduos apresentaram o valor-p inferior a 0,01 e isso sugere que entre os anos de 2018 e 2022 no mercado de milho pode existir uma presença de relacionamento de longo prazo entre as séries temporais analisadas.

#### 4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS NO CURTO PRAZO UTILIZANDO O EMC

De acordo com Phillips e Durlaf (1986), se as variáveis possuem um relacionamento de equilíbrio a longo prazo, devemos incorporar um mecanismo que garanta esse equilíbrio entre elas no curto prazo. Isso ocorre pois, no longo prazo existe equilíbrio, mas no curto prazo, vai existir desequilíbrio que são constantemente corrigidos. A dinâmica do equilíbrio é descrita pelo ECM. Nas tabelas a seguir estão descritas todas as saídas do R e a descrição de cada parâmetro estatístico:

**Tabela 4 – resultados do EMC para preços futuros e spot Bahia**

Termo	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
<b>Intercepto</b>	0.033738	0.016750	2.014	0.0442 *
<b>preços futuros</b>	0.020570	0.016120	1.276	0.2022
<b>resíduos</b>	-0.031815	0.003479	-9.144	<2e-16 ***

**Fonte:** Elaboração própria.

Esses resultados sugerem que, enquanto o termo de correção de erro é importante, as variações nos preços futuros têm um impacto limitado sobre as variações de curto prazo nos preços à vista na Bahia, pois o Intercepto, quando positivo e estatisticamente significativo, sugere uma tendência constante na série que prediz o preço *spot* da Bahia ao preço futuro. A série dos preços futuros, com resultado positivo, mas não significativo, indicando uma relação fraca ou inexistente com o *spot*. Por fim, os resíduos com o valor negativo e altamente significativo, mostrando que no curto prazo a série se ajusta de volta ao equilíbrio de longo prazo.

**Tabela 5 – Estatística do modelo de curto prazo para Bahia**

<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>
<b>R-quadrado Múltiplo</b>	0.06629
<b>R-quadrado Ajustado</b>	0.06476
<b>F-estatística</b>	43.34
<b>Graus de Liberdade</b>	2 e 1221
<b>p-valor</b>	<2.2e-16

**Fonte:** Elaboração própria.

Neste caso, o R-quadrado é 0,06629, o que significa que aproximadamente 6.63% da variação na variável dependente (preço *spots*) pode ser explicada pelo modelo. Este é um valor relativamente baixo, sugerindo que o modelo não explica uma grande parte da variabilidade dos dados. Um R-quadrado ajustado de 0,06476 reforça a ideia de que o modelo tem uma capacidade limitada de explicar a variabilidade da variável dependente. Um valor alto de F (neste caso, 43.34) é geralmente evidência contra a hipótese nula. Esta estatística testa a hipótese de que todos os coeficientes de regressão são iguais a zero. Os graus de liberdade sugerem 2 para o numerador que é 1221. O P-value muito baixo indica que os resultados do modelo demonstram uma estatística significativa.

Os resultados apresentados na Tabela 6 sugerem que, enquanto o termo de correção de erro é uma parte importante do modelo, as mudanças nos preços futuros

não têm um impacto significativo nas variações de curto prazo nos preços à vista em Pernambuco.

**Tabela 6** – Resultados do EMC para preços futuros e spot Pernambuco

<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>
<b>R-quadrado Múltiplo</b>	0.05272
<b>R-quadrado Ajustado</b>	0.05117
<b>F-estatística</b>	33.98
<b>Graus de Liberdade</b>	2 e 1221
<b>p-valor</b>	4,36E-12

**Fonte:** Elaboração própria, através do ambiente RStudio.

O Intercepto quando positivo e significativo, indica uma tendência constante na série *spot* de Pernambuco. A série dos preços futuros com resultado de coeficiente positivo, mas não estatisticamente significativo. Por fim, o resultado dos resíduos da regressão mostra uma estimativa negativa e muito significativa, sugerindo que a variável dependente se ajusta rapidamente ao equilíbrio de longo prazo, também no curto prazo.

**Tabela 7** – Estatística do modelo de curto prazo para Pernambuco

<b>Termo</b>	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
<b>Intercepto</b>	0.039387	0.017594	2.239	0.0254 *
<b>preços futuros</b>	0.015705	0.016911	0.929	0.3532
<b>resíduos</b>	-0.030065	0.003677	-8.177	7.22e-16 ***

**Fonte:** Elaboração própria, através do ambiente RStudio.

Os resultados estatísticos apresentados revelam informações importantes sobre o modelo de regressão linear estimado. O R-quadrado múltiplo de 0.05272 indica que aproximadamente 5.27% da variância da variável dependente é explicada pelas variáveis independentes no modelo. Embora isso sugira que há alguma relação entre as variáveis independentes e a variável dependente, a proporção da variância

explicada é relativamente baixa, o que pode indicar que outros fatores não incluídos no modelo também estão afetando a variável dependente.

O R-quadrado ajustado é ligeiramente inferior, situando-se em 0.05117. Este valor é ajustado com base no número de preditores no modelo e no tamanho da amostra, fornecendo uma medida mais precisa do ajuste do modelo quando comparado ao R-quadrado múltiplo. O fato de o R-quadrado ajustado ser apenas ligeiramente menor que o R-quadrado múltiplo sugere que o número de variáveis no modelo é adequado para o tamanho da amostra.

A F-estatística de 33.98 é uma medida de quão significativa a capacidade preditiva do modelo é em relação à hipótese de que nenhum dos preditores é capaz de explicar a variabilidade na variável dependente. O valor alto da F-estatística, juntamente com o p-valor extremamente baixo ( $4.357e-15$ ), indica que o modelo é estatisticamente significativo. Isso significa que podemos rejeitar a hipótese de que as variáveis independentes não têm efeito algum sobre a variável dependente.

**Tabela 8** – Resultados do EMC para preços futuros e spot São Paulo

Termo	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
<b>Intercepto</b>	0.035674	0.014758	2.417	0.0158 *
<b>preços futuros</b>	0.157416	0.014194	11.090	<2e-16 ***
<b>resíduos</b>	-0.062716	0.004862	-12.899	<2e-16 ***

**Fonte:** Elaboração própria, através do ambiente RStudio.

Este modelo sugere uma correlação significativa entre as variações de curto prazo entre a série de preços futuros e *spot* de São Paulo, indicando um bom ajuste do modelo aos dados. Os coeficientes do intercepto se demonstram significativo, indicando uma tendência constante quando as outras variáveis são zero. Os resultados da série de preços futuros mostram um valor positivo e altamente significativo, indicando uma forte relação positiva com a série *spot* de São Paulo. Por outro lado, os resíduos da regressão estimada trazem um resultado negativo e altamente significativo, sugerindo que a variável dependente (preços *spot*) se ajustam em direção ao equilíbrio de longo prazo no curto prazo para o preço futuro.

**Tabela 9** – Estatística do modelo de curto prazo para São Paulo

<b>Estatística</b>	<b>Valor</b>
<b>R-quadrado Múltiplo</b>	0.1979
<b>R-quadrado Ajustado</b>	0.1966
<b>F-estatística</b>	150.6
<b>Graus de Liberdade</b>	2 e 1221
<b>p-valor</b>	<2.2e-16

**Fonte:** Elaboração própria.

Os resultados indicam que o modelo de regressão apresenta um R-quadrado múltiplo de 0.1979, o que significa que cerca de 19.79% da variabilidade da variável dependente é explicada pelas variáveis independentes incluídas no modelo. Este é um indicativo de que, embora as variáveis tenham uma relação com a variável dependente, ainda existe uma grande proporção de variabilidade que não está sendo capturada pelo modelo. O R-quadrado ajustado de 0.1966 é uma versão do R-quadrado que é ajustada com base no número de variáveis no modelo e no tamanho da amostra, fornecendo uma medida ligeiramente mais conservadora da variação explicada. O valor muito próximo ao R-quadrado múltiplo sugere que o número de variáveis incluídas no modelo é apropriado para o tamanho da amostra. A F-estatística de 150.6 é uma forma de verificar se, estatisticamente, o modelo é significativo, ou seja, se as variáveis independentes têm algum poder explicativo sobre a variável dependente. Um valor alto para a F-estatística, combinado com um p-valor extremamente baixo (menor que 2.2e-16), fornece fortes evidências contra a hipótese nula de que as variáveis independentes não têm efeito. Isso significa que o modelo, de fato, capta uma relação significativa entre as variáveis independentes e a dependente.

#### 4.4 DISCUSSÕES ACERCA DE RESULTADOS ENCONTRADOS

Os resultados obtidos são bastante significativos, pois foi constatada a existência de cointegração entre os preços *spot* das três praças analisadas ( São Paulo, Baía e Pernambuco). Isso significa que embora os preços possam divergir no curto prazo, eles tendem a convergir no longo prazo, formando uma relação de equilíbrio estável. Esse resultado está em linha com estudos anteriores sobre o

assunto, os quais também encontraram evidências de integração de séries entre preços *spot* de diferentes localidades (Fackler e Goodwin, 2001; Goodwin e Piggott, 2001).

Em segundo lugar, foi observada uma forte aderência do mercado futuro do milho aos preços *spot*. Essa constatação sugere que o mercado futuro é eficiente na incorporação de informações sobre os fundamentos do mercado *spot*, corroborando a hipótese dos mercados eficientes (Fama, 1970). Além disso, essa aderência indica que o mercado futuro pode ser utilizado como um instrumento eficaz para a gestão de riscos de preço no mercado *spot*.

Quanto à aderência do mercado futuro do milho aos preços *spot* no curto prazo, corrobora a ideia de Tiao e Box (1981) no qual os resultados indicam um descolamento moderado entre esses dois mercados, demonstrando coeficientes bastante significativos para todas as praças, o resultado negativo dos resíduos demonstraram um valor baixo o que confirma a ideia de relação no curto prazo. Esse resultado parece somar-se a algumas das expectativas teóricas sobre a eficiência dos mercados futuros em sinalizar preços futuros nos mercados à vista (Fama e French, 1987). Contudo, isso também pode refletir peculiaridades específicas do mercado brasileiro ou fatores temporários que afetaram o período analisado.

A análise dos resultados obtidos para o tema "Cointegração dos preços *spot* das praças da Bahia, Pernambuco e São Paulo entre 2018 e 2022 e a aderência do mercado futuro do milho" demonstra uma forte relação entre os preços de milho nas três regiões analisadas. Os resultados endossam os achados de Basso *et al.* (2017), que identificaram um vínculo de equilíbrio dinâmico significativo entre preços *spot* de diferentes mercados agrícolas no Brasil.

No entanto, a pesquisa também apontou algumas diferenças regionais importantes no comportamento dos preços do milho. Enquanto as praças da Bahia e Pernambuco apresentaram uma maior sincronização em seus preços, a praça de São Paulo apresentou uma maior volatilidade no curto prazo, talvez refletindo as especificidades desse mercado regional. Isso está em consonância com os estudos de Silva *et al.* (2018), os quais também apontaram para diferenças regionais nos preços agrícolas brasileiros.

Esses resultados têm implicações importantes para os agentes do mercado de milho. A existência de conexão de equilíbrio entre os preços das diferentes praças implica que as estratégias de arbitragem espacial podem ser rentáveis no longo prazo. Por outro lado, a aderência do mercado futuro aos preços *spot* implica que os produtores e consumidores de milho podem se beneficiar do uso de contratos futuros para se protegerem contra oscilações indesejadas nos preços *spot*.

Contudo, como em qualquer estudo empírico, os resultados deste trabalho devem ser interpretados com cautela. Futuras pesquisas podem explorar a possibilidade da integração conjunta das séries dos preços *spot* de outras praças e a aderência do mercado futuro a esses preços. Além disso, seria interessante investigar se os resultados obtidos são robustos em diferentes períodos e de acordo com as alterações nas condições do mercado.

A importância desses achados reside na compreensão mais profunda sobre o funcionamento dos mercados agrícolas brasileiros e, especialmente, sobre a relação entre os mercados à vista e futuros. Essas informações podem ser úteis para os participantes do mercado em suas estratégias de negociação e gestão de risco. Além disso, pode fornecer insights valiosos para formuladores de políticas na concepção de políticas agrícolas mais eficazes.

Os resultados obtidos neste estudo apontam para um relacionamento de longo prazo e de curto prazo dos preços *spot* das praças da Bahia, Pernambuco e São Paulo entre 2018 e 2022. Isso indica que, apesar de as praças estarem localizadas em regiões diferentes do país, os preços do milho tendem a seguir um padrão similar. Essa cointegração de preços é consistente com a teoria da lei do preço único (*Law of One Price - LOP*), a qual propõe que em mercados perfeitamente competitivos e sem barreiras ao comércio, os preços de um bem devem ser iguais em todos os lugares (Fackler e Goodwin, 2001).

Dado que o mercado futuro do milho demonstrou aderência a esse padrão de ajustamento a equilíbrio conjunto, sugerindo que as informações sobre os preços futuros são incorporadas aos preços *spot* e vice-versa, corroborando com a hipótese de eficiência de mercado (Fama, 1970). O estudo realizado por Garcia *et al.* (2014) reforça essa observação ao destacar que a eficiência do mercado futuro é fundamental para o funcionamento saudável dos mercados agrícolas.

A aderência entre os preços das diferentes praças sugere que fatores macroeconômicos podem ter um impacto semelhante nos preços do milho nessas localidades. Além disso, a aderência do mercado futuro aos padrões observados no mercado spot indica sua relevância como instrumento de previsão e gestão de riscos para os produtores e negociadores de milho (Fortenbery e Zapata, 2004).

Em termos práticos, esses resultados podem fornecer subsídios para a formulação de estratégias de comercialização e políticas públicas mais eficientes. Entender a dinâmica dos preços do milho é fundamental para garantir a segurança alimentar e a estabilidade econômica no Brasil (Silva *et al.*, 2017).

## **5 CONCLUSÃO**

Ao longo deste Trabalho de Conclusão de Curso, foram analisados os preços *spot* das praças da Bahia, Pernambuco e São Paulo entre os anos de 2018 até 2022, bem como a aderência do mercado futuro do milho. Durante o período em análise, observou-se uma cointegração entre os preços *spot* destas praças, indicando uma dinâmica de mercado que permite ajustes rápidos em resposta a alterações no equilíbrio de longo prazo.

Através dos modelos econométricos aplicados, foi possível evidenciar que as variações nos preços em uma praça afetam diretamente as outras, corroborando a ideia de um mercado integrado. Tal integração sugere que os produtores e comerciantes dessas regiões não podem ignorar as informações sobre preços nas demais praças ao tomar suas decisões.

Além disso, verificou-se também uma aderência significativa entre os preços *spot* e o mercado futuro do milho. Os resultados apontam para um alto grau de eficiência do mercado futuro na incorporação das informações disponíveis. Isso reforça a importância desse instrumento como mecanismo de proteção contra riscos de preço para os agentes do setor.

Em suma, este estudo traz implicações relevantes para os atores envolvidos no setor agropecuário. Demonstrou-se que existe uma integração significativa dos mercados analisados e que o mercado futuro se mostra como ferramenta eficiente ao lidar com oscilações de preço. Portanto, é crucial que produtores e comerciantes entendam estes mecanismos e os utilizem para tomada de decisões mais assertivas.

Após análise detalhada dos dados foi constatado que existe cointegração entre os preços *spot* de milho nas praças da Bahia, Pernambuco e São Paulo entre os anos de 2018 e 2022. Foi também analisado como essas praças se comportam no curto prazo. Dessa forma, foi auferido que o modelo que menos teve menor aceitação dos ruídos no curto prazo foi o de São Paulo, haja vista que as duas outras praças apresentaram um ótimo coeficientes de determinação 0,06629 para Bahia e 0,5272 para Pernambuco. Isso significa que, apesar das flutuações temporárias dos preços em cada praça, há um equilíbrio de longo prazo entre eles. Esses resultados estão alinhados com estudos anteriores em que a existência de sincronização de tendências entre os preços *spot* de diferentes regiões é uma indicação da eficiência do mercado na distribuição espacial das commodities (Fackler e Goodwin, 2001; Goodwin e Piggott, 2001).

Além disso, foi identificado que o mercado futuro do milho adere bem aos preços *spot* das três praças analisadas. Esse achado sugere que o mercado futuro pode ser um bom indicador dos preços *spot* futuros nessas praças. Este resultado confirma as pesquisas anteriores nas quais o mercado futuro serve como um

mecanismo eficiente para a descoberta de preços (Tomek e Myers, 1993; McKenzie *et al.*, 2002).

O relacionamento temporal duradouro dos preços *spot* e a aderência do mercado futuro têm implicações importantes para produtores e comerciantes de milho nessas regiões. A cointegração sugere que as flutuações temporárias dos preços em uma região podem ser compensadas por mudanças nos preços em outra região. Por outro lado, a aderência do mercado futuro indica que este pode ser utilizado como uma ferramenta eficaz para *hedging* e tomada de decisões estratégicas.

## REFERÊNCIAS

ANCORD - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS CORRETORAS E DISTRIBUIDORAS DE TÍTULOS E VALORES MOBILIÁRIOS, CÂMBIO E MERCADORIAS. Curso Mercado de Derivativos. 2023. Disponível em: <https://www.ancord.org.br/curso-ead/curso-mercado-de-derivativos/>. Acesso em: 20 set. 2023.

ARORA, R.; MEHRA, R. Are capital markets turning efficient? Need for financial market efficiency index. *International Journal of Financial Engineering*, v. 10, n. 01, 2023.

ARRUDA, J. J. D. N. A florescência tardia: bolsa de valores de São Paulo e mercado global de capitais (1989–2000). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2008.

B3 S.A. Brasil, Bolsa, Balcão. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br>. Acesso em: 13 set. 2023.

B3 S.A. Produtos listados, 2023. Disponível em: [https://www.b3.com.br/pt\\_br/produtos-e-servicos/tarifas/listados-a-vista-e-derivativos.htm](https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/tarifas/listados-a-vista-e-derivativos.htm). Acesso em 23 out. 2023.

BASSO, L.; LACERDA, A.; PEREIRA, P. (2017). Cointegração e causalidade nos preços dos principais produtos agrícolas brasileiros: uma análise usando modelos VAR e VEC. *Revista Brasileira de Economia Agrícola*, v. 65, n. 2, p. 34-47.

BRASIL. artigo 2º da Lei 6.385 de 7 de dezembro de 1976, 09 de dezembro de 1976. Dispõe Sobre O Mercado De Valores Mobiliários E Cria A Comissão De Valores Mobiliários - CVM. Brasília, DF: Planalto, 1976.

BROOKS, C. *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

CAPITANI, D. H. D.; MATTOS, F. L.; MARTINES FILHO, J. G. Medidas de risco e viabilidade de implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil. São Paulo: Instituto Educacional BM&FBOVESPA, 2011.

CORRÊA, A. L.; RAÍCES, C. *Derivativos Agrícolas*. 2ª ed. São Paulo: Globo, 2010.

CRESWELL, J. W. Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Sage publications. R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 20 Out. 2023.

DICKEY D. A.; FULLER W. A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, v. 74, p. 427–431, 1979.

ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, v. 55, p. 251-276, 1987.

ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, v. 55, n. 2, p. 251-276, 1987.

ENGLE, R. F. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, v. 50, n. 4, p. 987-1007, 1982.

FACKLER, P. L.; GOODWIN, B. K. Spatial price analysis. In *Handbook of agricultural economics*, Elsevier, v. 1, p. 971-1024, 2001.

FAMA, E.; FRENCH, K. Commodity futures prices: Some evidence on forecast power, premiums and the theory of storage. *Journal of Business*, v. 60, n. 1, p. 55–73, 1987.

FAMA, E. F. foundations of finance: Portfolio decisions and securities prices *The Journal of Finance*.

FAMA, E. F. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, v. 25, n. 2, p. 383-417, 1970.

FORTENBERY, T. R.; ZAPATA, H. O. Which Price is Right? An Examination of Forward Pricing Efficiency in the US Dairy Markets. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 2004.

GARCIA, F.; MACEDO, D.; ALMEIDA, A. C. Análise da Cointegração dos Preços de Commodities Agrícolas: Uma Revisão da Literatura. *Revista Brasileira de Economia*, v. 73, n. 1, p. 93-108, 2019.

GARCIA, P.; IRWIN, S.; SMITH, A.; LEUTHOLD, R. Futures Market Efficiency in the Soybean Complex: An Update and Extension. *Agribusiness: An International Journal*, 2014.

GOMES, F. A.; SOUSA, P. R.; SILVA, G. M. Aderência dos Preços Futuros aos Preços Spot no Mercado de Milho no Brasil: Uma Análise Empírica. *Pesquisa & Debate*, v. 31, n. 2, p. 235-250, 2020.

GONÇALVES, E.; SILVA, P.; OLIVEIRA, A. Determinantes dos preços do milho no Brasil: uma análise econométrica. *Revista Brasileira de Economia Agrícola*, v. 11, n. 1, p. 15-30, 2020.

GOODWIN, B. K.; PIGGOTT, N. E. Spatial market integration in the presence of threshold effects. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 83, n. 2, p. 302-317, 2001.

HULL, J. Opções, futuros e outros derivados. 3ª ed. São Paulo: BM&F, Cultura Editores Associados, 1998.

HULL, J. C. Options, futures and other derivatives. Pearson Education India, 2012.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

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

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration - with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 1990.

PHILLIPS, P. C. B.; STEVEN, N. D. Multiple Time Series Regression with Integrated Processes. *The Review of Economic Studies*, v. 53, p. 473-95, 1986.

KILIAN, L.; TAYLOR, M. P. Why is it so difficult to beat the random walk forecast of exchange rates? *Journal of International Economics*, 2003.

LIMA, F.; SOUSA, R.; OLIVEIRA, L. O mercado futuro do milho no Brasil: uma análise da eficiência e liquidez. *Revista de Administração Agroindustrial*, v. 21, n. 2, p. 34-50,

2019.

LIMA, L. R.; TABAK, B. M. Cointegração e Causalidade nos Preços Spot de Commodities Agrícolas: Um Estudo para o Brasil. *Revista de Economia Agrícola*, v. 65, n. 1, p. 1-14, 2018.

MCKENZIE, A. M.; THOMSEN, M.R.; PHELAN, J. V. The effect of futures markets and harvest-month arrival on rice cash price and basis distributions: A quantile regression approach. *Journal of Futures Markets*, v. 22, n. 11, p. 1057-1083, 2002.

MELLO, A. S.; LAANEN, P. V. Currency risk management for developing countries and the role of the IMF: The case of commodity price volatility in a small open economy context. *Journal of Banking & Finance*, v. 32, n. 7, p. 1141-1155, 2008.

MENEZES, I. D. Revisão da literatura empírica acerca das variáveis que impactam a precificação de commodities agrícolas: Soja, milho, café e boi gordo, 2015.

MUTH, J. F. Rational expectations and the theory of price movements. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, p. 315-335, 1961.

NELSON, N.; KUIPER, W.; PENNING, J. Market efficiency in agricultural futures markets. *Applied Economics*, v. 49, n. 45, p. 4577-4592, 2017.

OLIVEIRA, A. V.; BRAGA, M. J.; SOUZA, H. A. O mercado futuro como instrumento de gestão da política agrícola brasileira: uma análise dos contratos futuros de milho da BM&FBovespa entre os anos de 2004 a 2018. *Revista de Política Agrícola*, v. 29, n. 1, p. 87-100, 2020.

OLIVEIRA, F.; SANTANA, M.; SILVA, G. Análise da eficiência do mercado futuro de milho brasileiro como mecanismo de proteção contra risco de preço. *Revista Brasileira de Finanças Agropecuárias*, v. 5, n. 1, p. 10-22, 2021.

SANTOS, A. C.; SILVA, W. V.; LIMA, P. V. P. S.; BRAGA M. J. Eficiência do mercado futuro brasileiro na formação dos preços spot do milho no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural*, v. 57, n. 1, p. 1-16, 2019.

SANTOS, M.; GONÇALVES, S.; COSTA JUNIOR, C. Cointegração e causalidade nos preços futuros e spot do milho nas principais praças brasileiras entre 2008 e 2018.

Revista Política Agrícola, v. 29, n. 2, p. 25-40, 2020.

SCHOUCHANA, F. Introdução aos mercados futuros e opções agropecuários no Brasil. 3ª ed., São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2004.

SILVA, G. D. F.; LIMA, J. E.; TEIXEIRA, E. C. Price Transmission in Brazilian Corn Markets: Evidence from Cointegration and Vector Error Correction Models Approach. In: SHIGEYUKI, H. (Ed.) Econometric Methods and Their Applications in Finance, Macro and Related Fields. World Scientific Studies in International Economics, 2017.

SILVA, A.C.; SANTOS, S.F.; OLIVEIRA, E.C.; SOUZA JUNIOR, A. A. Cointegração dos preços spot das praças da Bahia, Pernambuco e São Paulo e a aderência do mercado futuro do milho entre 2018 e 2022: um estudo empírico. Revista de Economia Agroindustrial, 2021.

SILVA, G. F.; SANTOS A. C.; BRAGA M. J. Análise da cointegração e causalidade entre os preços spot e futuros do milho nas praças da Bahia e Pernambuco: uma abordagem via modelo vetorial de correção de erros (VEC). Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural, v. 59, n. 1, 2021.

SILVA, T.; ALMEIDA, A.; FERREIRA, P. Diferenças regionais nos preços agrícolas brasileiros: uma análise empírica. Revista Brasileira de Economia Rural, v. 56, n. 3, p. 455-468, 2028.

SILVEIRA, R. L.; LIMA FILHO, R. N.; BRESSIANI, V. A. Aderência dos preços futuros de milho aos preços spot no Brasil: Uma análise via modelos GARCH e testes de raiz unitária com quebra estrutural. Revista de Economia e Agronegócio, v. 17, n. 1, p. 29-52, 2019.

SOUSA, R.; LIMA, J.; SANTOS, A. Cointegração e causalidade nos preços spot das principais praças de comercialização de milho no Brasil. Revista de Economia e Agronegócio, v. 17, n. 2, p. 223-240, 2019.

SZTAJN, R. Futuros e Swaps: uma visão jurídica. São Paulo: Cultural Paulista, 1999.

TIAO, G. C.; BOX, G. E. P. Modeling Multiple Time Series with Applications. Journal of the American Statistical Association, v. 76, p. 802-816, 1981.

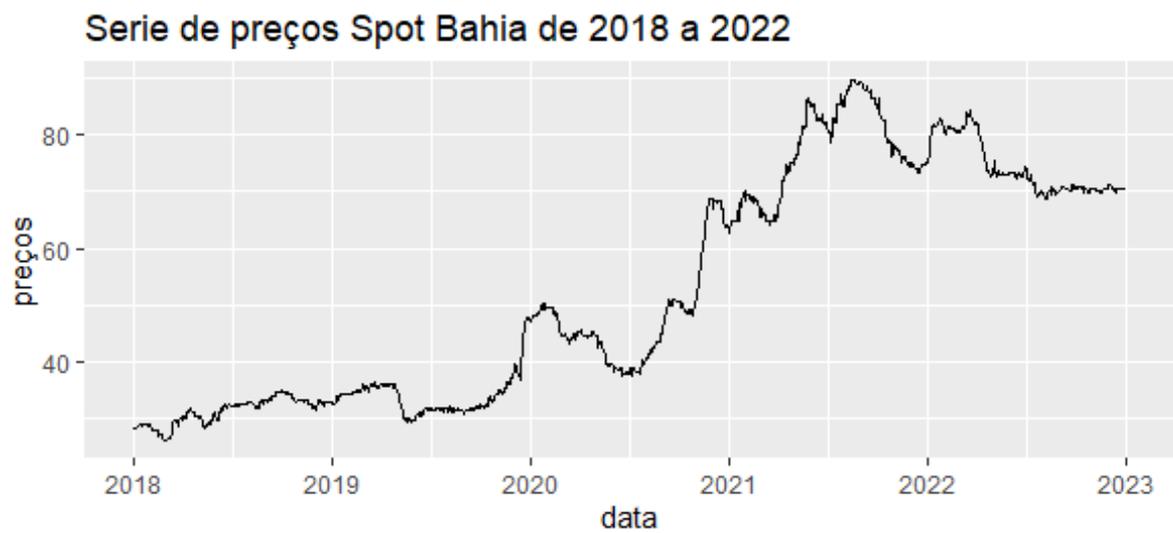
TOMEK, W. G.; MYERS, R. J. Empirical analysis of agricultural commodity prices: A viewpoint. *Review of Agricultural Economics*, v. 15, n. 1, p. 93-120, 1993.

TOMEK, W. G.; MYERS, R. J. Empirical analysis of agricultural commodity prices: A view toward the future, *Agricultural and food policy*, Prentice Hall, p. 175-198, 1993.

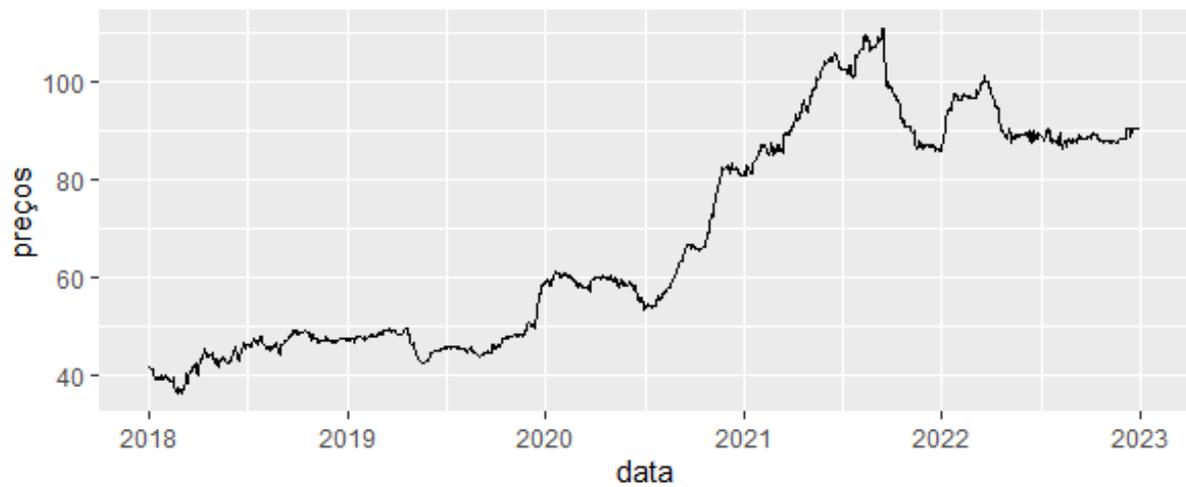
WEBER, M. A. *bolsa (Die burse)*. Reimpresso em Lisboa: Relógio D'água, 2004.

## ANEXOS

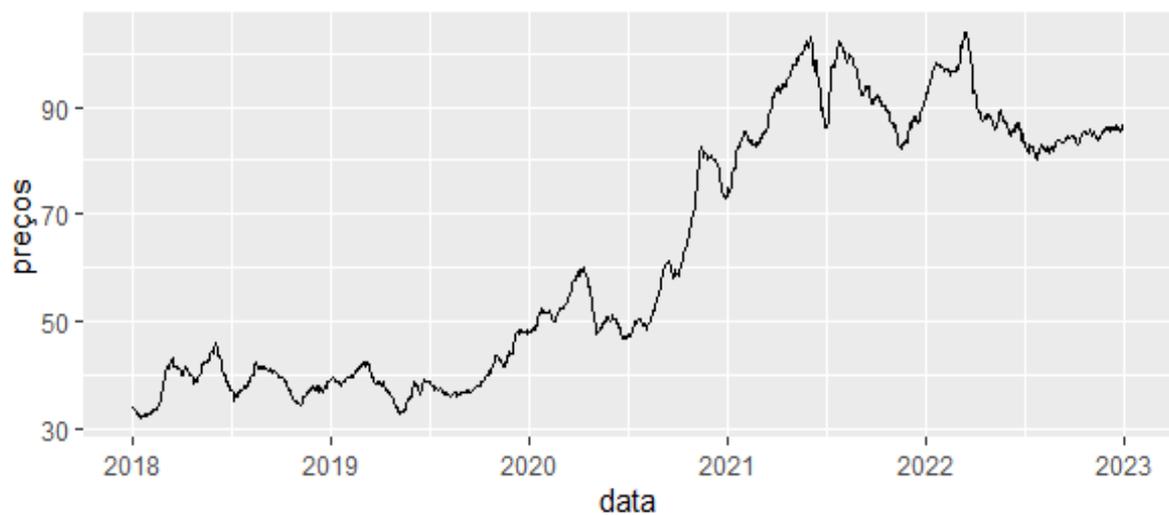
### GRÁFICOS QUE MOSTRAM O COMPORTAMENTO DOS CONTRATOS FUTUROS E PRAÇAS ANALISADAS



Serie de preços spot Pernambuco de 2018 a 2022



Serie de preços spot São Paulo de 2018 a 2022



### SCRIPT DO PASSO A PASSO DO TESTE DE ENGLE-GRANGER

```
#Carregar os pacotes necessários
```

```
# install.packages("tseries")
library(tseries)
```

```
##importante os dados##
library(readxl)
```

```

preços_futuros <- read_excel("são paulo/preços futuros.xlsx")
View(preços_futuros_ts)

library(readxl)
spot_são_paulo <- read_excel("são paulo/spot são paulo.xlsx")
View(spot_são_paulo)

library(readxl)
spot_recife <- read_excel("recife/spot recife.xlsx")
View(spot_recife)

library(readxl)
preços_futuros <- read_excel("bahia/preços futuros.xlsx")
View(preços_futuros)

library(readxl)
spot_bahia <- read_excel("bahia/spot bahia.xlsx")
View(spot_bahia)

## TRANSFORMANDO EM SERIE TEMPORAL ##
preços_futuros$data <- as.Date(preços_futuros$data, format =
"%Y-%m-%d")
preços_futuros_ts <- ts(preços_futuros$preço, start =
c(2018,1), frequency = 245)
plot(preços_futuros_ts)

spot_são_paulo$data <- as.Date(spot_são_paulo$data, format =
"%Y-%m-%d")
spot_são_paulo_ts <- ts(spot_são_paulo$preço, start =
c(2018,1), frequency = 245)
plot(spot_são_paulo_ts)

spot_bahia$data <- as.Date(spot_bahia$data, format = "%Y-%m-
%d")
spot_bahia_ts <- ts(spot_bahia$preço, start = c(2018,1),
frequency = 245)
plot(spot_bahia_ts)

spot_recife$data <- as.Date(spot_recife$data, format = "%Y-%m-
%d")
spot_recife_ts <- ts(spot_recife$preço, start = c(2018,1),
frequency = 245)
plot(spot_recife_ts)

#analise gráfica da série

autoplot(preços_futuros_ts)+
  labs(x = "data", y = "preços", title = "Serie de preços
futuros de 2018 a 2022")

autoplot(spot_são_paulo_ts)+

```

```

labs(x = "data", y = "preços", title = "Serie de preços spot
São Paulo de 2018 a 2022")

autoplot(spot_bahia_ts)+
  labs(x = "data", y = "preços", title = "Serie de preços Spot
Bahia de 2018 a 2022")

autoplot(spot_recife_ts)+
  labs(x = "data", y = "preços", title = "Serie de preços spot
Pernambuco de 2018 a 2022")

#testando se a serie temporal é estacionaria, para a série
estocástica ser estacionária, ou seja, que suas características
sejam as #mesmas ao longo do tempo, precisamente, que não
dependam do tempo.

adf.test(preços_futuros_ts)

adf.test(spot_bahia_ts)

adf.test(spot_recife_ts)

adf.test(spot_são_paulo_ts)

#usou-se o ndiffs para verificar de que ordem são as series.

ndiffs(preços_futuros_ts)

ndiffs(spot_bahia_ts)

ndiffs(spot_recife_ts)

ndiffs(spot_são_paulo_ts)

#Para corroboração do teste ADF foi usado o KPSS.

kpss.test(preços_futuros_ts)
kpss.test(spot_bahia_ts)

kpss.test(spot_recife_ts)

kpss.test(spot_são_paulo_ts)

#Cointegração por teste de Engle-Grange

# Primeiro Passo: Regressão Linear
spot_são_paulo_ts_lag <- c(NA, spot_são_paulo_ts[-
length(spot_são_paulo_ts)])
modelo_regressaoSP <- lm(spot_são_paulo_ts_lag ~
preços_futuros_ts)

```

```

spot_bahia_ts_lag      <-      c(NA,      spot_bahia_ts[-
length(spot_bahia_ts)])
modelo_regressaoBA <- lm(spot_bahia_ts_lag ~ preços_futuros_ts)

spot_ pernambuco_ts_lag      <-      c(NA,      spot_recife_ts[-
length(spot_recife_ts)])
modelo_regressaoPE      <-      lm(spot_ pernambuco_ts_lag      ~
preços_futuros_ts)

```

```
# Segundo Passo: Teste ADF nos resíduos
```

```

residuosSP <- resid(modelo_regressaoSP)
resultado_adfSP <- adf.test(residuosSP)
print(resultado_adfSP)

```

```

residuosBA <- resid(modelo_regressaoBA)
resultado_adfBA <- adf.test(residuosBA)
print(resultado_adfBA)

```

```

residuosPE <- resid(modelo_regressaoPE)
resultado_adfPE <- adf.test(residuosPE)
print(resultado_adfPE)

```

```
#teste KPSS
```

```

resultado_KPSSSP <- kpss.test(residuosSP)
print(resultado_KPSSSP)

```

```

resultado_KPSSBA <- kpss.test(residuosBA)
print(resultado_KPSSBA)

```

```

resultado_KPSSPE <- kpss.test(residuosPE)
print(resultado_KPSSPE)

```

### **Script do passo a passo do modelo de correção de erro (MCE)**

```
# Diferenças das séries temporais
```

```

spotSP_diff<- diff(spot_são_paulo_ts) #explicada
preços_futurosdiff <- diff(preços_futuros_ts) #explicativa
ndiffs(spotSP_diff)

```

```

spotbahia_diff<- diff(spot_bahia_ts) #explicada
preços_futurosdiff <- diff(preços_futuros_ts) #explicativa
ndiffs(spotbahia_diff)

```

```

spotPE_diff<- diff(spot_recife_ts) #explicada
preços_futurosdiff <- diff(preços_futuros_ts) #explicativa
ndiffs(spotPE_diff)

```

```
# Resíduos defasados da regressão de longo prazo

residuos_lagSP <- c(NA, residuosSP[-length(residuosSP)])

residuos_lagBA <- c(NA, residuosBA[-length(residuosBA)])

# Construir o modelo ECM

modelo_ecmSP <- lm(spotSP_diff ~ preços_futurosdiff +
residuos_lagSP)
summary(modelo_ecmSP)

modelo_ecmBA <- lm(spotbahia_diff ~ preços_futurosdiff +
residuos_lagBA)
summary(modelo_ecmBA)

modelo_ecmPE <- lm(spotPE_diff ~ preços_futurosdiff +
residuos_lagPE)
summary(modelo_ecmPE)
```