



FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL
Departamento de Economia e Desenvolvimento Agrário
Secção de Economia Agrária

Dissertação de Mestrado

Efeitos da Transmissão Espacial e da Volatilidade dos Preços do Arroz Importado em Moçambique

Autor: Carmalino Sebastião José Ncuaze

Maputo, Junho de 2024



FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL
Departamento de Economia e Desenvolvimento Agrário
Secção de Economia Agrária

Dissertação de Mestrado

Efeitos da Transmissão Espacial e da Volatilidade dos Preços do Arroz Importado em Moçambique

Autor: Carmalino Sebastião José Ncuaze

Supervisor: Doutor Meizal Popat

Maputo, Junho de 2024

CARMALINO SEBASTIÃO JOSÉ NCUAZE

**EFEITOS DA TRANSMISSÃO ESPACIAL E DA VOLATILIDADE DOS
PREÇOS DO ARROZ IMPORTADO EM MOÇAMBIQUE**

Dissertação submetida à Universidade Eduardo Mondlane,
Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (Departamento
de Economia e Desenvolvimento Agrário), sob Supervisão do
Doutor Meizal Popat, como um dos requisitos para obtenção
do Grau de Mestre em Economia Agrária, Ramo de Mercados
Agrários.

Aprovado em ____/____/2024, com a classificação de ____ Valores.

Membros do Júri

Doutor Meizal Popat-UEM/FAEF
(Supervisor)

Prof. Doutor Lourenço Manuel -UEM/FAEF
(Presidente)

Prof. Doutor Hélder Zavale - UEM/FAEF
(Oponente)

UEM/FAEF
Maputo-Moçambique
Junho, 2024

Declaração de Honra

Declaro por minha honra que este trabalho de culminação de curso é da minha autoria e nunca foi submetido nesta ou em outra instituição para aquisição de qualquer outro grau académico e que ele constitui o resultado do meu labor individual e das orientações do meu supervisor. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na bibliografia final. Este trabalho é apresentado em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Economia Agrária, Ramo de Mercados Agrários no Departamento de Economia e Desenvolvimento Agrário da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, 18 de Junho de 2024

(Carmalino Sebastião José Ncuaze)

Dedicatória

Em *memória* da minha mãe Maria Araújo Ncuaze, cujo amor e orientação continuam a iluminar o meu caminho, e que o seu legado de resiliência e força persiste em cada palavra escrita nesta dissertação e em cada conquista alcançada.

Agradecimentos

À Deus, por guiar-me neste difícil caminho, pela fé, coragem, ânimo e força, e por me proporcionar pessoas compreensivas que, em conjunto, ajudaram-me a superar os momentos mais conturbados durante os meus estudos.

Aos meus familiares, por todo apoio, dedicação, carinho e confiança, aos quais serei eternamente grato. À minha esposa Magda, ao meu filho Waylon e minha sobrinha Fátima, fonte inesgotável de amor e apoio, dedico este trabalho como expressão de gratidão pelo constante encorajamento e compreensão ao longo desta jornada académica.

Gostaria de expressar meu mais profundo agradecimento ao meu supervisor, Doutor Meizal Popat, pela orientação fornecida com dinamismo, clareza e paciência. Sua ajuda foi inestimável e será sempre lembrada. Muito obrigado.

Aos demais professores e coordenadores do Departamento de Economia e Desenvolvimento Agrário da FAEF/UEM, expressei meu sincero agradecimento pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação, o que possibilitou um maior aprendizado e desenvolvimento profissional.

Ao meu amigo das ciências exactas, por que não dizer, “mestre para assuntos de programação”, Paulo Mabasso, pelas honrosas considerações no uso do *tikz*.

Aos meus colegas de mestrado Eunice Bambo, Mavis Naves e Mestre Nel da Graça Impoia, meu mais sincero agradecimento pela amizade, companheirismo e ajuda. Sou grato por compartilharem bons momentos, pelo apoio constante e pelos estímulos nos momentos de desânimo.

Por fim, agradeço a todos que, de forma directa ou indirecta, contribuíram para a conclusão deste ciclo académico em minha vida. Não vejo isso como um fim, mas como o início de uma nova jornada. Até a próxima...

Muito obrigado a todos!

Epígrafe

*“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso!
Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu
Deus, estará com você por onde você andar”*

Josué 1:9.

*“É bom esclarecer que os modelos econométricos não
dependem da exactidão dos fenómenos, mas somente
de sua lógica. Um modelo econométrico só é exacto
para quem não conhece ou entende as restrições e
condicionantes que lhes são impostos.”*

Carmalino Ncuaze, Estatístico e Economista Agrário.

Resumo

A crescente volatilidade nos preços dos alimentos, especialmente do arroz, é uma preocupação significativa em Moçambique, dada a alta dependência de importações e seu impacto potencial na segurança alimentar. Este estudo tem como objectivo avaliar o impacto da transmissão espacial e da volatilidade dos preços do arroz importado, com foco nas implicações para a segurança alimentar no país. Utilizando dados dos preços médios mensais de arroz entre 2003 e 2020, métodos econométricos como cointegração de Johansen, causalidade de Granger e o Modelo Vectorial de Correção de Erro (VEC), juntamente com a Função de Resposta de Impulso e Decomposição da Variância dos Erros de Previsão, foram aplicados para análise. O modelo GARCH Multivariado com parametrização BEKK foi utilizado para medir a volatilidade. Os resultados indicam uma relação unidirecional de causalidade entre os preços do arroz importado nos mercados de Bangkok, Maputo e Nampula. Mudanças nos preços em Bangkok afectam os preços em Maputo, enquanto mudanças em Maputo afectam os preços em Nampula. No entanto, não há influência direta dos preços de Maputo para Bangkok, nem de Nampula para Maputo. A longo prazo, observou-se que a transmissão de preços é inelástica no mercado da Beira, enquanto é elástica nos mercados de Maputo e Nampula. No curto prazo, Beira e Nampula apresentaram ajustes mais rápidos. A análise revelou também reações persistentes e assimétricas na variância dos retornos, especialmente nessas regiões, indicando que boas e más notícias afectam a volatilidade de forma diferenciada. O estudo conclui que fortalecimento das políticas comerciais e a diversificação agrícola são essenciais para mitigar esses impactos e garantir a segurança alimentar no país.

Palavras-chave: Cointegração; Transmissão Imperfeita; Modelo GARCH-BEKK; Volatilidade de Preços; Segurança Alimentar.

Abstract

The growing volatility in food prices, particularly rice, is a significant concern in Mozambique due to the country's high dependence on imports and the potential impact on food security. This study aims to assess the impact of spatial transmission and price volatility of imported rice, with a focus on the implications for food security in the country. Using monthly average rice prices from 2003 to 2020, econometric methods such as Johansen cointegration, Granger causality, and the Vector Error Correction Model (VEC), along with Impulse Response Function and Forecast Error Variance Decomposition, were applied for analysis. The Multivariate GARCH model with BEKK parameterization was used to measure volatility. The results indicate a unidirectional causal relationship between imported rice prices in the markets of Bangkok, Maputo, and Nampula. Price changes in Bangkok affect prices in Maputo, while changes in Maputo affect prices in Nampula. However, there is no direct influence of Maputo prices on Bangkok, nor of Nampula on Maputo. In the long run, price transmission was found to be inelastic in the Beira market, while it was elastic in the Maputo and Nampula markets. In the short run, Beira and Nampula showed faster adjustments. The analysis also revealed persistent and asymmetric reactions in price return variance, particularly in these regions, indicating that positive and negative news affects volatility differently. The study concludes that strengthening trade policies and agricultural diversification are essential to mitigate these impacts and ensure food security in the country.

Keywords: Cointegration; Imperfect Transmission; GARCH-BEKK Model; Price Volatility; Food Security.

Índice

Declaração de Honra	i
Dedicatória	ii
Agradecimentos	iii
Epígrafe	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	x
Lista de Abreviaturas e Acrônimos	xii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Problema e Justificação do Estudo	2
1.3 Objectivos	4
1.3.1 Objectivo Geral	4
1.3.2 Objectivos Específico	4
1.4 Estrutura da Dissertação	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 Sector do Arroz na África e seu Contexto em Moçambique	5
2.1.1 Contribuição do Sector do Arroz para o Emprego	10
2.1.2 Contribuição do Sector do Arroz para a Redução da Pobreza e Segurança Alimentar em Moçambique	13
2.1.3 Comercialização do Arroz em Moçambique	16
2.2 Situação Internacional do Mercado do Arroz	19

2.2.1	Comércio Internacional de Arroz	20
2.3	O Conceito de Preços e Mercados	21
2.4	Transmissão de Preços e Integração Espacial de Mercado	23
2.5	Transmissão de Volatilidade	26
2.6	Modelos de Volatilidade Condicional Multivariados	27
2.7	Estudos Empíricos sobre Transmissão Espacial e Volatilidade de Preços . . .	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Material	32
3.1.1	Fonte de Dados	32
3.2	Métodos	33
3.2.1	Procedimentos Econométricos	33
3.2.2	Modelo Estrutural	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Análise do Comportamento das Séries	39
4.1.1	Análise Descritiva das Séries	39
4.1.2	Teste de Estacionariedade	41
4.2	Análise Econométrica do Estudo	42
4.2.1	Determinação do Relacionamento de Curto e Longo Prazo entre os Mercados	43
4.2.1.1	Cointegração de Johansen	43
4.2.1.2	Relação de Curto e Longo Prazo e Modelo de Correção de Erros	44
4.2.1.3	Análise das Relações de Causalidade entre os Mercados . . .	47
4.2.1.4	Funções Impulso Resposta	49
4.2.1.5	Análise da Decomposição da Variância do Erro de Previsão	52
4.2.2	Determinação da Magnitude das Flutuações nos Preços do Arroz entre os Mercados	53
4.2.2.1	Modelo GARCH Multivariado com Representação BEKK .	53
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	56
5.1	Conclusões	56
5.2	Recomendações	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
	ANEXOS	67

Lista de Figuras

2.1	Área Colhida e Rendimento do Arroz em África	6
2.2	Factores que contribuem para o aumento de arroz em África	6
2.3	Produção de Arroz, importação Consumo em África	7
2.4	Volume de Produção do Arroz de cada país (1.000t)	7
2.5	Evolução dos Volumes de Produção e de Importação do Arroz	7
2.6	Volume e Índice de Exportação do Arroz a África	7
2.7	Preços no Mercado Internacional	8
2.8	Distribuição percentual da produção de arroz por província	10
2.9	Cadeia de abastecimento de arroz em Moçambique	12
2.10	Rede de distribuição de arroz, tanto local quanto importado, em Moçambique	17
2.11	Países exportadores de arroz para Moçambique em 2019	18
3.1	Fluxograma das Etapas dos Procedimentos Económétricos	38
4.1	Evolução das séries do preço do arroz em MZN/Kg de 2003 a 2020	39
4.2	Comportamento das series em primeiras diferenças	42
4.3	Fluxo de Causalidade entre os Mercados do Arroz Importado	47
4.4	Funções impulso-resposta	51
5.1	Histograma da distribuição e Plot Q-Q dos retornos dos preços médios mensais do arroz nos mercados de Beira, Nampula, Maputo e Bangkok.	68
5.2	Estabilidade do modelo VEC	69

Lista de Tabelas

2.1	Consumo per Capita Anual	9
2.2	Produção e participação média dos países em relação à produção total de arroz com casca em 2020	19
2.3	Comércio Mundial de Arroz (casca, descascado ou castanho, semibranqueado ou branqueado, quebrado) em 2020	20
2.4	Síntese dos estudos acerca de transmissão espacial e volatilidade de preços	31
3.1	Descrição das variáveis utilizadas na análise de transmissão espacial e volatilidade dos preços	33
4.1	Estatísticas descritivas dos preços do arroz (MZN/Kg) em termos nominais.	40
4.2	Determinação do Número de Defasagens nos Preços do Arroz	43
4.3	Testes de Cointegração entre os preços do Arroz	44
4.4	Características das equações do modelo VEC	45
4.5	Coefficientes Estimados pelo Modelo VEC	46
4.6	Teste de Causalidade de Granger entre os Preços do Arroz em Diferentes Mercados	48
4.7	Evolução dos Impactos da Decomposição da Variância do Erro de Previsão	53
4.8	Estimativas do Modelo GARCH Multivariado, representação BEKK(1,1)	55
5.1	Importações de Arroz de Cada País (em 1.000 t)	67
5.2	Teste de Estacionaridade para os Preços Médios Mensais do Arroz nas Cidades da Beira, Maputo, Nampula e Bangkok (Janeiro de 2003 a Janeiro de 2020)	67
5.3	Teste de normalidade multivariada dos resíduos	69
5.4	Estimativas dos Parâmetros de Curto Prazo do Modelo VEC	70

Lista de Abreviaturas e Acrônimos

AIC	Critério de Informação de Akaike
ARCH	Heterocedasticidade Condicional Autorregressiva
ASS	África Subsaariana
BEKK	Baba, Engle, Kraft e Kroner
CARD	Coligação para o Desenvolvimento da Rizicultura em África
CIF	Custo, Seguro e Frete
COVID-19	Doença do Coronavírus 2019
ECT	Erro Médio Quadrático de Validação Cruzada
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FMI	Fundo Monetário Internacional
FPE	Erro de Predição Final
FRI	Função de Resposta ao Impulso
GARCH	Heterocedasticidade Condicional Autoregressiva Generalizada
HLPE	Painel de Alto Nível de Especialistas em Segurança Alimentar e Nutrição
HQ	Critério de Hannan-Quinn
ICM	Instituto de Cereais de Moçambique
JICA	Agência de Cooperação Internacional do Japão
MASA	Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar
MADER	Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural

MEF	Ministério da Economia e Finanças
MIC	Ministério da Indústria e Comércio
MICOA	Ministério da Coordenação da Acção Ambiental
MGARCH	Heterocedasticidade Condicional Autoregressiva Multivariada
MINAGRIF	Ministério da Agricultura e Florestas de Angola
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
OMC	Organização Mundial do Comércio
PARPA I	Plano de Acção para a Produção de Alimentos
PARPA II	Plano de Acção para a Redução da Pobreza Absoluta
PEDSA	Plano Estratégico de Desenvolvimento do Sector Agrícola
SC	Critério de Schwarz
SETSAN	Secretariado Técnico de Segurança Alimentar e Nutricional
SIMA	Serviço de Informação de Mercados Agrícolas
VAR	Vector Autoregressivo
VEC	Correção de Erro Vectorial
VECH	Modelo de Erro de Matriz de Variância-Covariância com Heterocedasticidade

1 | INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O aumento global da volatilidade nos preços dos alimentos, especialmente do arroz, tem gerado preocupações significativas sobre a segurança alimentar em várias partes do mundo, incluindo Moçambique. Esta inflação é exacerbada por crises globais, como a crise alimentar de 2007/8 e, mais recentemente, a crise da pandemia da COVID-19 e a guerra da Ucrânia. Esses eventos influenciam negativamente os preços dos alimentos básicos na África Subsaariana (ASS) por meio de mudanças na demanda e oferta, e os efeitos são agravados pelo estado do ambiente económico externo ([Agyei *et al.*, 2021](#)).

Alguns autores classificaram os impulsionadores de curto e longo prazo da volatilidade de preços e da transmissão como aumento da demanda das economias emergentes (China, Índia, Tailândia, Vietname e Brasil, entre outros), especulação financeira, aumento do uso de biocombustíveis e queda dos investimentos na agricultura, que juntamente com factores climáticos restringiram a oferta de alimentos, causaram desequilíbrios nas relações entre oferta e demanda, levando a alta variabilidade de preços ([Santos, 2018](#)).

A crise global provocou revoltas em países em desenvolvimento no Norte da África e no Oriente Médio em 2011, assim como em 2008, coincidindo com grandes picos nos preços globais dos alimentos. Por exemplo, Maputo, em 2010, ocorreram manifestações violentas contra o aumento dos preços dos alimentos básicos e o custo de vida. Esses distúrbios evidenciaram a vulnerabilidade das famílias urbanas à volatilidade dos preços dos alimentos ([Ngare *et al.*, 2014](#)).

A volatilidade dos preços dos alimentos, que caracterizou a crise de 2008, impactou milhões de pessoas em seu estado nutricional e segurança alimentar, diminuindo as perspectivas de crescimento, aumentando a pobreza, influenciando negativamente a saúde da população, a desnutrição, a mortalidade infantil e limitando a criação de emprego em países em desenvolvimento, como Moçambique ([Ibikunle *et al.*, 2022](#); [Olila *et al.*, 2016](#)).

Durante a crise alimentar, o número de famílias desnutridas subiu de aproximadamente 850 milhões em 2007 para cerca de 1,23 bilhão em 2009. Nesse período, os preços também registraram aumentos expressivos, como 37,5% para o açúcar, 224% para o arroz, 77% para o milho e 118% para o trigo entre 2007 e 2008 ([Edward *et al.*, 2022](#); [Olila *et al.*, 2016](#)).

Aos dias de hoje, apesar de seu potencial, Moçambique ainda não alcançou a autossuficiência na produção de arroz, tornando-se um importador líquido desse cereal para suprir o seu déficit. Entre 2011 e 2020, o país registrou uma média anual de gastos de USD 217 milhões na importação de arroz tornando o produto, mais dispendioso em importações agrícolas, representando cerca de 18% do valor total ([FAO, 2018, 2021](#); [MADER, 2021, 2020, 2019](#); [USDA, 2018](#)).

O arroz é o terceiro cereal mais consumido em Moçambique após milho e trigo, sendo uma fonte de renda familiar e subsistência ao longo da cadeia de valor do arroz. Devido ao crescimento populacional e ao subsequente aumento na demanda por arroz, combinado com o crescente déficit no fornecimento de arroz (cerca de 66% vem de importações), o país pode enfrentar insegurança alimentar ([MADER, 2020](#); [FAO, 2018, 2017](#)).

Este estudo adota uma abordagem multivariada das series temporais, em contraste com pesquisas anteriores que utilizam modelos univariados, para analisar a transmissão e volatilidade dos preços do arroz entre mercados. Essa abordagem oferece uma compreensão mais abrangente das interdependências regionais, contribuindo para a formulação de políticas agrícolas mais eficazes.

1.2 Problema e Justificação do Estudo

Os preços domésticos e a inflação de alimentos em Moçambique, assim como em muitos outros países, são influenciados por factores internos e correlacionados com tendências globais de preços. Entre os principais factores internos estão o nível de auto-suficiência nacional, as importações (especialmente para o sul do país e, em particular, para a cidade de Maputo), os altos custos de transporte entre as regiões produtoras no norte e centro e a região deficitária no sul, as dificuldades na circulação de produtos agrícolas devido às más condições das estradas secundárias e terciárias, o comportamento da taxa de câmbio, o crescimento demográfico, a baixa produção e produtividade nacional que afectam a competitividade no mercado externo, e uma estrutura produtiva voltada principalmente para a exportação de recursos naturais e culturas de alto rendimento ([Mosca e Abbas, 2013](#); [Ndava, 2019](#)).

Esses factores internos têm um grande impacto nos preços, qualidade e disponibilidade de alimentos, afectando o bem-estar econômico e social da população. O grau de auto-suficiência

nacional, junto com as importações e os custos de transporte, é fundamental para determinar os preços domésticos. Além disso, a taxa de câmbio e o crescimento demográfico afectam directamente os preços, tornando o país mais vulnerável a escassez e impactando a estabilidade econômica. Isso destaca a importância de políticas que estabilizem os preços e investimentos em infraestrutura para melhorar a produção e distribuição de alimentos, garantindo a segurança alimentar e reduzindo a vulnerabilidade a choques (Mosca e Bruna, 2012; Mosca e Abbas, 2013).

No entanto, embora muitos estudos tenham se dedicado à análise do mercado de cereais em Moçambique, como destacado por (Chambale, 2021; Cirera e Arndt, 2008; Paulo, 2011; Tostão e Brorsen, 2005; Penzhorn e Arndt, 2002; Alemu e Biacuana, 2006; Chambo, 2013; Acosta, 2012), a maioria concentrou-se no milho, e em alguns casos, também no milho e na mandioca (Loganemio, 2014). No entanto, há uma lacuna na pesquisa que analisa a transmissão espacial e a volatilidade de preços entre os mercados domésticos e internacionais, especialmente no mercado de arroz, que é o terceiro produto mais crucial para os moçambicanos. Isso é vital para garantir a segurança alimentar e o desenvolvimento nacional (Mosca e Abbas, 2013; Ndava, 2019).

De acordo com Goletti *et al.* (1995), a análise da relação espacial entre os preços pode fornecer informações valiosas sobre a dinâmica do mercado e possíveis impactos nos padrões de oferta e demanda, que, por sua vez, podem influenciar as decisões dos participantes do mercado. Por exemplo, se houver um aumento nos preços do arroz em um mercado de importação, isso pode indicar escassez de oferta ou aumento na demanda. Essa informação pode alertar produtores e consumidores em um mercado doméstico sobre a possibilidade de preços mais altos ou escassez de arroz importado, incentivando-os a tomar medidas preventivas, como aumentar a produção ou diversificar fontes de alimentos. Essa análise é importante porque os resultados serão úteis para avaliar se o mercado de arroz importado é eficiente na resposta às necessidades de bem-estar (disponibilidade, acessibilidade e estabilidade) das famílias pobres em Moçambique.

Um contributo adicional é o impacto significativo que os resultados terão ao contribuir para a crescente literatura sobre a volatilidade de preços em Moçambique. Isso decorre do fornecimento de mais informações para pesquisadores, formuladores de políticas, empresas e comunidades rurais, utilizando bases de dados já disponíveis. Essa abordagem possibilita uma compreensão mais profunda das dinâmicas do mercado de arroz e das implicações de suas flutuações de preços, informando tanto o desenvolvimento de políticas econômicas quanto as decisões de negócios e práticas agrícolas. Portanto, esse contributo não apenas enriquece o conhecimento acadêmico, mas também tem aplicações práticas significativas para diversos actores envolvidos no sector de arroz em Moçambique.

Por fim, as conclusões deste estudo têm o potencial de informar e fortalecer o sector de arroz, possibilitando a formulação de estratégias e intervenções específicas. Isso inclui políticas de comércio internacional, incentivos à produção local, gestão de estoques e resposta a choques, investimentos em infraestrutura e incentivos financeiros. Ao reavaliar as políticas sectoriais com base nessas conclusões, Moçambique pode desenvolver estratégias mais eficazes para promover a estabilidade, acessibilidade e sustentabilidade do sector de arroz, contribuindo assim para a segurança alimentar do país.

1.3 Objectivos

1.3.1 Objectivo Geral

Avaliar os efeitos da transmissão espacial e da volatilidade dos preços do arroz importado em Moçambique.

1.3.2 Objectivos Específico

- Identificar o relacionamento de curto e longo prazo entre os mercados em relação aos preços do arroz importado para os consumidores;
- Determinar a magnitude das flutuações nos preços do mercado internacional sobre as variações nos preços do arroz nos mercados domésticos.

1.4 Estrutura da Dissertação

A dissertação está organizada da seguinte forma: O primeiro capítulo aborda a introdução, delineando a problemática e justificativa do estudo, os objectivos e a estrutura da dissertação. O segundo capítulo apresenta o referencial teórico adoptado, explorando temas como o sector do arroz na África e seu contexto específico em Moçambique, a situação internacional do mercado do arroz, conceitos fundamentais de preços e mercados, análise de transmissão espacial, volatilidade dos preços do arroz e modelos de volatilidade condicional multivariada. O terceiro capítulo detalha os aspectos metodológicos do projecto, incluindo a descrição da fonte de dados utilizada e os procedimentos econométricos adoptados. No quarto capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos de forma estatística e económica. Por fim, o quinto capítulo traz as conclusões e recomendações do estudo, seguidas das referências bibliográficas e anexos.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sector do Arroz na África e seu Contexto em Moçambique

De acordo com [Foster e Briceno-Garmendia \(2010\)](#), o sector agrícola desempenha um papel predominante nas economias da África Subsaariana, representando mais de um terço do produto interno bruto regional e empregando mais de dois terços da força de trabalho. Apesar de ser uma das principais fontes de ganhos em moeda estrangeira, a agricultura nesta região ainda enfrenta desafios significativos, permanecendo amplamente subdesenvolvida tanto na produção para o mercado doméstico quanto para a exportação, conforme apontado pela [FAO \(2020\)](#).

A extensão da área de cultivo de arroz na África Subsaariana aumentou de 8 milhões de hectares em 2007 para 16 milhões de hectares em 2018. No entanto, o rendimento por hectare permanece estagnado em toda a região Figura (2.1), sugerindo possíveis limitações nas práticas agrícolas adoptadas e no acesso às tecnologias necessárias para aumentar a produtividade. Essa estagnação pode representar um desafio significativo para garantir a segurança alimentar na região, especialmente considerando o crescimento populacional em curso ([JICA, 2021](#)).

Na África, o aumento da área cultivada é o principal impulsionador do aumento da produção, conforme evidenciado na Figura (2.2). Essa abordagem contrasta com a de outras regiões do mundo, onde o aumento da produção muitas vezes é alcançado através do aumento da produtividade agrícola, ou seja, obtendo mais colheitas por unidade de área cultivada. Essa diferença de estratégia pode ter diversas implicações, tanto em termos de sustentabilidade agrícola quanto de impacto socioeconómico nas comunidades rurais ([FAOSTAT, 2021](#)).

Apesar do rendimento ter crescido de 1,7 para 2,6 toneladas por hectare ao longo dos últimos 50 anos, ainda permanece aquém da média mundial, estabelecida em 4,6 toneladas por hectare. Essa discrepância se deve ao ritmo mais lento de crescimento na África em comparação com outras regiões do mundo. Diversos factores contribuem para essa dispari-

dade, tais como práticas agrícolas menos eficientes, acesso limitado a tecnologias modernas, condições climáticas desfavoráveis e investimentos insuficientes na agricultura (JICA, 2021; MINAGRIF, 2020).

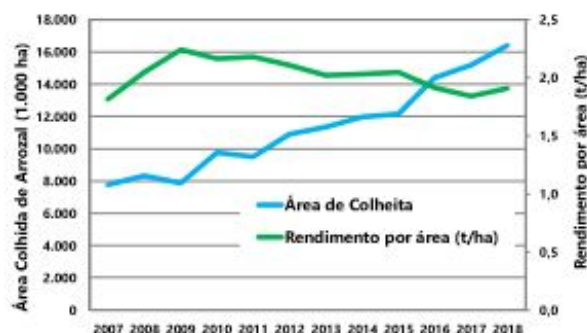


Figura 2.1: Área Colhida e Rendimento do Arroz em África
Fonte: JICA (2021)

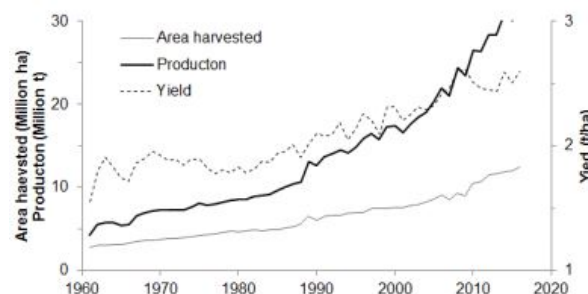


Figura 2.2: Factores que contribuem para o aumento de arroz em África
Fonte: FAOSTAT (2021)

Além disso, a cultura do arroz desempenha um papel de importância estratégica para a África, emergindo como uma das fontes alimentares de crescimento mais rápido tanto para as populações ricas quanto para as pobres (Danquah e Egyir, 2014). Adicionalmente, o cultivo de arroz contribui de forma significativa para o crescimento econômico de várias nações na África.

De acordo com FAOSTAT (2021), a produção de arroz na África também experimentou um notável aumento, multiplicando-se por seis vezes entre 1961 e 2012 (Figura 2.3). Entretanto, a produção ainda não consegue acompanhar o rápido aumento do consumo. Na África Subsaariana, a discrepância entre a demanda e a oferta é significativa. O volume importado totalizou 10 milhões de toneladas de arroz beneficiado em 2008, resultando em um custo de aproximadamente 3.6 bilhões de dólares para a região.

De acordo com JICA (2021), os países com os maiores volumes de produção em 2018 foram: Nigéria, Madagascar, Mali, Tanzânia, Guiné Conacri e Costa do Marfim (Figura 2.4). O volume de produção de arroz nesses seis países totalizou 23,3 milhões de toneladas, correspondendo a impressionantes 77% do total da produção de todos os países membros da Coligação para o Desenvolvimento da Rizicultura em África (CARD)¹. Notavelmente, Nigéria, Mali, Tanzânia e Costa do Marfim registraram aumentos de 2,1 a 3,5 vezes o volume de produção de arroz em 2007, contribuindo significativamente para o aumento geral na produção do arroz.

¹Entre os países-membros da CARD, na sua Fase 1 fizeram parte do Grupo 1: Camarões, Gana, Guiné Conacri, Quênia, Madagascar, Mali, Moçambique, Nigéria, Senegal, Serra Leoa, Tanzânia e Uganda; e, do Grupo 2: Benim, Burkina Faso, República da África Central, Costa do Marfim, República do Congo, Etiópia, Gâmbia, Libéria, Ruanda, Togo e Zâmbia.

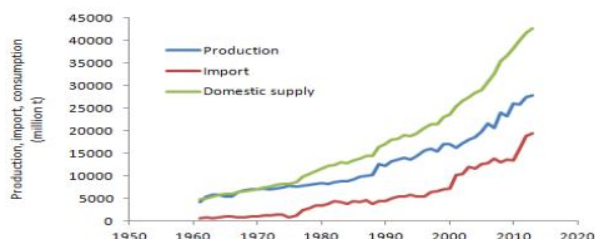


Figura 2.3: Produção de Arroz, importação Consumo em África
Fonte: FAOSTAT (2021)

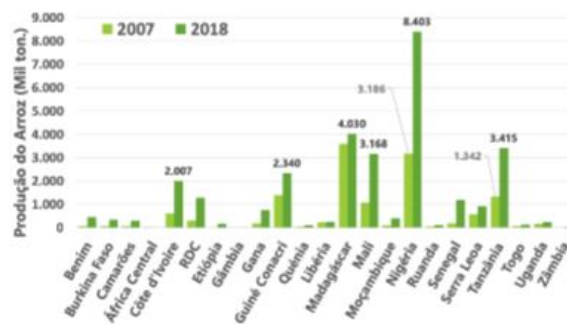


Figura 2.4: Volume de Produção do Arroz de cada país (1.000t)
Fonte: JICA (2021)

Na Figura (2.5), é evidente que, em consonância com o aumento do consumo de arroz discutido anteriormente, há um crescimento no volume de importação, preenchendo assim a discrepância entre produção e consumo. Em 2018, o volume total de importação de arroz na África Subsaariana atingiu 10,9 milhões de toneladas (Tabela 5.1 em anexo). Os principais exportadores de arroz para a África nesse ano foram, em ordem decrescente, Tailândia (5 milhões de toneladas), Índia (2,77 milhões de toneladas), Paquistão (1,36 milhões de toneladas) e China (1,07 milhões de toneladas), conforme destacado na Figura (2.6). Notavelmente, esses quatro países asiáticos representam 95% do total das exportações para a África, destacando a contribuição significativa dessas nações asiáticas para o volume importado na região (JICA, 2021).

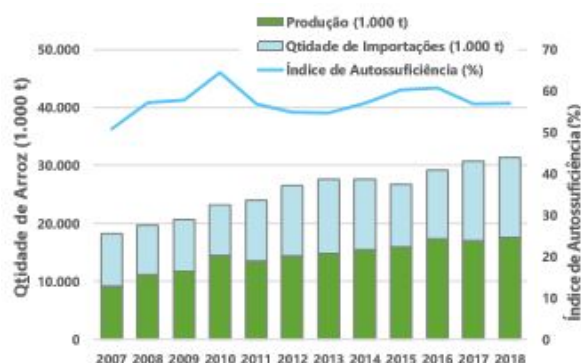


Figura 2.5: Evolução dos Volumes de Produção e de Importação do Arroz
Fonte: JICA (2021)

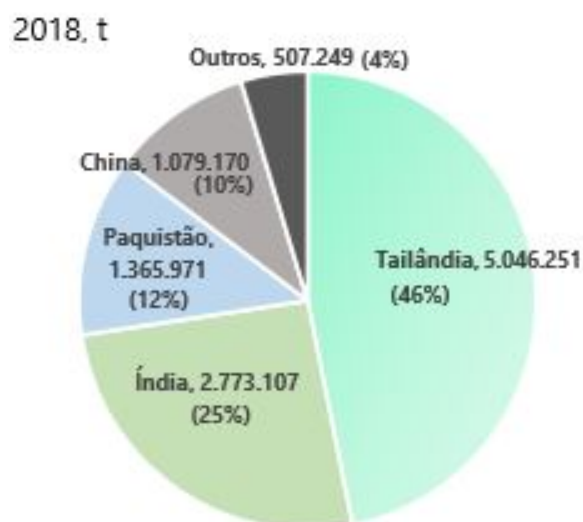


Figura 2.6: Volume e Índice de Exportação do Arroz a África
Fonte: JICA (2021)



Figura 2.7: Preços no Mercado Internacional

Fonte: JICA (2021)

FAOSTAT (2021) e JICA (2021) apontam que o índice de autossuficiência apresenta uma evolução em torno de 50% a 60%, indicando uma tendência ascendente moderada, porém ainda insuficiente para uma melhoria substancial, como evidenciado na Figura (2.5). Em relação ao preço do arroz no mercado internacional, enquanto atingiu o pico de 1.015 USD/tonelada em abril de 2008, durante a crise alimentar, em 2018 esse valor estava em torno de 400 USD/tonelada. Apesar dessa queda, a tendência de aumento persiste, em comparação com o período entre 1991 e 2006, anterior à mencionada ascensão, conforme demonstrado na Figura (2.7).

No contexto de Moçambique, o consumo de arroz é impulsionado por uma série de factores, incluindo o crescimento urbano, a rápida expansão de sectores específicos da economia, a crescente demanda por ração animal, o desenvolvimento de uma classe média em ascensão e o aumento da participação das mulheres na força de trabalho, conforme observado por MADER (2020).

JICA (2021) destaca que o arroz é conhecido por sua capacidade de armazenamento a longo prazo, o que aumenta sua demanda na região urbana, acompanhando o aumento da renda. Neste contexto, é relevante mencionar que o consumo per capita de arroz em Moçambique aumentou de 19,7 kg para 24 kg em apenas uma década, resultando em um consumo total actual de cerca de 1,2 milhão de toneladas métricas (MMT)², conforme apresentado na Tabela (2.1).

²Os dados estatísticos do “Novo Balanço Alimentar” de 2018 foram unificados conforme os “Food Balances” da FAOSTAT para o arroz e seus derivados, contabilizados em arroz beneficiado. Isso foi realizado considerando que o peso do arroz beneficiado equivale a aproximadamente 66,7% do peso do arroz em casca, conforme estabelecido pela equação: $\text{Peso do arroz beneficiado} = \text{Peso do arroz em casca} \times 0,667$.

Tabela 2.1: Consumo per Capita Anual

kg/capital/ano País	2007	2018	Oscilação (%)
Benim	48.7	58.5	1,2
Burkina Faso	16.2	17.2	1,1
Camarões	19.3	27.1	1,4
África Central	6.8	1.5	0,2
Costa do Marfim	68.4	65.2	1,0
RDC	Na	Na	Na
Etiópia	0.7	2.6	4,9
Gâmbia	58.5	49.6	0,8
Gana	25.4	25.1	1,0
Guiné Conacri	92.9	112.6	1,2
Quênia	7.6	14.6	1,9
Libéria	73.3	74.2	1,0
Madagáscar	102.4	104.4	1,0
Mali	53.4	42.4	0,8
Moçambique	19.7	24.4	1,2
Nigéria	23.2	26.1	1,1
Ruanda	5.6	7.5	1,3
Senegal	73.5	79.8	1,1
Serra Leoa	94.0	107.5	1,1
Tanzânia	19.9	23.5	1,2
Togo	23.2	16.2	0,7
Uganda	4.7	5.7	1,2
Zâmbia	1.5	2.0	1,3
MÉDIA	38.1	40.3	1,1

Fonte: JICA (2021)

De acordo com [Ndava et al. \(2020\)](#), houve uma diminuição significativa na contribuição da província de Gaza para a produção nacional de arroz em 2008 e 2012, representando apenas cerca de 3% e 4%, respectivamente. No entanto, a partir de 2012, investimentos realizados por agroindústrias internacionais por meio de parcerias público-privadas concentraram-se na reabilitação do sistema de irrigação, utilização de sementes melhoradas e modernização dos equipamentos agrícolas. Como resultado desses investimentos, a região sul de Moçambique, especialmente a província de Gaza, testemunhou uma recuperação em sua capacidade de produção de arroz, sendo responsável por aproximadamente 46% de toda a produção nacional em 2015 (Figura 2.8).

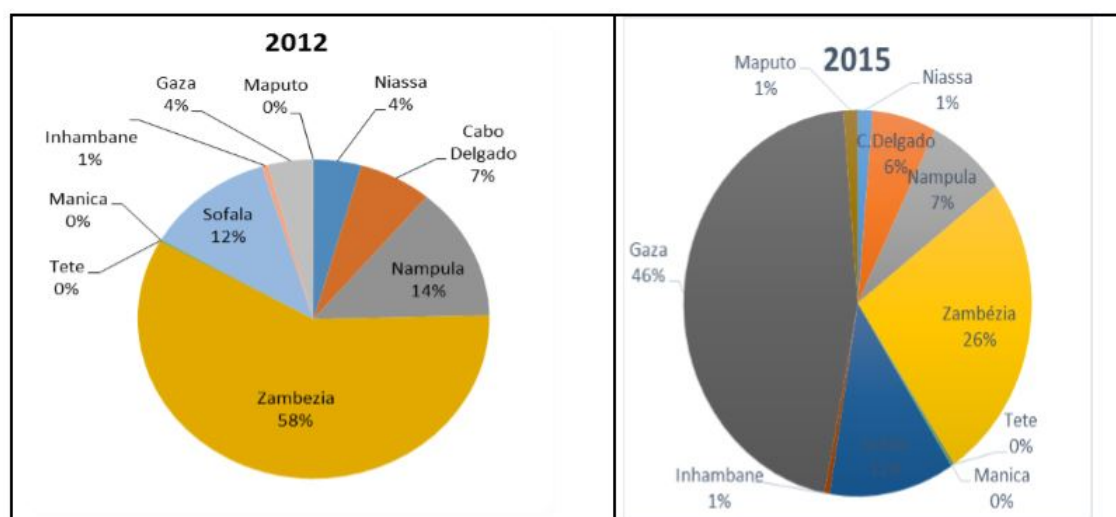


Figura 2.8: Distribuição percentual da produção de arroz por província

Fonte: Ndava (2019)

2.1.1 Contribuição do Sector do Arroz para o Emprego

O sector do arroz desempenha um papel fundamental na economia de Moçambique, proporcionando uma fonte crucial de emprego para milhares de pessoas em todo o país. A cadeia de valor do arroz abrange diversas actividades, desde a produção agrícola até a comercialização e distribuição, oferecendo uma série de oportunidades de emprego ao longo do processo (MADER, 2016).

Na fase de produção agrícola, milhares de agricultores desempenham um papel vital no cultivo do arroz em várias regiões de Moçambique. Esses agricultores trabalham nas terras arroteiras, realizando uma ampla gama de tarefas, desde o preparo do solo até a colheita. Estimativas sugerem que entre 20.000 e 50.000 agricultores estão directamente envolvidos na produção de arroz em todo o país, este número varia de acordo com a extensão da produção de arroz, as áreas cultivadas e as práticas agrícolas adoptadas em diferentes regiões e períodos do ano (MADER, 2020).

Além dos agricultores, a cadeia de valor do arroz emprega uma variedade de outros profissionais em diferentes etapas do processo. Isso inclui trabalhadores nas indústrias de processamento de arroz, que estão envolvidos na limpeza, descasque, polimento e embalagem do arroz para comercialização. Também há oportunidades de emprego em empresas de transporte e logística, que são responsáveis pelo transporte do arroz dos campos para os mercados e centros de distribuição em todo o país (Ndava, 2019).

Vários projectos foram implementados ao longo dos anos para promover a produção local de arroz em Moçambique e melhorar as condições econômicas dos agricultores de arroz em pequena escala. Por exemplo, o Projecto de Desenvolvimento Agrícola³, financiado pelo governo em parceria com organizações internacionais, tem como objectivo aumentar a produtividade e a renda dos agricultores de arroz em várias regiões do país. Além disso, iniciativas de capacitação, fornecimento de insumos agrícolas, desenvolvimento de infraestrutura agrícola, assistência técnica e acesso a mercados têm sido parte integrante desses projectos (MADER, 2022, 2021).

O processo de conversão de arroz em casca para arroz sem casca é assegurado por pequenas moagens e grandes fábricas, que oferecem serviços de descasque procurados por produtores ou comerciantes nas áreas de produção Arlindo e Keyser (2007). Em razão da limitada disponibilidade de instalações de moagem, Loganemio (2014), destaca a ocorrência do processamento manual por parte dos produtores nas regiões produtoras.

Ainda conforme Loganemio (2014), o custo para o descasque de arroz em Moçambique varia significativamente dependendo do tamanho da moageira. Grandes moageiras têm um custo de descasque de cerca de 40 USD/tonelada, enquanto as pequenas moageiras têm um custo mais elevado, em torno de 63 USD/tonelada. Esses valores representam o custo médio para realizar o processo de descasque do arroz em cada tipo de instalação de processamento. É importante notar que o custo de descasque de arroz em Moçambique é consideravelmente mais alto do que em outros países, como a Tailândia, onde o custo é significativamente mais baixo, em torno de um quarto a um quinto do custo das pequenas moageiras em Moçambique. Esse contraste nos custos destaca os desafios enfrentados pelas moageiras em Moçambique para competir em termos de eficiência de custos com os produtores de arroz em outros países.

Os transportadores são fundamentais na ligação entre os diversos agentes da cadeia de abastecimento de arroz. No entanto, devido às más condições das vias de acesso, os custos de transporte são elevados, o que aumenta os gastos para todos os envolvidos e, consequentemente, resulta em preços mais altos para o consumidor final. Por sua vez, os retalhistas têm a responsabilidade de disponibilizar o produto no mercado para os consumidores (Ndava, 2019).

Os retalhistas obtêm uma margem de comercialização em torno de 35,03% na região central do país. Esse factor contribui para que o preço ao consumidor do arroz nacional seja mais elevado em comparação com o preço do arroz importado (Ndava, 2019).

³O SUSTENTA é um programa nacional de integração da agricultura familiar em cadeias de valor produtivas, que tem como o objectivo melhorar a qualidade de vida dos agregados familiares rurais através da promoção de agricultura sustentável (social, económica e ambiental).

A figura (2.9), apresenta um fluxograma que ilustra a cadeia de abastecimento de arroz em Moçambique. O processo começa com a produção agrícola, onde os agricultores estão envolvidos no cultivo do arroz, realizando diversas actividades como preparo do solo, plantio e colheita. Em seguida, o arroz é processado, comercializado e distribuído ao longo da cadeia, passando por diferentes estágios, como processamento industrial, venda no varejo, distribuição para os consumidores e uso na produção animal. Diversos actores estão envolvidos nesse processo, incluindo pequenos produtores, retalhistas, atacadistas, indústria de ração animal e importadores. A presença de múltiplos agentes evidência a interdependência e a dinâmica entre os diversos segmentos do mercado de arroz em Moçambique.

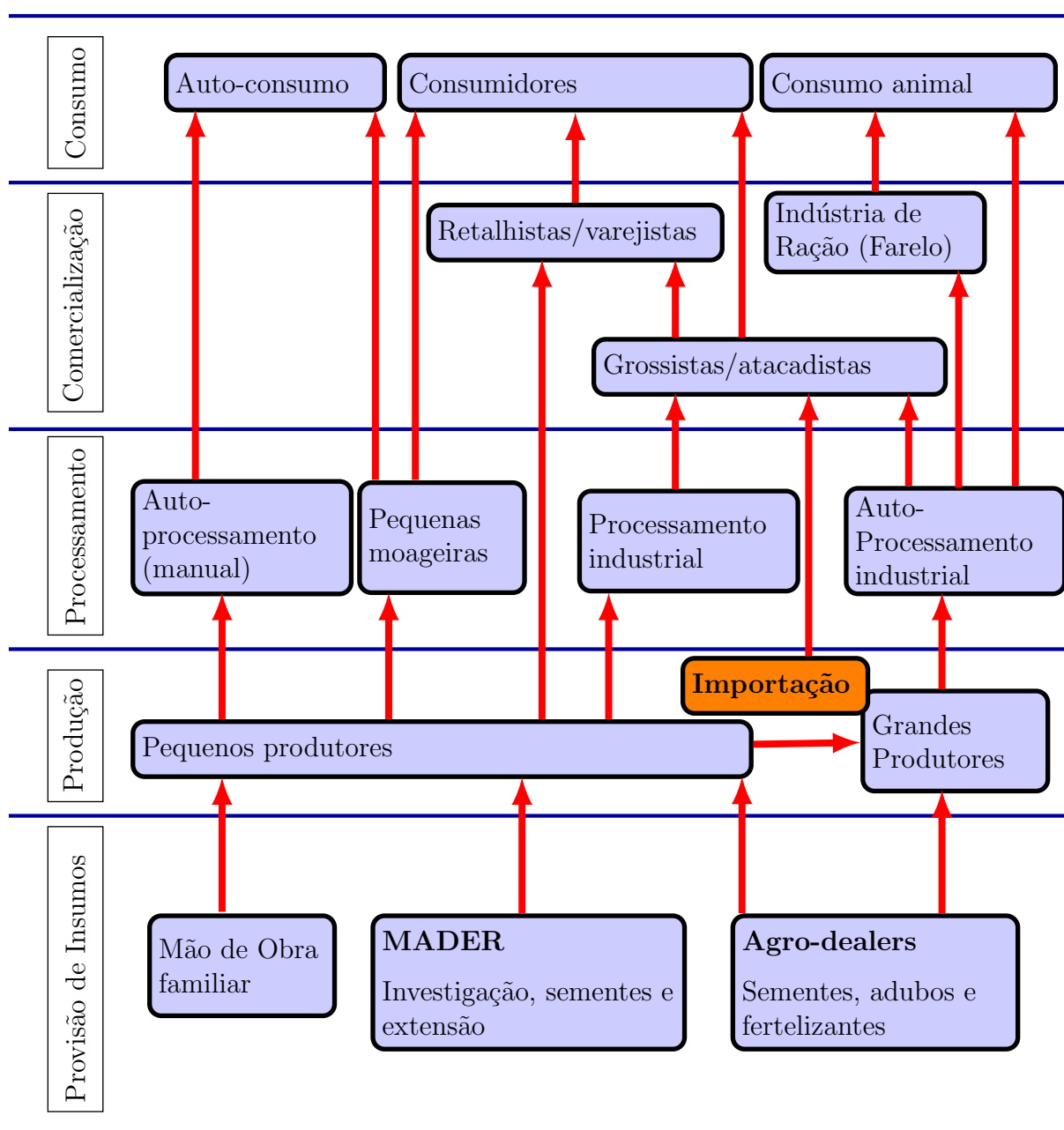


Figura 2.9: Cadeia de abastecimento de arroz em Moçambique

Fonte: Adaptado do Ndava (2019)

2.1.2 Contribuição do Sector do Arroz para a Redução da Pobreza e Segurança Alimentar em Moçambique

Há aproximadamente 500 anos, conforme indicado pela [FAO \(2014a\)](#), o arroz tem sido cultivado em Moçambique. Do ponto de vista socioeconômico, o comércio de arroz desempenha um papel crucial nos objectivos de desenvolvimento do país. Por ser um item alimentar essencial, abordar de forma integrada a produção, gestão e comercialização do arroz torna-se imperativo para reduzir as taxas de pobreza. Conforme destacado pela [FAO \(2005\)](#), o arroz é identificado como fundamental para a erradicação da fome, redução da pobreza, garantia da estabilidade alimentar e promoção do crescimento econômico através do aumento da produtividade.

O aumento na produção de arroz oferece uma maneira segura de abordar questões de segurança alimentar, pois contribui para a estabilidade dos preços do produto. Com uma oferta interna robusta de arroz, há menos dependência das importações e menor vulnerabilidade a flutuações nos preços globais do mercado. Isso significa que os consumidores têm acesso mais estável e previsível ao arroz a preços acessíveis, garantindo assim a segurança alimentar da população ([MADER, 2022](#); [Abbas, 2022](#)).

Além disso, a produção doméstica de arroz cria oportunidades econômicas para os agentes econômicos locais, incluindo pequenos agricultores, comerciantes e processadores. Isso promove o desenvolvimento socioeconômico ao incentivar o crescimento do sector agrícola e gerar empregos e renda nas comunidades rurais. Com uma base agrícola mais forte, o país se torna mais resiliente a choques externos e melhor preparado para enfrentar desafios relacionados à segurança alimentar no longo prazo ([FAO, 2014b](#)).

Como forma de melhorar a segurança alimentar e reduzir a pobreza no meio rural e no país, vários programas e estratégias de desenvolvimento foram implementados pelo Governo de Moçambique (GoM), à semelhança de muitos outros países em desenvolvimento ([Abbas, 2017, 2021](#)). No entanto, essas políticas têm sido criticadas pelo seu fracasso, uma vez que não respondem às preocupações subjacentes às necessidades dos camponeses e da população rural e, portanto, não produzem os efeitos esperados ([Mosca e Abbas, 2016](#); [Abbas, 2017](#); [Kansiime *et al.*, 2018](#)).

Há vários anos, as intervenções do governo moçambicano no sector agrícola enfatizaram a melhoria no desempenho do mercado de arroz e a eficiência do marketing do arroz. O governo tentou abordar a baixa produtividade agrícola por meio de seu Plano Estratégico de

Redução da Pobreza (PARPA I⁴ e PARPA II⁵), que se concentrou em promover a produção e o crescimento agrícola sustentados, aumentando o investimento em pesquisa agrícola e serviços de extensão, melhorando a infraestrutura agrícola e aumentando a acessibilidade de insumos e produtos agrícolas, incluindo arroz (FAO, 2018; Ngare *et al.*, 2014).

Esses compromissos foram mantidos e reforçados pelo governo através do recente Plano Estratégico para o Desenvolvimento do Sector Agrícola (PEDSA 2010) e do Programa Nacional para o Desenvolvimento do Arroz (NRDP 2016-2027). O governo também iniciou esforços para revitalizar o Instituto Moçambicano de Cereais (ICM), visando fornecer infraestrutura de mercado e estabelecer uma reserva estratégica de grãos. Além disso, foram adoptadas políticas para reduzir a dependência de commodities alimentares importadas, focando no aumento da produção, armazenamento, distribuição e processamento internos (MASA, 2016; FAO, 2014a).

As políticas comerciais foram ajustadas para promover a segurança alimentar de Moçambique e reduzir os custos de importação. Isso incluiu a redução das taxas de importação de 25% para 2.5% em 2008 e, posteriormente, de 2.5% para 0% em 2010. Essas medidas visaram não apenas fortalecer a segurança alimentar do país, mas também incentivar o crescimento do sector agrícola local, melhorando assim a resiliência económica e reduzindo a vulnerabilidade a flutuações nos mercados globais. Essas iniciativas representam um compromisso significativo do governo com o desenvolvimento sustentável do sector agrícola e a melhoria da segurança alimentar em Moçambique (MASA, 2016; FAO, 2014a; Ngare *et al.*, 2014).

A segurança alimentar é um problema complexo, que tem ganho relevância nos debates nacionais e internacionais, situando-se no topo da agenda de muitos países em desenvolvimento. Os países em desenvolvimento concentram cerca de 98% da população com desnutrição no mundo, sendo África a região com a maior prevalência de fome (19% da população mais do dobro da média reactiva mundial de 8.9%). A maior parte desta população pobre, subnutrida e com insegurança alimentar vive nas zonas rurais, tendo a agricultura como a sua principal fonte de rendimento e subsistência (FAO, 2020; Abbas, 2021, 2022).

Moçambique é considerado o 4º país mais pobre do mundo (FMI, 2021), com cerca de 46% da população vivendo abaixo da linha da pobreza (MEF, 2016), e elevados níveis de insegurança alimentar (cerca de 24% dos agregados familiares) e de desnutrição crónica (cerca de 43% das crianças com menos de 5 anos de idade), mais preponderante nas zonas rurais (SETSAN, 2014).

⁴O Plano de Acção para a Produção de Alimentos 2008-2011 (PARPA I) foi implementado com o objectivo principal de reduzir o défice de alimentos básicos

⁵O Plano de Acção para a Redução da Pobreza Absoluta para 2006-2009 (PARPA II) foi implementado com o objectivo de diminuir a incidência da pobreza de 54% em 2003 para 45% em 2009.

Os agregados familiares envolvidos na produção e comercialização agrícola e pecuária, especialmente as famílias camponesas com baixos índices de produtividade e produção agrícola, enfrentam desafios como acesso limitado a alimentos, escassa diversificação alimentar em várias regiões do país e altos níveis de pobreza. Esses factores contribuem significativamente para os actuais índices de insegurança alimentar em Moçambique, destacando a necessidade de intervenções e políticas específicas para abordar esses desafios complexos (Abbas, 2022; SETSAN, 2014) .

De acordo com Abbas (2017) citando SETSAN (2015), em Moçambique, a prevalência da insegurança alimentar é mais alta nas áreas rurais, afectando 27% dos agregados familiares (AFs), em comparação com 18% nas áreas urbanas. Esse cenário pode ser atribuído a diversos factores que são observados principalmente nas zonas urbanas, tais como:

1. Obtenção de maior rendimento monetário;
2. Os preços dos bens essenciais são subsidiados;
3. Maior disponibilidade de alimentos devido à importação;
4. Dietas alimentares mais diversificadas, entre outros.

Segundo Abbas (2017) e Kalkuhl *et al.* (2016), a segurança alimentar é composta por seis dimensões operacionais: disponibilidade, acessibilidade, utilização, estabilização (curto prazo), agência e sustentabilidade (longo prazo).

A componente de disponibilidade da segurança alimentar mede a quantidade de estoque de alimentos, enquanto a componente de acesso da segurança alimentar mede se os indivíduos têm ou não alimentos, por exemplo, isto é medido pelo rendimento real do agregado familiar (em relação aos preços dos alimentos). A utilização é outro aspecto crucial da segurança alimentar; mede o grau em que um consumidor atende às suas necessidades dietéticas, bem como as necessidades de macronutrientes e micronutrientes subjectivas à sua preferência alimentar (HLPE, 2020; Kalkuhl *et al.*, 2016) .

A componente de estabilidade da segurança alimentar mede as circunstâncias dimensionais, temporais e individuais que os ajudam a satisfazer a sua procura alimentar (Kalkuhl *et al.*, 2016). Agência refere-se à capacidade das pessoas de terem controle sobre suas próprias escolhas alimentares e de garantirem o acesso a uma dieta adequada em termos de qualidade, segurança, diversidade e cultura alimentar. Isso inclui aspectos como empoderamento, participação nas decisões relacionadas à alimentação e acesso a recursos necessários para uma alimentação adequada. Com a sustentabilidade, o foco está em práticas no sistema alimentar que ajudam os sistemas naturais, sociais e económicos a se regenerarem a longo prazo,

garantindo que as necessidades alimentares das gerações presentes sejam atendidas sem comprometer os requisitos alimentares das futuras gerações (HLPE, 2020; Kalkuhl *et al.*, 2016; Abbas, 2017).

Apesar da heterogeneidade associada às ligações de preço com as mudanças nos determinantes subjacentes da segurança alimentar, Kalkuhl *et al.* (2016) observou três razões importantes pelas quais a compreensão e a avaliação dos preços são o *proxy* perfeito para a segurança alimentar:

1. Os preços estão intimamente ligados a diversos factores que causam a segurança alimentar (fornecimento, renda real, ligações entre mercados);
2. Os preços são observados com mais frequência do que a maioria dos outros indicadores de segurança alimentar e têm menor custo de colecta;
3. Os preços fornecem às diversas partes envolvidas no mercado uma visão das expectativas para mudanças futuras e riscos, permitindo que os pesquisadores aproveitem as amplas capacidades do mercado para o processamento de informações.

As características acima tornam a dinâmica de preços um elemento essencial para a compreensão da segurança alimentar. Contudo, existe o consenso de que para erradicar a pobreza e reduzir a fome nas zonas rurais o foco deve estar no sector agrícola⁶ (Mosca, 2015; Mosca e Nova, 2019); e, mais especificamente, nos sistemas de produção (Barnaud *et al.*, 2012; Stephens *et al.*, 2018).

2.1.3 Comercialização do Arroz em Moçambique

A estrutura do mercado de arroz em Moçambique é definida pelos tipos de canais de distribuição utilizados na comercialização do arroz, tanto localmente produzido quanto importado. Essencialmente, existem dois sistemas predominantes de cadeia de suprimentos: o sistema de marketing de arroz local e o sistema de marketing de arroz importado (Ndava *et al.*, 2020; Ndava, 2019; FAO, 2014a).

O mercado de arroz em casca é essencialmente um oligopólio, caracterizado por uma ampla dispersão de vendedores, contrastando com um número reactivamente menor de compradores. Esta estrutura de mercado frequentemente resulta em desafios, pois a quantidade de arroz nacional efectivamente comercializada muitas vezes não é suficiente para atender à demanda interna, o que leva à dependência de importações para suprir essa lacuna (Ndava,

⁶Em Moçambique o sector agrário é um dos sectores vitais da economia – sendo a actividade agro-pecuária responsável por cerca de 24% do Produto Interno Bruto (PIB) (2010-2019) (INE, 2020) – e a principal fonte de emprego para cerca de 70% da população.

2019; FAO, 2014a).

De acordo com [Arlindo e Keyser \(2007\)](#), todo o excedente de arroz é geralmente vendido e consumido localmente. Isso indica que, em muitas regiões, a produção não atinge volumes que justifiquem o transporte para mercados maiores ou regionais. Como resultado, diversos mercados regionais e provinciais dependem de importações de arroz para atender à demanda dos consumidores. Dessa forma, os preços tanto do arroz local quanto do importado são determinados pelas forças de mercado (oferta e demanda), ao longo da cadeia de suprimentos do arroz importado para os compradores no interior.

A Figura (2.10), ilustra a complexa rede de distribuição de arroz em Moçambique, abrangendo tanto o arroz local quanto o arroz importado. A cadeia de suprimentos inicia-se com os produtores de arroz local, responsáveis pelo cultivo e processamento inicial do arroz. Em seguida, o arroz é encaminhado aos processadores de arroz locais, onde é submetido a processos adicionais para preparação e aprimoramento. Posteriormente, o arroz é repassado aos grossistas de arroz, que actuam como intermediários na distribuição. Paralelamente, o arroz importado é recebido pelos atacadistas de arroz importado, que o armazenam temporariamente em seus depósitos ([Ndava, 2019](#); [MASA, 2016](#); [FAO, 2014a](#)).

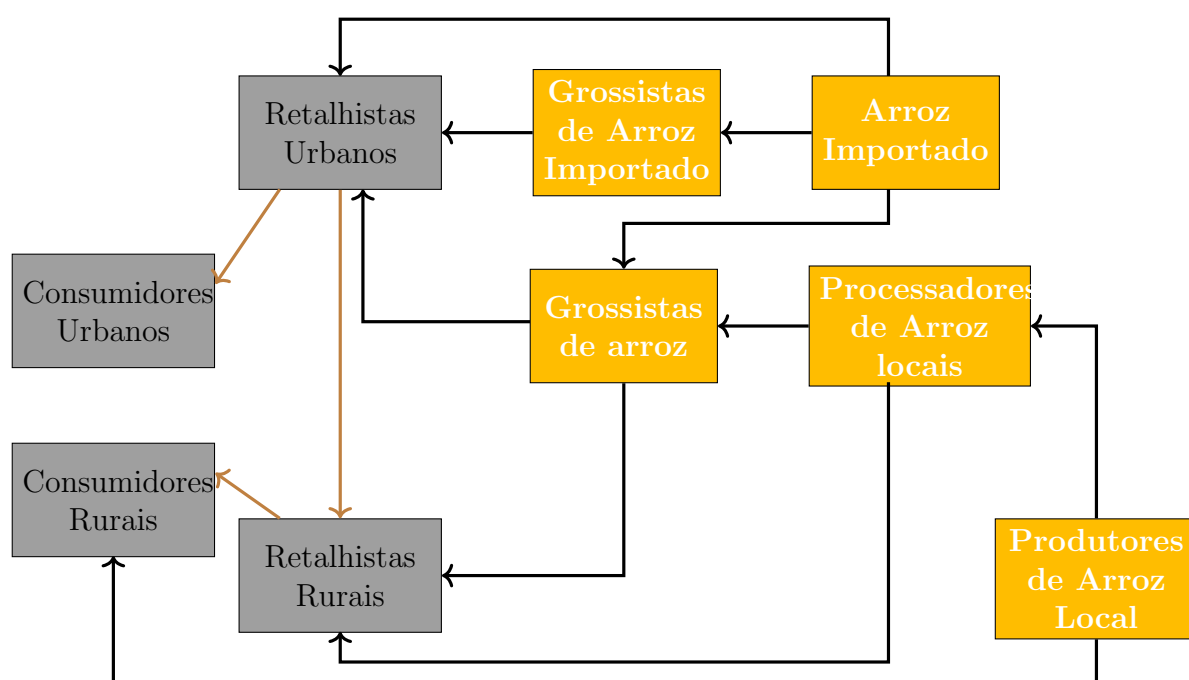


Figura 2.10: Rede de distribuição de arroz, tanto local quanto importado, em Moçambique
Fonte: Elaboração Própria

A partir daí, tanto o arroz local quanto o importado é disponibilizado aos retalhistas urbanos e rurais. Estes, por sua vez, são responsáveis por fornecer o arroz aos consumidores finais, tanto urbanos quanto rurais, atendendo à demanda local por este importante alimento

básico. Essa complexa teia de eventos e transações desempenha um papel crucial na garantia do acesso ao arroz para os consumidores em Moçambique, conectando os diversos agentes ao longo da cadeia de suprimentos e permitindo a circulação eficiente desse recurso essencial.

A Figura (2.11) abaixo ilustra as percentagens que cada país exportou para Moçambique. Sendo que a Tailândia e Paquistão foram responsáveis por 60% do total importado (Ndava *et al.*, 2020).

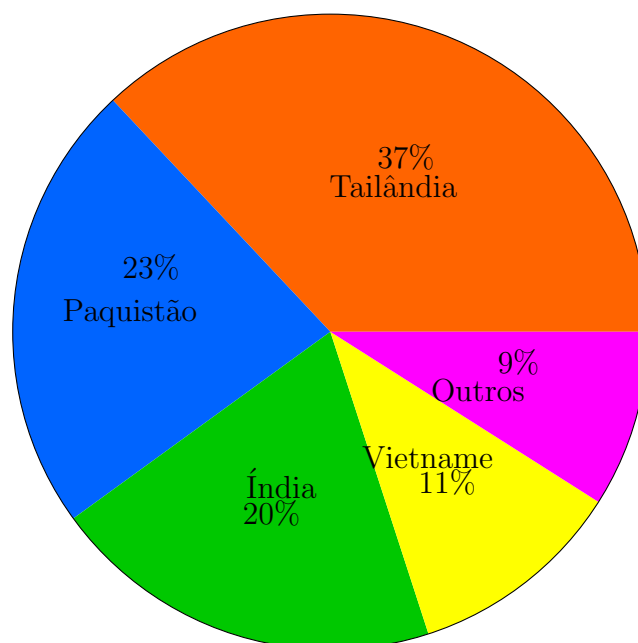


Figura 2.11: Países exportadores de arroz para Moçambique em 2019

Fonte: Ndava (2019)

A importação de arroz em Moçambique é realizada por comerciantes de grande escala (Ndava, 2019). O arroz entra no país por meio de três portos principais (Maputo, Beira e Nacala). A importação de arroz em Moçambique envolve uma carga fiscal composta por várias taxas, incluindo a Taxa CIF (Custo, Seguro e Frete), taxas portuárias locais e taxas de circulação. Estas taxas são pagas pelas empresas importadoras, além do preço básico do arroz, e são essenciais para o processo de importação (Loganemio, 2014).

A carga fiscal associada à importação de arroz em Moçambique tem um impacto significativo na produção local de arroz e na segurança alimentar do país. Altas taxas de importação podem incentivar os produtores locais a aumentar sua produção, promovendo a segurança alimentar, mas também podem aumentar os preços para os consumidores finais. Por outro lado, taxas de importação mais baixas podem tornar o arroz importado mais acessível, reduzindo os incentivos para a produção local e impactando negativamente a segurança alimentar. Encontrar um equilíbrio entre proteger os produtores locais e garantir acesso a

mercados internacionais é crucial para garantir uma oferta estável de arroz a preços acessíveis e promover o desenvolvimento econômico do país.

2.2 Situação Internacional do Mercado do Arroz

Até o início da década de 90, apenas 3% da produção mundial de arroz era destinada à exportação. Actualmente, aproximadamente 8% do arroz produzido é negociado internacionalmente, evidenciando que o arroz continua sendo uma cultura principalmente consumida nos países produtores, estima-se que a demanda por arroz deverá dobrar até 2050 para atender ao crescimento populacional (FAO, 2023; Wander e Silva, 2023).

Além do destaque em área cultivada e produção, com expressivos rendimentos obtidos em vários países onde é cultivado, o arroz desempenha papel estratégico tanto no aspecto de valor econômico quanto social, dado a sua importância na alimentação humana (Wander e Silva, 2023).

Em 2020, os três principais produtores globais de arroz (China, Índia e Indonésia) representaram 60% da produção mundial conforme Tabela (2.2), abrangendo 54% da área média colhida globalmente. A China destaca-se com a maior extensão de área colhida e ocupa a primeira posição em termos de produção (FAO, 2023).

Tabela 2.2: Produção e participação média dos países em relação à produção total de arroz com casca em 2020

País	Produção (t)	País	Área Colhida (ha)
China	213.610.729	China	43.456.333
India	178.305.000	India	30.759.000
Bangladesh	54.905.891	Indonesia	15.020.213
Indonesia	54.649.202	Bangladesh	11.218.010
Vietname	42.758.897	Tailândia	9.890.937
Tailândia	30.231.025	Vietname	7.757.288
Myanmar	25.100.000	Myanmar	6.746.285
Filipinas	19.294.856	Filipinas	4.674.693
Brasil	11.091.011	Nigéria	4.547.285
Camboja	10.960.000	Camboja	2.885.955
Demais Países	117.587.840	Demais Países	27.992.398
TOTAL	758.494.451	TOTAL	164.948.397

Fonte: Adaptado de FAO (2023)

A produção mundial de arroz em 2020 foi de 758 milhões de toneladas, colhidas em 165 milhões de hectares, resultando em uma produtividade média de aproximadamente 4.593 kg

por hectare. Comparado com a produção das demais culturas, o arroz é superado apenas pelo milho, e sendo seguido pelo trigo. O arroz participa com, aproximadamente, 28% da produção mundial de cereais de 2,8 bilhões de toneladas, e é consumido pela população mundial (FAO, 2023, 2022).

2.2.1 Comércio Internacional de Arroz

Apesar da grande produção, o comércio internacional do arroz apresenta baixa oferta e grande instabilidade nos preços e nos fluxos internacionais. Isso ocorre porque os maiores produtores são os países asiáticos que apresentam um grande mercado interno para o consumo e acabam exportando somente o excedente (Wander *et al.*, 2020).

Tabela 2.3: Comércio Mundial de Arroz (casca, descascado ou castanho, semibranqueado ou branqueado, quebrado) em 2020

Exportação		Importação	
País	Valores em USD	País	Valores em USD
Índia	8.207.675.368,00	China	1.722.836.952,00
Tailândia	3.878.233.057,00	Arábia Saudita	1.373.449.408,00
Vietname	2.741.178.616,00	EUA	1.219.118.468,00
Paquistão	2.141.164.080,00	Filipinas	1.208.247.849,00
EUA	1.916.882.632,00	Irã	884.615.228,00
Myanmar	1.153.958.872,00	Iraque	691.779.610,00
China	1.139.189.488,00	Benin	662.622.227,00
Itália	718.705.817,00	Reino Unido	643.863.889,00
Camboja	558.221.294,00	Malásia	619.798.973,00
Brasil	523.746.276,00	EAU	561.959.452,00
Mundo	3.794.865.024,00	Mundo	17.185.528.468,00
TOTAL	26.773.820.524,00	TOTAL	26.773.820.524,00

Fonte: Adaptado de JICA (2021)

Conforme ilustrado na Tabela (2.3) em 2020, o arroz foi o 134º lugar no ranking dos produtos agrários mais negociado do mundo, com um comércio total de USD 26,7 bilhões. O comércio de arroz representa 0,16% do comércio mundial total. A China apesar de ser o maior produtor de arroz, foi o sétimo maior exportador, e o país que mais comprou, importando USD 1.722.836.952,00, ou 6,4% do total das importações mundiais. A China exerce grande influência no mercado internacional de arroz, pois é um grande produtor, grande consumidor e grande importador e exportador (FAO, 2022).

2.3 O Conceito de Preços e Mercados

O conceito de preços e mercados é fundamental para entender como ocorre a interação entre oferta e demanda em uma economia. Os preços são determinados pelo equilíbrio entre a oferta, a quantidade de um bem ou serviço disponível, e a demanda, a quantidade que os consumidores desejam adquirir a um determinado preço. Os mercados são os locais ou mecanismos nos quais essas interações ocorrem ([Mendes e Padilha Junior, 2007](#)).

Os preços desempenham um papel crucial na alocação de recursos em uma economia, pois influenciam as decisões dos produtores sobre quanto produzir e dos consumidores sobre o que comprar. Quando a oferta de um bem ou serviço é maior do que a demanda, os preços tendem a cair, incentivando os consumidores a comprar mais e os produtores a reduzir a produção. Por outro lado, quando a demanda é maior do que a oferta, os preços tendem a subir, incentivando os produtores a aumentar a produção e os consumidores a consumir menos ([Vasconcellos *et al.*, 2011](#)).

De acordo com [Marques e Mello \(1999\)](#), é crucial compreender as forças de mercado, pois são elas que influenciam tanto a formação dos preços agropecuários quanto sua transmissão e instabilidade. É um desafio para os produtores ajustarem suas produções às flutuações do mercado, especialmente diante de factores como mudanças climáticas, pragas e doenças, o que dificulta ainda mais a previsão da produção e dos preços agrícolas.

Para compreender a formação de preços, é fundamental compreender as características que distinguem os produtos agropecuários de outros bens e serviços ([Marques e Mello, 1999](#)). Essas características incluem:

- a) Homogeneidade dos produtos agropecuários, ou seja, a uniformidade das características físicas e qualitativas desses produtos;
- b) São chamadas commodities pelo facto de que não são comercializadas como produtos diferenciados, em que a qualidade é muito importante para a diferenciação;
- c) São produzidos em grandes volumes;
- d) Geralmente são produtos perecíveis;
- e) Sua produção é sazonal;
- f) A produção depende de clima, solos, tradições, localização geográfica, tamanho da unidade produtiva, entre outros factores;
- g) É difícil ajustar a produção no que diz respeito às necessidades da demanda, pois as condições de mercado podem ter se modificado.

- h) Os preços são determinados pelas forças da demanda e da oferta;
- i) Existe um alto grau de competitividade, precisando normalmente que os produtores se organizem em associações ou cooperativas.

Segundo [Marques e Mello \(1999\)](#), no estudo do comportamento de preços, pode-se estudar a tendência, o ciclo e a sazonalidade. A tendência refere-se à observação em determinar se a série histórica dos preços possuem uma trajetória alta de queda ou estável. Embora os ciclos sejam flutuantes em períodos maiores que um ano, refletem o comportamento do produtor dentro do mercado e as variações nas ofertas dos produtos. A sazonalidade é caracterizada por factores como o movimento dos preços nos tempos da colheita e pós-colheita, nas estações do ano e hábitos de consumo dos consumidores sendo característico dos produtores receberem preços mais baixos durante períodos de safra e maiores durante entressafra.

Para [Marques e Mello \(1999\)](#), se destacam quatro tipos de mercados:

1. Mercado físico ou disponível – no mercado físico são negociados produtos pela troca de dinheiro;
2. Mercado a termo – esse tipo de mercado inclui um contrato no qual o produtor acerta a venda e a consequente entrega do produto ainda não disponível, num preço combinado;
3. Mercado Futuro – ao contrário do contrato a termo, o contrato futuro é uma forma em que é obrigatória a venda e a entrega de uma determinada quantidade e qualidade de produtos, num preço ajustado no pregão⁷;
4. Mercado de Opções – nesse mercado, paga-se certo valor para ter o direito em escolher uma determinada acção no mercado, não sendo uma obrigação.

Conforme definido por [Kuang e Ng \(2018\)](#), é o ambiente no qual ocorrem as transações econômicas relacionadas a um produto ou serviço, e onde os preços são determinados pela interação entre oferta e demanda. Ele engloba diversos actores que realizam diversas actividades de marketing. Na análise da ligação espacial de preços, o grau de integração dos mercados agrícolas pode ser utilizado para determinar a eficiência do mercado em estudo. Frequentemente, para capturar adequadamente o conceito de mercado, é preferível utilizar a integração de mercado e eficiência de mercado, pois são fáceis de estudar e explicar ([Prince, 2020](#)).

Para avaliar a eficiência de mercado, são considerados elementos cruciais como conduta, estrutura e desempenho do mercado. A extensão da concorrência ou eficiência de mercado

⁷Pregão é um termo que se refere ao processo de negociação em um mercado financeiro onde os compradores e vendedores se reúnem para realizar transações. Geralmente, ocorre em uma bolsa de valores ou em uma plataforma eletrônica designada para esse fim.

exerce uma grande influência no nível de formação de preços no mercado em questão. Essa eficiência regula o número de compradores e vendedores, as condições de entrada/saída e também o tamanho das empresas envolvidas. Estudos anteriores, como o de [Lopes \(2016\)](#), modelaram a estrutura de mercado para determinar algum nível de influência na transmissão de mudanças nos preços. Em sua pesquisa, demonstrou-se que o poder de mercado reduziu a extensão da transmissão de preços entre os actores mais próximos à produção e os intermediários de varejo. Assim, a transmissão de preços será completa se os mercados forem de natureza imperfeitamente competitiva.

A conduta de mercado pode servir como um indicador crucial do comportamento dos agentes no mercado em relação à determinação de preços, estratégias para impulsionar vendas e às regulamentações governamentais introduzidas. A maneira como os preços são estabelecidos está directamente ligada a essas acções. Quando os preços no mercado são influenciados por práticas colusivas entre os agentes do mercado, isso pode resultar em uma transmissão imperfeita de preços dentro desse mercado específico ou entre esse mercado e outros. Como resultado, podem ocorrer ineficiências no sistema de marketing como um todo. No entanto, os preços que surgem das interações entre as forças de oferta e demanda tendem a se assemelhar aos de um sistema de marketing considerado eficiente ([Prince, 2020](#)).

A estrutura e a conduta de mercado em conjunto representam o desempenho de um mercado. O desempenho de mercado é definido como quão bem um mercado utiliza os recursos escassos disponíveis para atender à demanda dos consumidores por bens e serviços. Uma medida desse desempenho pode ser realizada por meio de vários indicadores de eficiência, incluindo eficiência de produção, eficiência alocativa e eficiência dinâmica. Embora o lucro seja um desses indicadores, uma menor margem de lucro por si só não é necessariamente um indicador de desempenho eficiente do mercado. É importante considerar uma variedade de factores para uma avaliação completa do desempenho de um mercado ([Edward et al., 2022](#)).

2.4 Transmissão de Preços e Integração Espacial de Mercado

Originalmente, define-se integração de mercados como o grau com que os preços em diferentes localidades se relacionam ao longo do tempo. Segundo [Faminon e Benson \(1990\)](#), integração de mercado é o processo pelo qual ocorre a interdependência dos preços entre mercados distintos. [Goodwin e Pigott \(2001\)](#), a conceituaram como a extensão com que os choques são transmitidos entre localidades distintas. [Fackler e Goodwin \(2000\)](#), aperfeiçoaram essas definições, ao considerarem que a integração espacial de mercados se refere ao grau com que choques de oferta e demanda são transmitidos de uma região para outra.

Ao supor um choque hipotético que afecta o excesso de demanda por um produto na região i , mas não na região j , a razão de transmissão de preço R_{ij} associada a este choque pode ser calculada como:

$$R_{ij} = \left| \frac{\partial P_j}{\partial e_i} \right| \left| \frac{\partial P_i}{\partial e_j} \right| \quad (2.1)$$

Onde:

- R_{ij} : representa a proporção da transmissão de preço entre os mercados i e j ;
- $\frac{\partial P_i}{\partial e_i}$: indicam a variação infinitesimal do choque económico que altera o preço do produto no mercado i e que altera o preço do produto no mercado j ;
- $\frac{\partial P_i}{\partial e_j}$: indicam a variação infinitesimal do choque económico que altera o preço do produto no mercado j e que altera o preço do produto no mercado i ;
- e_i e e_j : são choques hipotéticos que podem resultar de alterações na oferta ou na demanda.

A relação R_{ij} representa uma mudança de integração dos mercados. Se a mudança no preço do produto no mercado i for transmitido na mesma intensidade no mercado j , Se $R_{ij} = 1$, haverá, no entanto, integração perfeita de mercado. É possível que determinado o mercado j seja mais integrado ao mercado i do que o mercado i ao mercado j , se $R_{ij} \neq 1$, o que significa que a transmissão de preços na é necessariamente assimétrica, não havendo assim integração perfeita de mercados.

Teremos $R_{ij} > 1$, se um choque levar à redução do preço do produto no mercado i , isso poderá também causar uma queda no preço do produto no mercado j .

Para que ocorra a integração espacial de mercados, é necessário que as regiões participem de um sistema de comércio que envolva a troca de mercadorias e informações. Não é imprescindível que duas regiões mantenham um comércio directo para apresentarem um alto grau de integração. Por exemplo, as regiões A e B, que fornecem produtos para a região C, podem estar altamente integradas; é a conexão comercial com C que faz com que A e B sejam integradas. Os choques de preços podem ser transmitidos indirectamente através da rede de comércio por meio das ligações existentes entre as regiões. O essencial é que essas regiões façam parte de um sistema de mercado caracterizado por um fluxo de mercadorias e informações (Fackler e Goodwin, 2000).

Segundo [Sexton et al. \(1991\)](#), a falta de integração de mercados pode ser decorrente dos seguintes factores:

- a) os mercados são autárquicos, isto é, a arbitragem não é possível devido a custos de transação muito altos ou devido à interferência do governo;
- b) há impedimento para arbitragem eficiente por causa de barreiras de comércio, informação de mercado imperfeita ou aversão ao risco por parte dos agentes; e
- c) há competição imperfeita.

Na medida em que um preço sofre um choque em um momento e afecta a outro, pode ser determinado se existe arbitragem nessa mudança de preço. Quando uma transmissão é vista como completa, pode-se dizer que existe um mercado eficiente; portanto, o estudo do grau da transmissão de preços pode responder a pergunta sobre se o mercado funciona de forma eficiente e previsível com os sinais dos preços transmitidos de forma consistente entre os diferentes mercados ([Conforti, 2004](#)).

A conceituação da transmissão de preços e integração de mercado é ampla e, para explicá-la adequadamente, deve-se considerar vários pontos de interesse. A transmissão de preços é a medida do efeito dos preços em um mercado sobre os preços em outro mercado. Como explicado por [Abunyuwah \(2020\)](#), a integração de mercado e a transmissão representam uma medida de como as informações são trocadas e como os mercados em locais geologicamente diferentes compartilham preços em longo prazo. A integração espacial de mercado também pode mostrar o movimento de preços para pares de mercados em diferentes espaços e tempos. Além disso, pode fornecer evidências de como a volatilidade na oferta e demanda em um mercado é transferida para diferentes mercados em locais distintos.

Segundo a [FAO \(2010\)](#), ao analisar a transmissão de preços é quase impossível quantificar o extremo em que os preços são transmitidos. Embora existam modelos econométricos para analisar a relação entre os preços, o que se estabelece é o seguinte:

- i. O conceito de co-movimento de preços e completa ajustagem: O primeiro conceito de co-movimento de preços e completa ajustagem sugere que, a qualquer momento, variações nos preços de uma mercadoria em um mercado específico são completamente repassadas para outro mercado;
- ii. O conceito de velocidade dinâmica de ajustamento: examina a velocidade com que os preços em um mercado específico são completamente repassados para outro mercado ou nível;

- iii. O conceito de assimetria de resposta: identifica se o processo de transmissão de preços entre os mercados é caracterizado por relacionamentos simétricos ou assimétricos. Ou seja, em outras palavras, os choques que aumentam os preços são repassados mais rapidamente do que aqueles que diminuem os preços do mercado. A taxa de ajuste e o grau de completude podem ser caracterizados por relacionamentos que são assimétricos.

Conforme [Waquil *et al.* \(2010\)](#), apontaram que a integração espacial de mercado é muito significativa na agricultura. Eles explicaram que os produtos agrícolas são geralmente volumosos e facilmente se deterioram, e às vezes a produção pode ser maior em uma área, enquanto o consumo pode ser maior em outra localidade, o que indica custos de transporte elevados.

Portanto, é muito importante que os mercados funcionem adequadamente, pois isso informa as políticas econômicas e as decisões. Se os mercados não estiverem integrados espacialmente, há restrição na transmissão de incentivos de preço e bem-estar. Além disso, mercados que não são perfeitamente integrados podem transmitir informações erradas sobre preços para produtores e/ou alguns actores na cadeia de valor, o que poderia levar à perda de bem-estar ([Bakucs e Ferto, 2007](#)).

2.5 Transmissão de Volatilidade

[Taylor \(2005\)](#) define volatilidade de preços como o desvio padrão na mudança do logaritmo de um preço, ou seja, refere-se à taxa a qual os preços mudam. Quando existe mais informação, incerteza e negociações, os preços tendem a mudar mais rápido do que quando existe tranquilidade nos mercados. Esse autor também apresenta os diferentes tipos de volatilidade (realizada, condicional, estocástica e implícita). Segundo o autor, a volatilidade aumenta durante tempos de crise e começa a diminuir ao longo do tempo; factores macroeconômicos como inflação, emprego e produto interno bruto afectam a volatilidade em um mercado.

Segundo [Enders \(2004\)](#), uma característica dos preços de activos é que as notícias “más” provocam um efeito maior na volatilidade que as notícias “boas”. Para esse autor, a volatilidade tende a diminuir quando os retornos aumentam e a aumentar quando os retornos diminuem, efeito conhecido como *leverage effect* ou efeito de alavancagem.

Os mercados de commodities são caracterizados por seu alto grau de volatilidade, o qual pode ser explicado inicialmente por causas provenientes da natureza, como são o clima e as pragas. Em seguida, pode ser explicado em relação à elasticidade da demanda e oferta.

Nesse último caso, existe baixa elasticidade de preços na demanda e isso implica baixa elasticidade na oferta no curto prazo. Para chegar a um equilíbrio no mercado novamente, as variações precisam ser de alto grau. A terceira explicação está relacionada à produção de produtos agrícolas, que são sazonais. Essa sazonalidade contribui para desequilíbrios na oferta no curto prazo até que o ciclo de produção esteja completo. Durante esse tempo de ajuste, as variabilidades dos preços aumentam ([Pereira et al., 2010](#)).

Segundo a [FAO \(2010\)](#), as causas da volatilidade são influenciadas por:

- a) Políticas de estabilização do comércio e preço – incluem proibições de exportações e de quotas, factores que proíbem a transmissão de preços.
- b) A intervenção do governo nos estoques – isso afecta o abastecimento dos produtos.
- c) Altos custos de transporte e marketing – nos países em desenvolvimento, infraestrutura deficiente e transporte aumentaram os preços de entrega, proibindo arbitragem. Embora, esses custos não passassem dos mercados internacionais para os domésticos, causando que os produtores e consumidores não sejam preparados a enfrentar as flutuações no suprimento e demanda.
- d) Mercados não competitivos – o poder de mercado impede a livre passagem dos preços.
- e) Preferências dos consumidores – consumidores às vezes não são dispostos a substituir alguns produtos por outros.
- f) Mudanças climáticas – afectam a produção e, conseqüentemente, o suprimento de produtos.
- g) Informação de preços – em muitos países a comercialização é feita usando informação (preços) formada no mercado futuro como referência na formação de preços para os mercados domésticos.

2.6 Modelos de Volatilidade Condicional Multivariados

Com o objectivo de analisar a transmissão de volatilidade e os comportamentos das respectivas volatilidades das séries entre dois ou mais mercados, outro método utilizado neste trabalho consiste no modelo autoregressivo de volatilidade condicional generalizado multivariado, ou GARCH multivariado. Na análise de séries financeiras, modelos MGARCH foram propostos na literatura, de forma a obter ganhos de eficiência nas estimativas e estudar a covariância entre as séries, via suas respectivas volatilidades ([Galvão et al., 2000](#)).

Conforme [Brooks \(2008\)](#), modelos de volatilidade condicional multivariados são uma extensão dos modelos univariados da família ARCH, tendo como principal diferença em relação aos modelos univariados o facto de que, os modelos multivariados especificam equações que mostram como as covariâncias se movem conjuntamente ao longo do tempo. O termo GARCH multivariado refere-se ao modelo de séries temporais multivariadas nas quais as variâncias condicionais de cada série e as covariâncias condicionais entre as séries são estimadas simultaneamente a partir do método de máxima verossimilhança sob a hipótese de erros gaussianos multivariados ([Engle, 2002](#); [Brooks, 2008](#)).

Na literatura, diversas formulações de modelos de volatilidade condicional multivariados foram propostas, entre as quais, destacam-se os modelos VEC, VEC Diagonal, DCC e BEKK ([Tsay, 2010](#); [Brooks, 2008](#)). Dadas as vantagens estatísticas em relação aos demais modelos, nesse trabalho, é utilizado o modelo BEKK.

Nos modelos GARCH multivariados, a sequência de erros aleatórios $\{\varepsilon_t\}$ representa um vetor estocástico de dimensão $N \times 1$, com $E(\varepsilon_t | \Omega_{t-1}) = 0$ e matriz de covariância condicional $E(\varepsilon_t \varepsilon_t' | \Omega_{t-1}) = H_t$, que depende das informações anteriores Ω_{t-1} .

Onde:

- $\{\varepsilon_t\}$: sequência de erros aleatórios (ou choques estocásticos) ao longo do tempo.
- ε_t : vector de erros aleatórios no instante t , capturando variações imprevisíveis naquele instante.
- $N \times 1$: dimensão do vetor ε_t , indicando que ele possui N elementos, organizados em um vetor coluna.
- $E(\varepsilon_t | \Omega_{t-1}) = 0$: valor esperado condicional do vector de erros ε_t , dado o conjunto de informações passadas Ω_{t-1} , é zero, indicando que o erro aleatório não possui tendência.
- Ω_{t-1} : conjunto de informações disponíveis no instante $t - 1$, incluindo dados históricos e valores anteriores.
- H_t : matriz de covariância condicional de ε_t , dada a informação passada Ω_{t-1} , representando as variâncias e covariâncias entre as variáveis no vetor ε_t no instante t .
- $E(\varepsilon_t \varepsilon_t' | \Omega_{t-1}) = H_t$: valor esperado do produto entre o vector ε_t e sua transposta ε_t' , dado o conjunto de informações Ω_{t-1} , sendo H_t a matriz de covariância condicional.

O modelo GARCH multivariado pode ser formulado por:

$$R_t = \sqrt{H_t \varepsilon_t} \quad (2.2)$$

Sendo $\{R_t\}$ uma sequência $(N \times 1)$ de retornos e H_t uma matriz $(n \times n)$ de variâncias e covariâncias, representada por:

$$H_t = \begin{bmatrix} h_{11,t} & h_{12,t} & \cdots & h_{1n,t} \\ h_{21,t} & h_{22,t} & \cdots & h_{2n,t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{n1,t} & h_{n2,t} & \cdots & h_{nn,t} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Como a matriz H_t é simétrica, [Bollerslev et al. \(1988\)](#) estenderam o modelo GARCH univariado para o caso multivariado, aplicando um operador composto pelos elementos da parte do triângulo inferior dessa matriz, chamado de Vech, surgindo, assim, o modelo VEC, que não será abordado nesta dissertação, portanto para maiores detalhes do modelo, assim como dos demais modelos podem ser encontrados em [Tsay \(2010\)](#) e [Brooks \(2008\)](#).

2.7 Estudos Empíricos sobre Transmissão Espacial e Volatilidade de Preços

A pesquisa sobre integração de mercados começou na década de 1980 e evoluiu para investigar as relações existentes e suas causas, que nem sempre são óbvias para os investidores. Ela progrediu da simples observação da diminuição das barreiras e restrições locais em mercados próximos para a análise ao longo do tempo de um ou mais mercados, bem como a investigação de activos menos arriscados globalmente. No entanto, apesar dos avanços, ainda há muito a ser explorado neste campo de pesquisa. Os estudos mais relevantes para este trabalho estão resumidos abaixo.

[Silva et al. \(2015\)](#) analisou a volatilidade multivariada das séries de retorno para três commodities importantes nas exportações brasileiras: grão, farelo e óleo de soja, utilizando o modelo BEKK(1,1), no período de janeiro de 1957 a junho de 2011. Os resultados revelaram uma alta persistência na dissipação de choques aleatórios nas três séries de retornos. Além disso, identificou-se uma forte correlação condicional entre os retornos do grão e do farelo, assim como entre os retornos do grão e do óleo.

[Ceballos et al. \(2017\)](#) examinaram a transmissão de preços e volatilidade de curto prazo das principais commodities de grãos para 41 produtos alimentícios domésticos em 27 países da África, América Latina e Sul da Ásia. Isso foi realizado por meio de um modelo de heteroscedasticidade condicional autorregressiva generalizada multivariada (MGARCH) e do

modelo Baba-Engle-Kraft Kroner (BEKK). Os resultados revelaram que a transmissão da volatilidade é estatisticamente significativa em apenas um quarto dos mercados de milho testados, em mais da metade dos mercados de arroz testados e em todos os mercados de trigo testados. Adicionalmente, foi constatado que a transmissão da volatilidade é mais comum em mercados onde o comércio internacional (importação e exportação) é significativo em relação às necessidades domésticas.

Gaio e Capitani (2019) investigaram o desempenho do hedge para o boi gordo na B3, considerando as principais praças produtoras do Brasil, e avaliou a razão ótima e a efectividade do hedge. Os autores empregaram uma adaptação do modelo clássico de razão de hedge estática, incorporando um modelo de correcção de erros (VEC), e posteriormente, com a inclusão do modelo BEKK para análise da razão e efectividade do hedge dinâmicos. Foi observada uma baixa efectividade do hedge, principalmente nas praças mais distantes da formação dos preços.

Carvalho *et al.* (2020) examinaram as transmissões de volatilidade de preços diários entre commodities agrícolas brasileiras, como o etanol, o açúcar e a soja, durante o período de 25 de janeiro de 2010 a 28 de dezembro de 2018. Inicialmente, foi utilizado um modelo de vector de correcção de erros, seguido pelo modelo de heterocedasticidade condicional autoregressiva generalizada BEKK (Baba-Engle-Kraft-Kroner)(1991). Os resultados indicaram que os preços do etanol, da soja e do açúcar estão relacionados à dinâmica de equilíbrio tanto no longo prazo quanto no curto prazo. No entanto, não foi possível concluir que existe transmissão de volatilidade entre os preços analisados.

Silva (2021) estudaram o mercado internacional de soja, investigando as relações entre os preços nos mercados do Brasil e dos Estados Unidos no período de janeiro de 2006 a dezembro de 2019. Foram utilizados diversos modelos, como o VAR, testes de raiz unitária, causalidade de Granger, testes de cointegração entre os preços, função de impulso-resposta e decomposição da variância dos resíduos para avaliar o grau de influência das relações propostas. Para analisar a transmissão de volatilidade dos preços entre os mercados internacionais, foi aplicado um modelo GARCH multivariado com parametrização BEKK. Os resultados obtidos sugerem que durante a crise de 2008, houve uma mudança na direção da transmissão de volatilidade entre o mercado brasileiro e o mercado americano.

Tabela 2.4: Síntese dos estudos acerca de transmissão espacial e volatilidade de preços

Referência	Abordagem	Método	Mercado	Amostra
Silva, Lima, Leal (2015)	Volatilidade nas exportações brasileiras: grão, farelo e óleo de soja	BEKK	Mercado Brasileiro	1957- 2011
Ceballos, Fernandez, Minot, Robles (2017)	Examinaram a transmissão de preços e de volatilidade de curto prazo das principais commodities de grãos	MGARCH, BEKK	27 países da África	——
Gaio, Capitani (2019)	Analisaram o desempenho do hedge para o boi gordo	VEC BEKK	Mercado Brasileiro	——
Carvalho, Pavan, Hasegawa (2020)	Transmissões de volatilidade de preços diários entre commodities agrícolas brasileiras	BEKK	Mercados Brasileiros	2010-2018
Silva (2021)	Relações entre os preços dos mercados	GRANGER, VAR, GARCH, BEKK	Brasil, Estados Unidos	2006-2019

Fonte: Resultados da Pesquisa do autor ([2024](#))

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Fonte de Dados

Neste estudo, foram analisadas os preços médios mensais do arroz importado (em MZN/kg) nos três principais mercados do país: Maputo, Beira e Nampula. Ressalta-se que Maputo se destaca por ser o maior mercado, tanto em dimensão quanto em poder de compra, em comparação com Beira e Nampula. Os preços de referência do mercado internacional foram obtidos no mercado de Bangkok, na Tailândia, um dos principais exportadores de arroz para Moçambique (FAO, 2020). O período analisado vai de janeiro de 2003 a janeiro de 2020, totalizando 205 observações para cada série temporal. Os dados de preços do arroz estão disponíveis no site da *Food and Agriculture Organization* (FAO), utilizando a ferramenta de monitoramento e análise de preços alimentares (FPMA), acessados mediante solicitação por e-mail para rice-network@fao.org.

Os preços foram padronizados para meticais, a moeda oficial de Moçambique. Para essa conversão, utilizou-se as taxas de câmbio históricas fornecidas pelo [Investing.com](https://www.investing.com). O processo envolveu a conversão da moeda tailandesa (THB) para dólares americanos (USD) e, em seguida, de dólares para meticais (MZN).

Em relação às observações perdidas/omissas, optou-se por preencher as lacunas utilizando o valor de fechamento do último mês de negociação. Esta abordagem foi escolhida em detrimento do uso de valores nulos, interpolação ou métodos de estimação por máxima verossimilhança, conforme sugerido por Enders (2004) e Allison (2010). Essas séries de preços nominais¹ em moeda nacional (metical), foram transformadas em logaritmos² de forma que os coeficientes obtidos correspondem as elasticidades de transmissão de preços.

¹São registrados sem ajuste para a inflação ao longo do período. Isso significa que refletem os valores no momento da colecta, sem considerar as mudanças no poder de compra da moeda.

²A transformação logarítmica ajuda a estabilizar a variância e lidar com a não linearidade dos retornos, enquanto a diferenciação ajuda a remover tendências e tornar a série estacionária, conforme sugerido por Silva *et al.* (2020). $LBeira_t = \ln(P_t^{BR})$; $LMaputo_t = \ln(P_t^{MP})$; $LNampula_t = \ln(P_t^{NP})$ e $LBangkok_t = \ln(P_t^{BG})$.

As variáveis utilizadas na secção resultados e discussão serão representadas conforme descrito na Tabela (3.1), abaixo:

Tabela 3.1: Descrição das variáveis utilizadas na análise de transmissão espacial e volatilidade dos preços

Variáveis	Símbolos
Preço do arroz da Beira	LBeira _t
Preço do arroz Internacional de Bangkok	LBangkok _t
Preço do arroz de Maputo	LMaputo _t
Preço do arroz de Nampula	LNampula _t
Taxa de câmbio THB/dólar	—
Taxa de câmbio dólar/MZN	—

Nota: t indica o tempo

Fonte: Elaboração própria

Todas as análises neste estudo são feitas com o software R versão 4.2.3 ([R Core Team, 2023](#)) com o uso, principalmente, do pacote de funções *MTS*. Além deste, são utilizados os pacotes *tseries*, *urca*, *fGarch*, *rmgarch*, entre outros.

Nota: Todos os testes foram realizados considerando um nível de significância de 1% ($\alpha = 0.01$), 5% ($\alpha = 0.05$) e 10% ($\alpha = 0.1$) e para efeitos de avaliação da regra de decisão, usou-se um p -valor associado a estatística do teste.

3.2 Métodos

3.2.1 Procedimentos Econométricos

O objectivo principal desta pesquisa é avaliar o impacto da transmissão espacial e da volatilidade dos preços do arroz importado em Moçambique. Para isso, utilizou-se um conjunto específico de testes estatísticos. Para a análise das estatísticas preliminares foram utilizadas as séries nominais dos preços em meticais, examinando medidas de tendência central e dispersão. Esta análise teve como finalidade descrever a média, os valores máximos e mínimos, a variação dos preços, bem como identificar a assimetria entre os mesmos. Para os demais testes, foram geradas as séries dos logaritmos naturais dos preços, bem como as séries das diferenças dos logaritmos, também conhecidas como séries dos retornos logarítmicos, conforme ilustrado na equação (3.1) para a série dos preços de Beira:

$$LBeira_t = \log \left(\frac{Beira_t}{Beira_{t-1}} \right) \quad (3.1)$$

Para determinar a ordem de integração das variáveis de interesse, este trabalho utilizou-se o teste de raiz unitária Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Esse teste permite verificar a existência ou não de raízes unitárias nas séries temporais, ou seja, se as variáveis são ou não estacionárias³ (Dickey e Fuller, 1979). A forma geral do teste ADF pode ser representada pela seguinte equação:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + \epsilon_t \quad (3.2)$$

onde: O termo α é a constante ou intercepto do modelo. O termo βt é o coeficiente de tendência (trend). O termo γY_{t-1} é o termo de regressão da variável dependente defasada, onde γ é o coeficiente que multiplica o valor de Y no período anterior ($t - 1$). O termo $\sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i}$ é a soma das variações defasadas de Y , onde δ_i são os coeficientes das variações defasadas (ΔY_{t-i}) até a defasagem p . Finalmente, ϵ_t é o termo de erro ou distúrbio aleatório no período t , capturando todos os factores não incluídos no modelo que afectam ΔY_t .

A seleção do melhor modelo VAR é baseada nos Critérios de Akaike (AIC), Schwarz (SC), Erro de Previsão Final (FPE) e Hannan-Quinn (HQ). Esses critérios são fundamentais para determinar o número de defasagens a serem incluídas no modelo VAR, pois levam em consideração a soma dos quadrados dos resíduos, o número de observações e o número de estimadores do parâmetro. Esse processo de selecção ajuda a garantir a escolha do modelo mais parcimonioso para representar os dados⁴:

$$\text{AIC} = n \log |\Omega| + 2K \quad (3.3)$$

$$\text{SIC} = n \log |\Omega| + K \log(n) \quad (3.4)$$

$$\text{FPE}(h) = \frac{hn + Kh + 1}{n - Kh - 1} \cdot \prod_{i=1}^K \det \Sigma_u(h) \quad (3.5)$$

³Um processo estocástico é estacionário quando sua média e sua variância são constantes ao longo do tempo e quando o valor da covariância entre dois períodos de tempo depende apenas da distância, do intervalo ou da defasagem entre os períodos de tempo, e não do próprio tempo em que a covariância é calculada. Em notação matemática, as propriedades do processo estocástico estacionário podem ser representadas por: (média) $E(Y_t) = \mu$, (variância) $\text{var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$, e (covariância) $\gamma_k = [(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]$ para $k \in \mathbb{N}$. Essas representações destacam que a média é constante ao longo do tempo (μ), a variância é invariante em relação ao tempo (σ^2), e a covariância entre dois períodos de tempo depende apenas da distância entre eles, não do tempo em si (Bueno, 2011).

⁴ Ω é a estimativa da matriz de variâncias/covariâncias do termo de erro e n é o número de parâmetros considerados

$$HQ(h) = \ln |\Sigma_u(h)| + 2 \ln \ln n + \frac{2 \ln \ln n}{n} h K^2 \quad (3.6)$$

3.2.2 Modelo Estrutural

Para identificar o relacionamento de longo prazo entre as séries, utilizou-se o teste de cointegração elaborado por [Johansen \(1988\)](#). O procedimento de [Johansen \(1988\)](#) considera que todas as variáveis são endógenas, e sua utilização não é limitada pela existência de endogeneidade do regressor (relação causal no sentido da variável dependente para a variável explicativa). Esse procedimento utiliza a Máxima Verossimilhança para estimar os vectores de cointegração e permite testar e estimar a presença de vários vectores, e não apenas de um único vector de cointegração. O objectivo desse teste é verificar se há existência de um relacionamento estocástico comum, no longo prazo, entre os preços do arroz nos quatros mercados estudados. O teste de cointegração de [Johansen \(1988\)](#) baseia-se nas equações (3.7) e (3.8) a seguir:

$$\Delta y_t = \mu + \Pi y_{t-1} + \cdots + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma y_{t-i} + \epsilon_t \quad (3.7)$$

$$\Pi = \sum_{i=1}^p A_{t-1} \quad \text{e} \quad \Gamma = - \sum_{j=i+1}^p A_j \quad (3.8)$$

Dessa forma, o sistema fornece informações tanto de curto prazo quanto de longo prazo sobre as mudanças em y_t por meio das estimativas de Γ e Π , respectivamente. A matriz Π de dimensões $n \times n$ pode ser examinada com mais detalhes, sendo representada por:

$$\Pi = \alpha \beta \quad (3.9)$$

Onde α representa a velocidade de ajustamento ao desequilíbrio no curto prazo, enquanto β é a matriz de coeficientes de cointegração de longo prazo entre as variáveis.

A importância do modelo de correção de erro reside no facto de permitir a ligação entre aspectos relacionados à dinâmica de curto prazo com os de longo prazo ([Enders, 2015](#)). Dessa forma, os mecanismos de correção de erro pretendem fornecer um caminho para combinar as vantagens de se modelar tanto em nível quanto nas diferenças. Nesse modelo, não apenas a dinâmica do processo de ajustamento de curto prazo, mas também a do processo de longo prazo⁵, são modeladas simultaneamente.

⁵De acordo com [Costa \(1999\)](#) citado por [Margarido et al. \(2014\)](#), os parâmetros α fornecem duas informações importantes, dependendo de sua relevância e magnitude. A relevância indica se a variável preço (associada ao parâmetro α) é exógena fraca em relação aos parâmetros de longo prazo, β . Isso significa que a variável não reage às mudanças na relação de equilíbrio de longo prazo. Por outro lado, a magnitude do parâmetro α indica a rapidez com que a variável preço se ajusta em direção ao equilíbrio de longo prazo.

O número de vectores de cointegração depende do posto ou rank (r) da matriz Π . Em termos de vectores de cointegração, existem três possibilidades, conforme descrito por (Enders, 1995):

1. Se o posto de Π é completo, então as variáveis Y_t são $I(0)$, o que significa que qualquer combinação linear entre as variáveis é estacionária. Nesse caso, o modelo deve ser ajustado com as variáveis em nível.
2. Se o posto de Π é zero, então não há relacionamento de cointegração entre as variáveis. Nesse cenário, o modelo deve ser ajustado com as variáveis em diferença.
3. Quando Π tem posto reduzido, existem r vectores de cointegração.

Enders (1995) define o rank de uma matriz como o número de raízes características estritamente diferentes de zero, que podem ser identificadas por meio de dois testes estatísticos. O primeiro teste é o teste do traço, que avalia a hipótese nula de que o número de vectores de cointegração distintos é menor ou igual a r , em contraposição à hipótese alternativa de que o número desses vectores é maior do que r , que pode ser definido por:

$$\lambda_{\text{traço}} = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (3.10)$$

em que λ' são os valores estimados das raízes características obtidos da matriz Π e T é o número de observações.

O segundo teste é o do máximo autovalor, que testa a hipótese nula de que o número de vectores de cointegração é r contra a hipótese alternativa de existência de $r + 1$ vectores de cointegração, podendo ser expresso da seguinte forma:

$$\lambda_{\text{max}}(r, r + 1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (3.11)$$

Após a verificação da existência de alguma combinação linear entre as variáveis, estimou-se o modelo VEC, conforme definido na equação (3.7).

Uma vez estimado o modelo VEC, analisou-se a causalidade de Granger entre as variáveis cointegradas. Para verificar em que sentido as transmissões de preço ocorrem, empregou-se o teste de causalidade, seguindo a metodologia proposta por Granger (1969), que busca verificar se a incorporação de valores passados de uma variável X (LBangkok) contribui com melhores previsões para a variável Y (LMaputo). Portanto, trata-se de um teste de precedência temporal e não de causalidade no sentido de uma relação de causa e efeito. Em

Um valor pequeno de α sugere um ajuste mais lento em situações de desequilíbrio transitório, enquanto um valor alto indica um ajuste mais rápido.

outros termos, esse instrumental é útil para avaliar se variações de preços em um mercado precedem as variações de preços em outro mercado.

De acordo com [Granger \(1969\)](#), esse teste requer a estimativa das seguintes equações:

$$LBangkok_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i LBangkok_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j LMaputo_{t-j} + \epsilon_{1t} \quad (3.12)$$

$$LMaputo_t = \sum_{i=1}^n \gamma_i LMaputo_{t-i} + \sum_{j=1}^n \delta_j LBangkok_{t-j} + \epsilon_{2t} \quad (3.13)$$

em que $LBangkok_t$ e $LMaputo_t$ representam, respectivamente, as séries de preços do arroz no mercado internacional e no mercado domestico, no período t ; α_i , β_j , γ_i , δ_j , são os parâmetros a serem estimados; i e j representam os períodos de defasagens dos preços; e ϵ_{1t} e ϵ_{2t} , são os erros aleatórios não correlacionados.

Além das análises preliminares, explorou-se as dinâmicas das variáveis em estudo utilizando duas técnicas complementares: a decomposição da variância dos erros de previsão e a função de resposta de impulso, conforme exposto por [Enders \(1995\)](#), a decomposição da variância dos erros de previsão oferece uma compreensão detalhada da contribuição de cada variável na formação dos preços, em resposta a choques não antecipados em uma variável específica. Já a função de resposta de impulso revela como cada variável responde ao longo do tempo diante desses choques, tanto de forma direta quanto em resposta a choques originados em outras variáveis do sistema.

Por fim, para determinar a magnitude das flutuações nos preços do mercado internacional sobre as variações nos preços do arroz nos mercados domésticos, optou-se pelo modelo GARCH Multivariado. Dentre os modelos disponíveis, destacou-se o modelo BEKK, devido às suas vantagens estatísticas em relação aos demais modelos, conforme referenciado na secção (2.6). A formulação básica do modelo é dada por:

$$H_t = A_0 + \sum_{i=1}^p A_i \varepsilon_{t-i} \varepsilon'_{t-i} A_i' + \sum_{i=1}^q B_i H_{t-i} B_i' \quad (3.14)$$

Onde, A_i^* e B_i^* são matrizes de parâmetros de ordem $(N \times N)$ cada uma e A_0 é uma matriz definida positiva de parâmetros de ordem $(N \times N)$. No caso de um modelo com duas variáveis $N = 2$ e $p = 1$ e $q = 1$, a forma matricial do modelo é:

$$\begin{aligned}
 H_t &= \begin{bmatrix} h_{11,t} & h_{12,t} \\ h_{21,t} & h_{22,t} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} a_{11,0} & a_{12,0} \\ a_{21,0} & a_{22,0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11,1} & a_{12,1} \\ a_{21,1} & a_{22,1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 & \varepsilon_{1,t-1}\varepsilon_{2,t-1} \\ \varepsilon_{1,t-1}\varepsilon_{2,t-1} & \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{bmatrix} \\
 &\quad + \begin{bmatrix} a_{11,1} & a_{12,1} \\ a_{21,1} & a_{22,1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11,1} & b_{12,1} \\ b_{21,1} & b_{22,1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11,t-1} & h_{12,t-1} \\ h_{21,t-1} & h_{22,t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11,1} & b_{12,1} \\ b_{21,1} & b_{22,1} \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

O fluxograma da Figura (3.1) ilustra detalhadamente os procedimentos utilizados na análise econométrica dos dados.

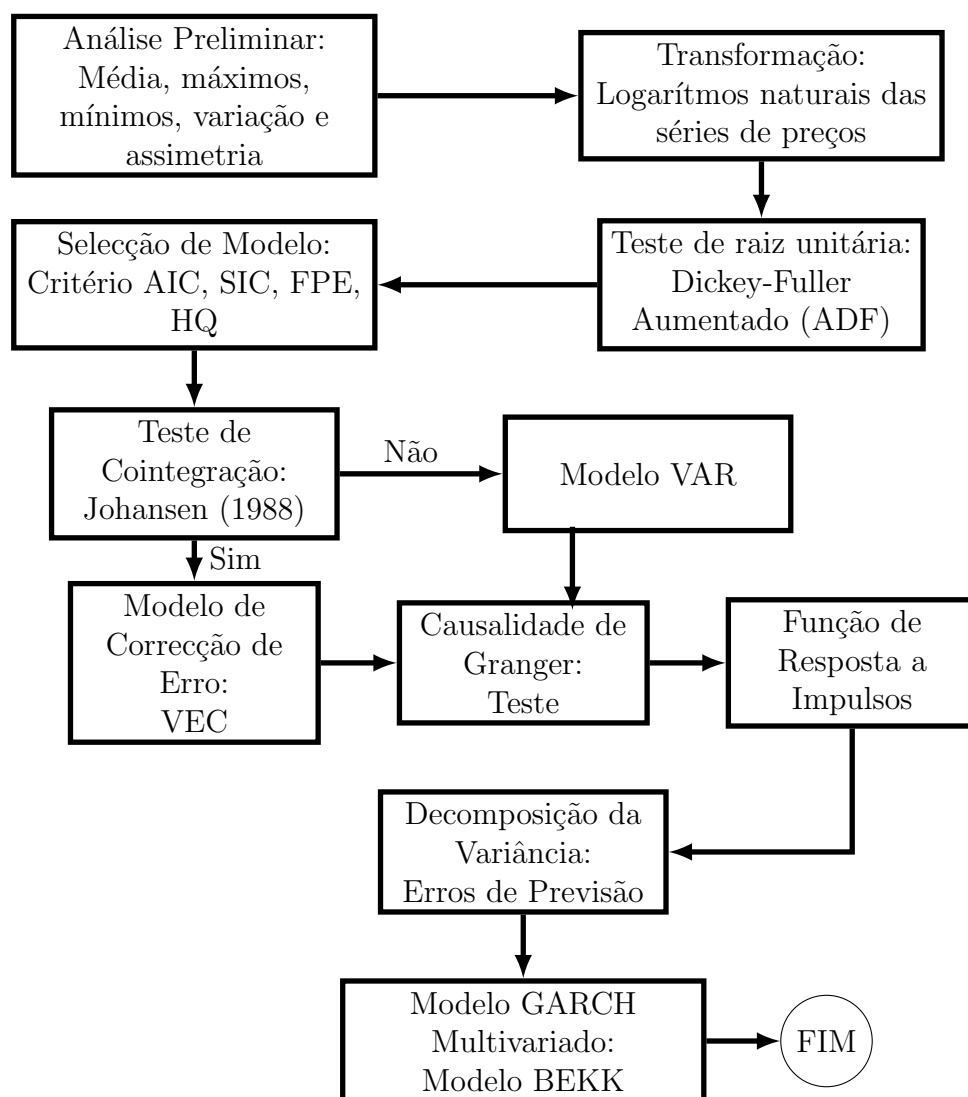


Figura 3.1: Fluxograma das Etapas dos Procedimentos Econométricos

Fonte: Elaboração própria

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise do Comportamento das Séries

4.1.1 Análise Descritiva das Séries

Inicialmente, é observada na Figura (4.1) a evolução das séries nominais, dos preço do arroz em MZN/Kg, nos três principais mercados Moçambicanos e o mercado internacional de Bangkok. Os mercados de Beira e Bangkok exibem flutuações de preços mais acentuadas ao longo do tempo, o que pode ser atribuído a factores como instabilidade econômica e variações na oferta e demanda. Em contraste, o mercado de Maputo apresenta preços mais elevados, mas com uma volatilidade relativamente menor, sugerindo uma estabilidade relativa nos preços.

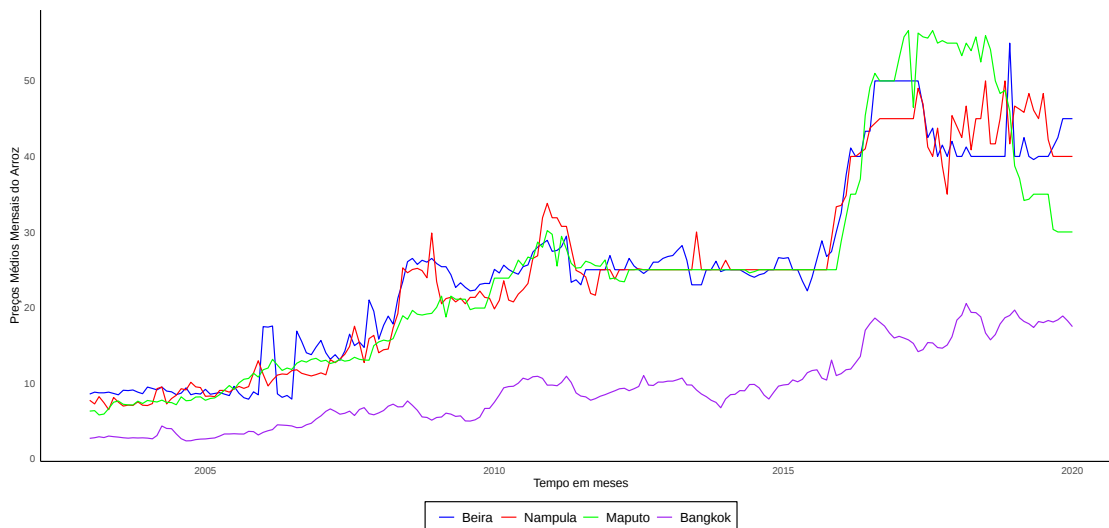


Figura 4.1: Evolução das séries do preço do arroz em MZN/Kg de 2003 a 2020

Fonte: Resultado da Pesquisa

Por outro lado, em Nampula, observa-se uma combinação de preços geralmente mais baixos, porém com uma volatilidade considerável. Isso significa que, embora os preços possam ser mais baixos em comparação com outros mercados, as flutuações ao longo do tempo podem ser mais acentuadas, resultando em valores mais altos e mais baixos em diferentes anos.

Essa situação indica desafios significativos para os consumidores, incluindo acesso limitado a alimentos, impacto na segurança alimentar, pressão sobre o orçamento doméstico e vulnerabilidade a choques econômicos. A seguir estão os resultados das estatísticas descritivas das quatro séries, apresentados na Tabela (4.1).

Tabela 4.1: Estatísticas descritivas dos preços do arroz (MZN/Kg) em termos nominais.

Estatística	Beira	Maputo	Nampula	Bangkok
Média	25.23	24.94	24.74	9.19
Mediana	25.00	25.00	25.00	8.69
Máximo	55.00	56.67	50.00	20.53
Mínimo	7.85	5.78	6.47	2.34
Desvio padrão	12.12	14.10	12.51	5.05
Coefficiente de Variação	48.06	56.53	50.56	54.96
Assimetria	0.37	0.83	0.35	0.56
Curtose	2.37	2.94	2.09	2.27
Jarque-Bera	8.04	23.66	11.40	15.47
P-valor Jarque-Bera	(0.02)**	(0.00)***	(0.00)***	(0.00)***

Nota: (***) indica rejeição da hipótese nula ao nível de significância estatística de 1%, (**) significativo a 5%

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

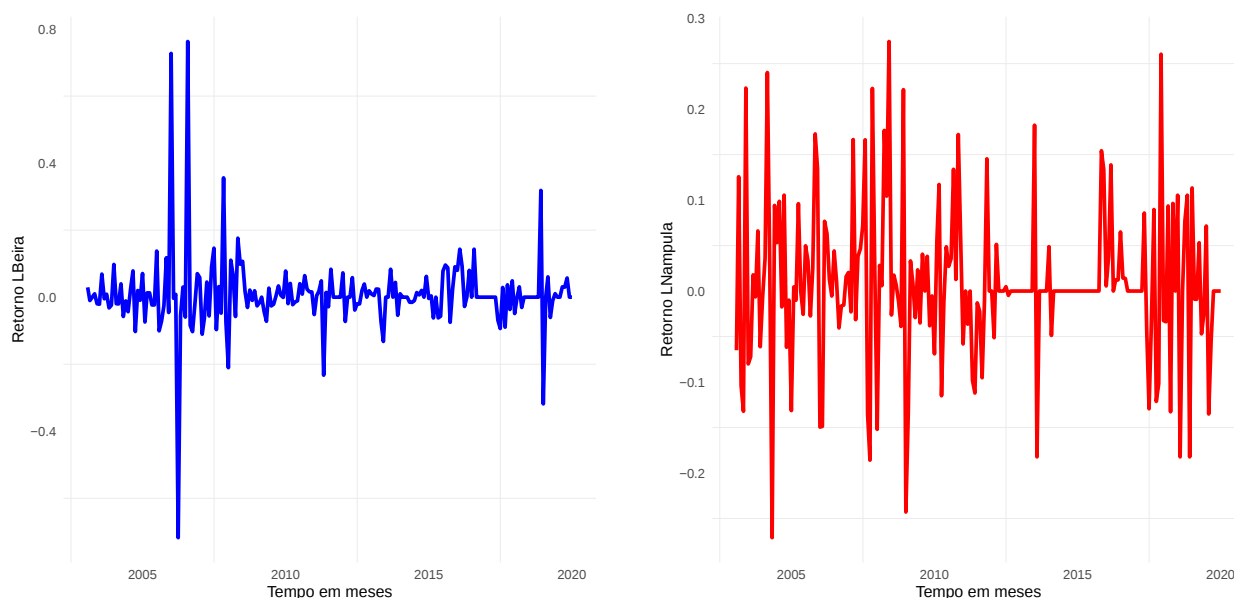
A análise das estatísticas descritivas dos preços do arroz em diferentes cidades revela padrões intrigantes e importantes nuances no comportamento desses mercados. Em média, os preços do arroz oscilam entre (9.19) e (25.23) meticais por quilograma (MZN/Kg), com distinções notáveis entre os mercados. Essas disparidades sugerem variações nas condições de oferta e demanda, bem como em outros factores que influenciam os preços. A mediana dos preços reflete uma centralização em torno desses valores, indicando certa estabilidade nas tendências de preço. Os valores mínimos e máximos evidenciam uma ampla gama de variação nos preços entre os diferentes mercados, variando de (2.34) a (56.67) meticais por quilograma (MZN/Kg). Essa amplitude revela uma significativa diversidade nas condições de mercado, com possíveis implicações para os consumidores e para a economia em geral.

A variabilidade dos preços, medida pelo desvio padrão e pelo coeficiente de variação, aponta para diferentes níveis de estabilidade nos mercados. Observa-se maior volatilidade em Maputo (56.53%), indicando uma sensibilidade mais pronunciada a flutuações na oferta e na demanda. Por outro lado, Beira e Nampula exibem relativa estabilidade em comparação, sugerindo uma menor dispersão dos preços em torno da média (48.06%) e (50.56%), respectivamente.

As distribuições assimétricas e com curtose elevada sugerem que os preços do arroz não seguem uma distribuição normal. Essa assimetria e as caudas pesadas na distribuição dos preços podem indicar uma série de factores influenciadores, como choques de oferta, demanda ou eventos excepcionais, que impactam os preços de forma não linear. Além disso, os resultados do teste de Jarque-Bera, confirmam a falta de normalidade na distribuição dos preços em todos os mercados. Esse teste reforça a presença de distorções e padrões não convencionais nos preços do arroz, destacando a complexidade e a dinâmica dos mercados envolvidos. O Q-Q Plot na Figura (5.1) em anexo, também contribui para essa conclusão, mostrando uma relação não linear entre os quantis teóricos e empíricos, especialmente nas caudas das distribuições.

4.1.2 Teste de Estacionariedade

Após a análise descritiva entre os preços dos mercados, foi realizado o teste da raiz unitária ADF para as séries dos logaritmos dos preços do arroz, conforme apresentado na Tabela (5.2) em anexo tendo sido verificado que, na primeiras diferenças, rejeita-se a hipótese nula de presença de raiz unitária, ou seja, nessas condições, as séries são estacionárias. Os resultados dos estudos de [Silva e Tavares \(2015\)](#), [Carrilho *et al.* \(2021\)](#), [Gaio e Capitani \(2019\)](#) e [Ceballos *et al.* \(2017\)](#) também evidenciaram que as séries eram não estacionárias em nível e estacionárias na primeira diferença.



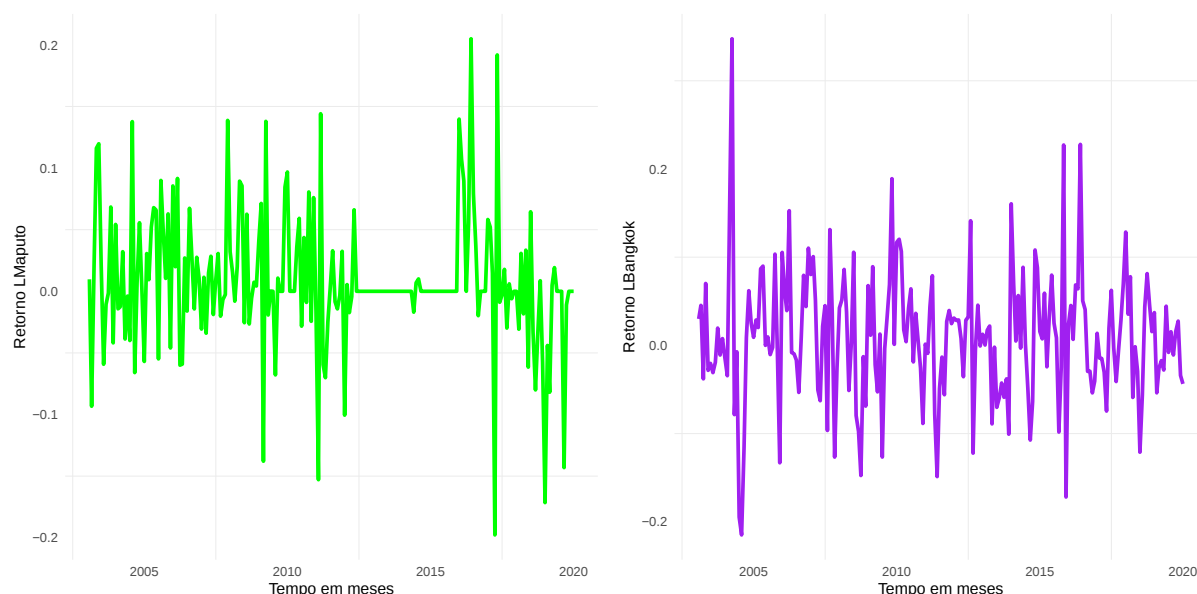


Figura 4.2: Comportamento das series em primeiras diferenças

Fonte: Resultados da Pesquisa

Os gráficos da Figura (4.2) acima, ilustram o comportamento das séries temporais após a aplicação da primeira diferenciação. Observa-se que, após essa diferenciação, os preços do arroz importado nos diferentes mercados estudados apresentam uma redução nas flutuações irregulares, tornando-se mais estáveis e adequados para análises econômicas. Isso sugere que os preços do arroz importado, após a diferenciação, podem ser mais facilmente modelados e analisados para entender suas tendências subjacentes ao longo do tempo.

4.2 Análise Econométrica do Estudo

No contexto de Moçambique, o período de colheita do arroz varia conforme a região e as condições climáticas locais. Em muitas partes do país, a colheita ocorre entre abril e julho, resultando em uma grande oferta do produto. Por outro lado, de agosto a dezembro, acontece o período pós-colheita, levando a oscilações nos preços que acompanham a sazonalidade da produção (MADER, 2020). Essa variação sazonal dos preços contribui para a não estacionariedade das séries em estudo, indicando a possibilidade de existir um equilíbrio de longo prazo.

Dada a natureza não estacionária das séries temporais, é necessário considerar técnicas apropriadas de modelagem, como o Vector Autorregressivo (VAR), para analisar a dinâmica de curto prazo (Sims, 1980; Stock e Watson, 2007; Kilian, 2017). No entanto, se as séries são não estacionárias e cointegradas, uma abordagem mais adequada seria usar um modelo de correção de erro vectorial (VECM), que leva em consideração tanto as relações de curto

prazo quanto a relação de longo prazo entre as variáveis (Johansen, 1995; Pesaran e Shin, 1999).

Após verificar a estacionariedade das séries temporais, determinou-se o número mais apropriado de defasagens a ser incluído na estimação dos vectores de cointegração utilizando o método de Johansen (1988). Em seguida, os critérios de informação de Akaike (AIC), Schwarz (SBC), Erro de Predição Final (FPE) e Hannan-Quinn (HQ) foram utilizados para selecionar a defasagem óptima para o teste de cointegração, conforme mostrado na Tabela (4.2). Nesse processo, os preços do arroz nos mercados da Beira, Bangkok, Maputo e Nampula foram agrupados e analisados caso a caso. Os resultados indicaram que (1) uma defasagem era óptima para ser considerada no teste de cointegração, de acordo com os valores estimados pelos critérios de informação.

Tabela 4.2: Determinação do Número de Defasagens nos Preços do Arroz

Defasagens	Critérios de Informação			
	FPE	AIC	SC	HQ
1	0.00*	-20*	-20*	-20*
2	0.00	-20	-19	-20
3	0.00	-20	-19	-20
4	0.00	-20	-19	-20
5	0.00	-20	-19	-20

Nota: (*) indica a defasagem selecionada pelo critério

FPE: Final Prediction Error Criterion, AIC: Akaike Information Criterion, SC: Schwarz Criterion e HQ: Hannan-Quinn Criterion

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

Portanto, o próximo passo será a estimação do modelo de cointegração para confirmar se essas variáveis possuem ou não relacionamento de longo prazo.

4.2.1 Determinação do Relacionamento de Curto e Longo Prazo entre os Mercados

4.2.1.1 Cointegração de Johansen

Na sequência, foi realizado o teste de cointegração, conforme exposto na Tabela (4.3). Ao considerar o valor crítico de 5% de significância estatística para rejeição ou não da hipótese de cointegração, bem como os valores da estatística do teste traço e de máximo autovalor estabelecidos, definiu-se pela rejeição da hipótese nula de que não há qualquer vector de cointegração, uma vez que os valores do teste traço e máximo autovalor encontrados são superiores aos valores críticos estimados. Os resultados para cointegração corroboram os

encontrados no estudo de [Paulo \(2011\)](#), [Acosta \(2012\)](#) e [Chambo \(2013\)](#), que concluiu que, no longo prazo, há um equilíbrio na transmissão de preços no mercado doméstico e internacional.

Tabela 4.3: Testes de Cointegração entre os preços do Arroz

Hipótese Nula	$\lambda_{\text{traço}}$	Valor crítico (5%)	λ_{max}	Valor crítico (5%)
$r \leq 0$	145.98**	48.28	395.24**	27.14
$r \leq 1$	85.27**	31.52	249.25**	21.07
$r \leq 2$	105.61**	17.95	143.64**	14.90
$r \leq 3$	145.98**	8.18	58.37**	8.18

Nota: (**) indica rejeição da hipótese nula ao nível de significância estatística de 5%.

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

Os resultados apresentados na Tabela (4.3) indicam a presença de pelo menos três vectores de cointegração entre as séries de preços do arroz. Para [Margarido e Anefalos \(2001\)](#) é importante ressaltar que a existência de pelo menos um vector de cointegração é uma condição fundamental para que haja uma relação de longo prazo entre as séries de preços. Portanto, dado que os testes evidenciaram a presença de pelo menos três vectores de cointegração, pode-se inferir que há uma relação comum e equilibrada de longo prazo entre as séries de preços do arroz nos mercados da Beira, Bangkok, Maputo e Nampula.

Conforme destacado por [Granger \(1969\)](#) e [Johansen \(1995\)](#), quando os resultados dos testes de cointegração apontam para a existência de relações de longo prazo entre as variáveis, é recomendável empregar um modelo VEC para capturar essas relações e examinar tanto o comportamento de curto quanto de longo prazo do sistema.

A presença de co-integração nos mercados em Moçambique, conforme [Ghosh \(2000\)](#), indica uma interligação eficaz dos preços entre os diferentes locais de venda dentro do país, facilitando uma disponibilidade equilibrada do arroz e evitando tanto a sobreoferta quanto a escassez. Isso significa que, quando há uma sobreoferta em um mercado, os preços tendem a cair, incentivando a demanda e, conseqüentemente, equilibrando a oferta. Da mesma forma, quando há escassez, os preços podem aumentar, estimulando a oferta e restaurando o equilíbrio do mercado dentro de Moçambique.

4.2.1.2 Relação de Curto e Longo Prazo e Modelo de Correção de Erros

Os resultados da Tabela (4.4) indicam que todas as equações estimadas são estatisticamente significativas, com um nível de confiança de 95%. Em relação ao preço do arroz no mercado de Bangkok, cerca de (16.6%) das variações nos preços do arroz nesse mercado são explicadas pelas variações nos preços passados do arroz nos mercados de Beira, Maputo e Nampula. Quanto aos preços do arroz nos mercados de Beira, Maputo e Nampula, aproximadamente

(26.4%), (16.2%) e (15.9%), respectivamente, são explicados pelas variações nos preços passados do arroz entre os mercados.

Tabela 4.4: Características das equações do modelo VEC

Equação de cointegração	Erro padrão residual	R^2	P-valor
LBangkok	0.071	0.166	0.027**
LBeira	0.103	0.264	0.001***
LMaputo	0.051	0.162	0.034**
LNampula	0.080	0.159	0.038**

Nota: (***) Indica significância estatística ao nível de 1%, (**) Significativo a 5%

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

Relação de Curto Prazo

Com base na Tabela (4.5), verificou-se que os coeficientes de ajuste de desequilíbrios transitórios nos mercados de arroz de Beira, Maputo e Nampula são estatisticamente significativos ao nível de 1%. Isso indica que esses mercados estão em processo de correção de desequilíbrios de curto prazo para alcançar o equilíbrio de longo prazo.

Para o mercado de Beira, os desequilíbrios de preços do arroz são corrigidos a uma velocidade de 0.04 no período actual em relação ao período anterior. Em Maputo, essa correção ocorre a uma velocidade de 0.02, e em Nampula, a uma velocidade de 0.08. Esses resultados sugerem que Beira, Maputo e Nampula são tomadores de preços no mercado internacional do arroz, ou seja, esses mercados ajustam seus preços com base nas condições globais de oferta e demanda, sem influenciá-las significativamente ([Margarido *et al.*, 2001](#)).

Ainda de acordo com os estudos de [Margarido *et al.* \(2001\)](#), no caso de Bangkok, a velocidade de correção de desequilíbrios transitórios é de apenas 0.01, indicando que Bangkok actua como formadora de preços no mercado global de arroz. Isso significa que as mudanças nos preços em Bangkok têm um impacto significativo nos preços dos mercados de Beira, Maputo e Nampula, que se ajustam de acordo com as condições estabelecidas por Bangkok.

A elasticidade de transmissão de preços no curto prazo entre os mercados de arroz de Bangkok, Beira, Maputo e Nampula é inelástica, uma vez que os valores estimados são inferiores a um. Isso significa que as variações nos preços internacionais têm um impacto menos que proporcional nos preços domésticos. Além disso, indica que os desequilíbrios de curto prazo tendem a ser corrigidos lentamente, resultando em um tempo reactivamente longo para se alcançar o equilíbrio de longo prazo. Esses achados corroboram as conclusões de estudos anteriores [Edward *et al.* \(2022\)](#), [Prince \(2020\)](#), [Popat *et al.* \(2021\)](#) e [Margarido *et al.* \(2014\)](#),

que mostram que as variações nos preços internacionais são transmitidas de maneira menos que proporcional para os preços domésticos. Esse fenômeno pode ser explicado por factores como barreiras comerciais, custos de transporte, políticas de mercado e outras fricções que impedem a completa transmissão de preços entre mercados internacionais e domésticos.

Relação de Longo Prazo

Ainda conforme a Tabela (4.5), em relação à verificação da relação econômica de equilíbrio de longo prazo entre as séries de preços do arroz, foram estimados os coeficientes β para os mercados de Beira, Maputo e Nampula, em relação ao mercado de Bangkok. Os coeficientes estimados são $\beta = -1.99$ para Beira, $\beta = -9.24$ para Maputo e $\beta = 15.47$ para Nampula, todos estatisticamente significativos ao nível de 1%.

Esses coeficientes de longo prazo (β) indicam a natureza e a intensidade da relação entre os preços do arroz nos diferentes mercados em relação ao mercado de Bangkok. Para Beira, o coeficiente $\beta = -1.99$ sugere que, no equilíbrio de longo prazo, o preço do arroz em Beira se ajusta inversamente a quase duas vezes a variação dos preços em Bangkok, indicando uma forte relação inversa. Para Maputo, $\beta = -9.24$ indica uma relação ainda mais acentuada, onde o preço do arroz se ajusta inversamente com uma magnitude muito maior às variações dos preços em Bangkok. Para Nampula, o coeficiente $\beta = 15.47$ mostra uma relação positiva muito intensa, sugerindo que os preços do arroz em Nampula se ajustam fortemente e directamente às variações dos preços em Bangkok.

Esses resultados sugerem que as correções dos desequilíbrios de longo prazo ocorrem de maneira significativamente intensa nesses mercados, indicando uma transmissão elástica de preços do arroz entre os mercados domésticos e o mercado internacional de Bangkok. Essa conclusão é consistente com estudos anteriores, como [Margarido e Anefalos \(2001\)](#), que também identificaram relações dinâmicas e ajustes robustos nos preços entre mercados internacionais e domésticos.

Tabela 4.5: Coeficientes Estimados pelo Modelo VEC

Equação de cointegração:	Coeficientes de ajuste (α)	Coeficientes de cointegração (β)
LBangkok	-0.01***	1.00
LBeira	0.04***	-1.99***
LMaputo	0.02***	-9.24***
LNampula	-0.08***	15.47***

Nota: (***) Indica significância estatística ao nível de 1%

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

Estabilidade do Modelo VCE

De acordo com [Lutkepohl \(2005\)](#), embora os testes de normalidade dos resíduos tenham indicado desvios da distribuição normal multivariada (Tabela 5.3, no anexo), isso não compromete a validade do modelo VEC, uma vez que sua robustez não depende da normalidade dos dados. Conforme os estudos de [Lutkepohl \(2005\)](#) e [Enders \(2004\)](#), a estabilidade do modelo é assegurada pelas raízes do polinômio característico autoregressivo (AR), que estão localizadas dentro do círculo unitário no plano complexo (Figura 5.2, no anexo). Essa característica sugere que os impactos de choques nos preços são amortecidos ao longo do tempo, permitindo que o sistema retorne gradualmente ao equilíbrio de longo prazo. Após a estimação do VAR, realiza-se o teste de Causalidade de Granger, descrito a seguir, para averiguar se existe uma relação causal no sentido de Granger entre os mercados.

4.2.1.3 Análise das Relações de Causalidade entre os Mercados

A aplicação do teste de causalidade de Granger na Tabela (4.6) indica uma relação causal unidirecional entre os mercados de Bangkok e Maputo, alinhando-se com as conclusões de [MADER \(2016\)](#). Além disso, foi identificada uma relação causal unidirecional entre os mercados de Maputo e Nampula, corroborando o estudo de [Popat et al. \(2021\)](#) e [Chambo \(2013\)](#). No entanto, não foram encontradas evidências de causalidade entre os outros pares de mercados analisados.

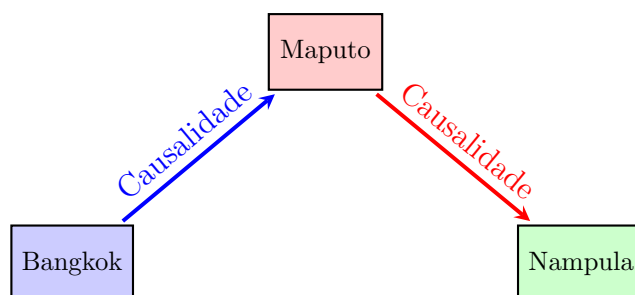


Figura 4.3: Fluxo de Causalidade entre os Mercados do Arroz Importado

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

Conforme observado por [Sexton et al. \(1991\)](#) e [Olila et al. \(2016\)](#), a ausência de causalidade entre os diferentes pares de mercados mencionados resulta em uma transmissão imperfeita e atrasada dos sinais de preços. Isso leva a uma alta volatilidade nos preços, comprometendo a segurança alimentar tanto de produtores quanto de consumidores.

Outrossim, autores como [Ghosh \(2000\)](#) e [Banerjee et al. \(1998\)](#) argumentam que a ausência de uma relação causal entre os mercados de Bangkok e Beira, Bangkok e Nampula, bem como entre Beira e outros mercados, pode ser atribuída a uma série de factores, incluindo a distância geográfica, a infraestrutura de transporte e as regulamentações comerciais. Essas

barreiras logísticas e estruturais são determinantes importantes que limitam a transmissão de choques de preços entre esses mercados, resultando em uma menor interconexão e integração directa entre eles.

Tabela 4.6: Teste de Causalidade de Granger entre os Preços do Arroz em Diferentes Mercados

Hipótese Nula	Estatística F	P-valor	Decisão
LMaputo não causa Granger LBeira	1.71	0.18	Não Rejeita H_0
LBeira não causa Granger LMaputo	0.1955	0.82	Não Rejeita H_0
LMaputo não causa Granger LBangkok	0.41	0.67	Não Rejeita H_0
LBangkok não causa Granger LMaputo	2.35	0.09*	Rejeita H_0
LBeira não causa Granger LNampula	1.84	0.16	Não Rejeita H_0
LNampula não causa Granger LBeira	0.15	0.86	Não Rejeita H_0
LMaputo não causa Granger LNampula	2.86	0.05*	Rejeita H_0
LNampula não causa Granger LMaputo	1.33	0.27	Não Rejeita H_0
LBeira não causa Granger LBangkok	0.55	0.58	Não Rejeita H_0
LBangkok não causa Granger LBeira	0.86	0.42	Não Rejeita H_0
LNampula não causa Granger LBangkok	0.13	0.88	Não Rejeita H_0
LBangkok não causa Granger LNampula	0.17	0.84	Não Rejeita H_0

Nota: (*) Indica significância estatística ao nível de 10%

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

Para [Sims \(1980\)](#) e [Granger \(1969\)](#), é essencial considerar as particularidades de cada mercado agrícola, como as preferências dos consumidores, os padrões sazonais na oferta e demanda, e o grau de competição, pois esses factores podem moldar a dinâmica dos preços e diminuir a relação causal entre eles. Além disso, eventos externos, como condições climáticas desfavoráveis, questões geopolíticas ou oscilações nas taxas de câmbio, têm o potencial de exercer um impacto significativo na interconexão entre os mercados ([Pahlavani et al., 2005](#)). Assim, a ausência de uma relação causal observada pode ser explicada pela influência desses e de outros factores específicos do contexto de cada mercado agrícola.

Beira e Nampula, ambos importadores de arroz de Bangkok, não apresentam uma relação causal detectável entre seus mercados. Esse fenómeno pode decorrer de diversos factores. É plausível que esses mercados sejam influenciados não apenas por Bangkok, mas também por outras regiões produtoras de arroz ou por dinâmicas agrícolas locais. Além disso, o intervalo de tempo para responder às mudanças de preço entre Bangkok e Beira/Nampula pode ser influenciado por factores como cronogramas de entrega, regulamentações comerciais ou flutuações cambiais, dificultando a identificação de uma ligação causal directa. Explorar essas complexidades em análises detalhadas é essencial para compreender abrangentemente a dinâmica dos mercados. Outros estudiosos, como [Smith et al. \(2018\)](#) e [Jones \(2018\)](#),

destacaram complexidades semelhantes nas interações de mercado, ressaltando a necessidade de investigações detalhadas além das simples relações causais.

4.2.1.4 Funções Impulso Resposta

Por meio dos resultados encontrados na estimação do modelo vectorial autorregressivo com correção de erros, foram analisadas as funções de impulso-resposta, que demonstram os efeitos sobre o preço do arroz em Bangkok de choques nas outras variáveis do modelo, para os 12 meses seguintes. Com os gráficos do impulso-resposta, é possível verificar o impacto que um choque de um desvio-padrão em uma série (impulso) causa no desvio-padrão da outra série (resposta) (Figura 4.4).

Após um choque inesperado no mercado de arroz em Bangkok, observa-se uma resposta altamente positiva nos preços em Maputo, mantida ao longo do tempo. O pico dessa reação ocorre cerca de um mês após o choque, persistindo em um nível elevado até aproximadamente o quarto mês, seguido por ligeiras oscilações antes da estabilização, que se mantém consistente até o décimo primeiro mês após o choque inicial. Da mesma forma, uma mudança nos preços em Maputo resultou em um impacto negativo em Nampula nos primeiros dois meses após o choque, seguido de um leve declínio até aproximadamente o meio do sexto mês. A partir desse ponto, a resposta tornou-se mais oscilatória até a estabilização no décimo segundo mês.

Uma variação nos preços do arroz em Beira foi transmitida para Nampula, inicialmente resultando em uma resposta negativa do primeiro ao segundo mês, seguida de estabilidade até o quarto mês e, em seguida, um declínio. Após esse período, os preços subiram, atingindo o pico no quinto mês, antes de diminuir até meados do sétimo mês. Nos meses subsequentes, após dez meses do choque inicial, os preços se estabilizaram.

Após o choque não antecipado nos preços do arroz em Bangkok sobre os preços do arroz no mercado de Beira, houve um efeito positivo até meados do terceiro mês. No entanto, essa tendência positiva foi breve, e os preços começaram a declinar até aproximadamente o meio do sexto mês após o choque inicial. Posteriormente, os preços retomaram uma tendência decrescente, acompanhada por algumas oscilações nos meses seguintes.

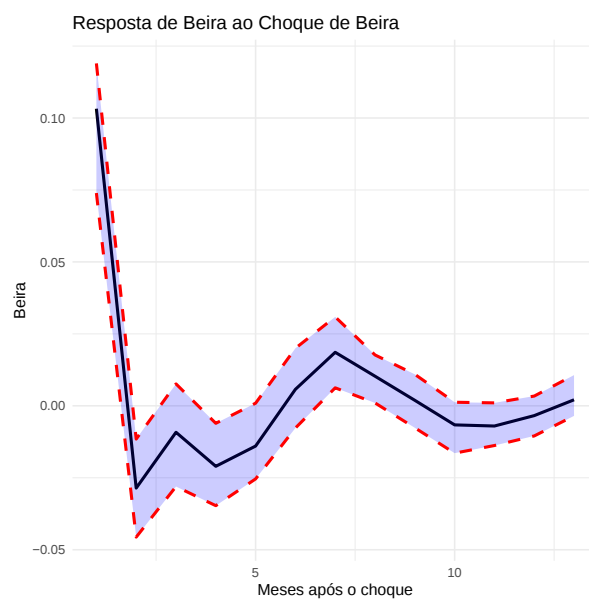
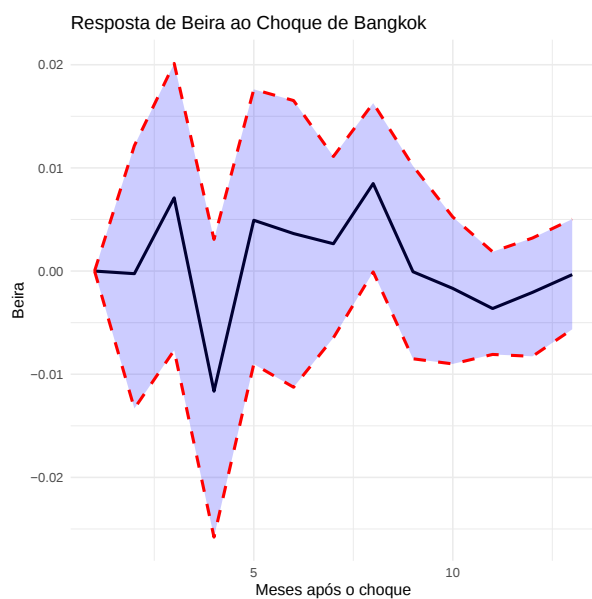
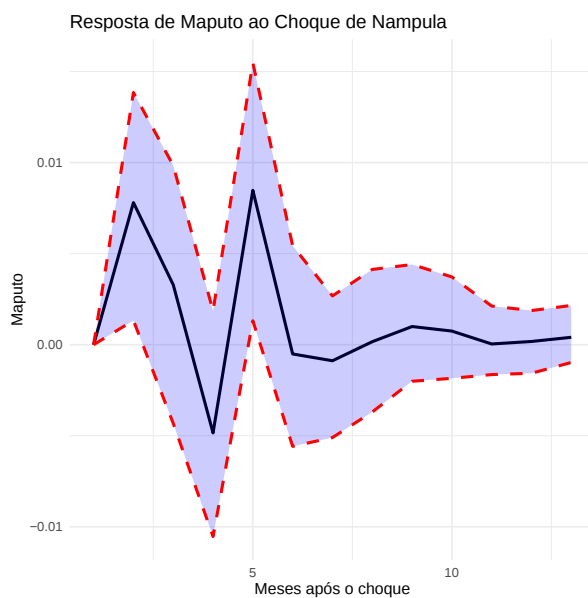
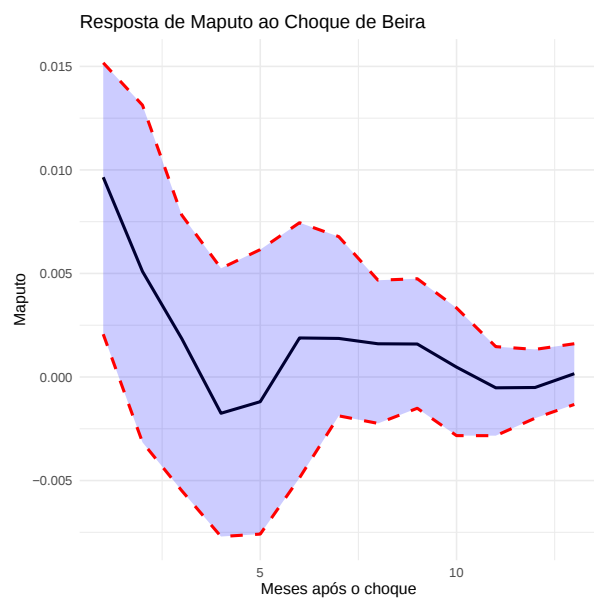
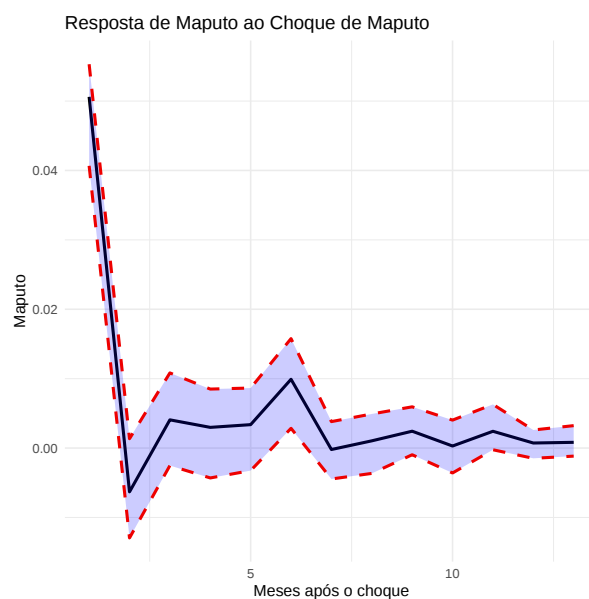
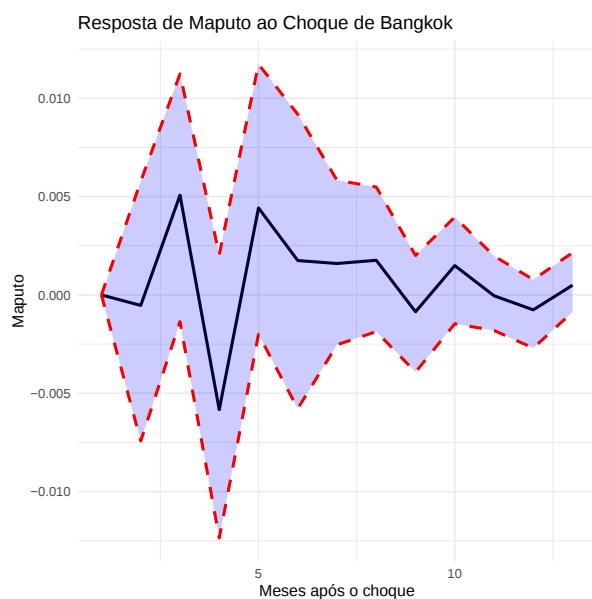




Figura 4.4: Funções impulso-resposta

Fonte: Resultados da Pesquisa

4.2.1.5 Análise da Decomposição da Variância do Erro de Previsão

Sendo observadas todas as relações existentes, o próximo procedimento realizado foi a análise da decomposição da variância do erro de previsão (Tabela 4.7). A análise da decomposição da variância do erro de previsão revela que, inicialmente, cerca de (99%) da variabilidade dos preços em Bangkok é causada internamente, com pequenas contribuições dos mercados em Maputo (1%). Isso reflete uma forte dependência dos preços locais em Bangkok a curto prazo. No entanto, ao longo do tempo, a influência dos choques nos preços internacionais de Bangkok parece diminuir, indicando uma menor dependência desses preços nos meses seguintes. Mesmo após doze meses, cerca de (90%) da variação nos erros de previsão ainda é atribuída a Bangkok, com contribuições menores de Beira (5%), Maputo (3%) e Nampula (2%).

Já a variável que denota o preço do arroz de Nampula, inicialmente, quase toda a variação nos preços do arroz de Nampula (aproximadamente 98%) é explicada pelo próprio mercado, indicando uma forte dependência de factores internos. No entanto, ao longo dos meses seguintes, essa influência interna diminui gradualmente, enquanto os mercados em Beira, Maputo e Bangkok ganham importância na determinação dos preços locais em Nampula. Após doze meses desde o choque inicial, esses mercados representam aproximadamente (1%), (5%) e (4%), respectivamente, na variação dos preços locais de Nampula.

Um mês após um choque não antecipado no mercado em Maputo, cerca de (4%) da variação dos erros de previsão em Maputo é atribuída ao mercado em Beira, enquanto os restantes (96%) são atribuídos ao próprio mercado em Maputo. Ao longo dos meses seguintes, essa influência diminui gradualmente, enquanto os mercados em Beira, Nampula e Bangkok ganham importância na determinação dos preços locais em Maputo. Após doze meses desde o choque inicial, esses mercados representam aproximadamente (5%), (5%) e (3%), respectivamente, na variação dos preços locais em Maputo.

No início, os preços em Beira são principalmente influenciados por factores locais, com uma variação perfeita (100%), sem serem afectados pelos preços de outras regiões. Porém, ao longo do tempo, os preços em Nampula passam a ter um papel mais significativo na determinação dos preços em Beira, com cerca de (6%) na variação dos preços locais em Beira. Isso sugere uma maior interdependência entre os mercados locais à medida que o tempo avança.

Tabela 4.7: Evolução dos Impactos da Decomposição da Variância do Erro de Previsão

LBangkok					LNampula			
Meses	LBeira	LMaputo	LNampula	LBangkok	LBeira	LMaputo	LNampula	LBangkok
1	0.00	0.01	0.00	0.99	0.00	0.02	0.98	0.00
2	0.00	0.02	0.01	0.97	0.01	0.01	0.98	0.00
3	0.02	0.02	0.01	0.95	0.01	0.01	0.98	0.00
4	0.04	0.02	0.00	0.94	0.01	0.01	0.98	0.00
5	0.04	0.02	0.01	0.93	0.01	0.04	0.93	0.02
6	0.04	0.03	0.02	0.91	0.01	0.04	0.91	0.04
7	0.05	0.03	0.02	0.90	0.01	0.05	0.90	0.04
8	0.05	0.03	0.02	0.90	0.01	0.05	0.90	0.04
9	0.05	0.03	0.02	0.90	0.01	0.05	0.90	0.04
10	0.05	0.03	0.02	0.90	0.01	0.05	0.90	0.04
11	0.05	0.03	0.02	0.90	0.01	0.05	0.90	0.04
12	0.05	0.03	0.02	0.90	0.01	0.05	0.90	0.04

LMaputo					LBeira			
Meses	LBeira	LMaputo	LNampula	LBangkok	LBeira	LMaputo	LNampula	LBangkok
1	0.04	0.96	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
2	0.04	0.94	0.02	0.00	0.99	0.00	0.01	0.00
3	0.04	0.92	0.03	0.01	0.96	0.00	0.04	0.00
4	0.04	0.90	0.04	0.02	0.93	0.00	0.07	0.00
5	0.04	0.88	0.06	0.02	0.93	0.00	0.07	0.00
6	0.04	0.88	0.05	0.03	0.91	0.00	0.09	0.00
7	0.04	0.88	0.05	0.03	0.90	0.00	0.10	0.00
8	0.04	0.88	0.05	0.03	0.90	0.00	0.10	0.00
9	0.05	0.87	0.05	0.03	0.89	0.00	0.06	0.00
10	0.05	0.87	0.05	0.03	0.89	0.00	0.06	0.00
11	0.05	0.87	0.05	0.03	0.89	0.00	0.06	0.00
12	0.05	0.87	0.05	0.03	0.89	0.00	0.06	0.00

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

Ao realizar uma análise mais detalhada da decomposição da variância do erro de previsão e da função resposta ao impulso, conforme demonstrado na Tabela (4.7) e na Figura (4.4) respectivamente, encontramos resultados que confirmam achados anteriores. Além dos estudos de [Chambale \(2021\)](#) e [Margarido et al. \(2014\)](#), outros pesquisadores também contribuíram para esta linha de pesquisa. Por exemplo, estudos conduzidos por [Smith et al. \(2018\)](#) e [Jones \(2016\)](#) chegaram a conclusões semelhantes, enfatizando que as flutuações nos preços são principalmente influenciadas por mudanças endógenas em seus próprios preços. Esta convergência de resultados entre diferentes estudos fortalece a consistência das conclusões apresentadas.

4.2.2 Determinação da Magnitude das Flutuações nos Preços do Arroz entre os Mercados

4.2.2.1 Modelo GARCH Multivariado com Representação BEKK

Com base nos resultados do modelo $GARCH - BEKK(1,1)$ na Tabela (4.8), em relação às interações de volatilidade entre os mercados de Nampula, Beira e Maputo com o mercado de Bangkok, os parâmetros de impacto em cada mercado $A(1,1)$ e $A(2,1)$ demonstram significância estatística, indicando que os choques de volatilidade no mercado de Maputo são

influenciados tanto por sua própria volatilidade anterior (autoregressão) quanto pela volatilidade em outro mercado Bangkok sugerindo (interdependência) entre os mercados.

Além disso, a análise dos parâmetros $B(1, 1)$, $B(2, 1)$ e $B(2, 2)$ representam a persistência da volatilidade, ou seja, o quanto a volatilidade passada afecta a volatilidade futura.

Valores significativos e próximos de 1 para os parâmetros $B(1, 1)$ e $B(2, 2)$ indicam uma alta persistência na volatilidade nos mercados da Beira e Nampula. Isso significa que choques anteriores na volatilidade nesses mercados têm um efeito duradouro e significativo na volatilidade futura. Em comparação, o mercado de Maputo apresenta menor persistência. Esses resultados estão em conformidade com os achados de Yonis (2011) e Li e Giles (2013), que sugerem que choques internos têm um impacto mais significativo do que choques externos.

Esta explicação é corroborada por Barrett (2017) e Reardon (2016), que enfatizam que uma alta persistência na volatilidade dos preços do arroz nos mercados da Beira e Nampula pode ter implicações substanciais para a segurança alimentar, especialmente em comunidades onde o arroz é um componente essencial da dieta. Flutuações nos preços podem afectar a acessibilidade e a disponibilidade do arroz, tornando-o mais caro ou escasso durante períodos de alta volatilidade. Isso pode levar à insegurança alimentar, particularmente entre populações vulneráveis com baixo poder aquisitivo.

Entretanto, conforme Campbell *et al.* (1997) e Schwartz (1988), as diferenças na persistência da volatilidade entre os mercados de Beira, Nampula e Maputo podem ser atribuídas a uma série de factores. Primeiro, a liquidez do mercado desempenha um papel crucial. Mercados menos líquidos, como Beira e Nampula em comparação com Maputo, tendem a ter maior persistência na volatilidade devido à dificuldade em absorver grandes choques de preços rapidamente. Além disso, factores económicos e políticos podem influenciar. Instabilidade política ou incerteza económica em Beira e Nampula pode contribuir para uma maior persistência na volatilidade. A estrutura do mercado e o perfil dos participantes também são relevantes. Se os investidores nessas regiões forem mais sensíveis a certos tipos de notícias ou eventos, isso poderia aumentar a persistência na volatilidade (Bollerslev, 1986).

Os valores dos coeficientes para o parâmetros $B(2, 1)$ são baixos, isso sugere que os efeitos dos choques de volatilidade em Bangkok nos mercados de Nampula e Beira são mais fracos e de curto prazo. Isso pode significar que, embora haja uma influência dos choques de volatilidade em Bangkok nos mercados de arroz em Nampula e Beira, essa influência é menos persistente ao longo do tempo. Corroborando essa ideia Garrido (2019) e Byerlee (2018), destacam que, mesmo diante de coeficientes de magnitude baixos, a interpretação ainda ressalta a relação entre os mercados de arroz em diferentes regiões e destaca a importância de compreender

como os choques em um mercado podem afectar os outros, mesmo que os efeitos sejam mais fracos e transitórios.

Tabela 4.8: Estimativas do Modelo GARCH Multivariado, representação BEKK(1,1)

Parâmetros	Nampula			Maputo			Beira		
	Coef.	S.E.	Pr(> t)	Coef.	S.E.	Pr(> t)	Coef.	S.E.	Pr(> t)
A(1,1)	0.10	0.08	0.21	0.00	0.00	0.99	0.10	0.80	0.21
A(2,1)	0.02	0.07	0.84	0.15	0.03	0.00***	0.02	0.12	0.87
A(1,2)	0.02	0.08	0.77	-0.09	0.13	0.47	0.02	0.05	0.71
A(2,2)	0.10	0.01	0.23	0.57	0.09	0.00***	0.10	0.12	0.40
B(1,1)	0.90	0.02	0.00***	0.23	0.68	0.74	0.90	0.01	0.00***
B(2,1)	0.05	0.01	0.01**	-0.01	0.07	0.89	0.05	0.03	0.06*
B(1,2)	0.01	0.01	0.47	0.13	0.17	0.41	0.01	0.01	0.37
B(2,2)	0.90	0.01	0.00***	0.83	0.04	0.00***	0.90	0.01	0.00***
Log likelihood	275.7326			562.1612			221.3873		
Number of coeff.	14			14			14		

Nota: (***) indica significância estatística ao nível de 1%, (**) significância de 5%, (*) significância de 10%.

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

No entanto, uma observação surpreendente é a ausência de uma relação de transmissão de volatilidade entre o mercado de Maputo e Bangkok. Embora Maputo seja reconhecido como um importante importador de arroz proveniente de Bangkok, a análise não revelou uma influência significativa da volatilidade de Bangkok na volatilidade de Maputo. Isso sugere a presença de dinâmicas específicas entre esses mercados que não foram capturadas pelo modelo. Contudo, estes resultados corroboram com os estudos de [Ceballos *et al.* \(2017\)](#) e [Carvalho *et al.* \(2020\)](#), que observa, embora haja um relacionamento de equilíbrio de longo e curto prazo, não necessariamente implica transmissão de volatilidade entre os preços analisados.

Por outro lado, os resultados confirmam a transmissão unidirecional de volatilidade entre os mercados de Nampula e Beira com o mercado de Bangkok. Essa observação indica que a volatilidade nos mercados de Nampula e Beira é influenciada pela volatilidade em Bangkok, enquanto o contrário não é observado. Essa conclusão está em linha com as expectativas iniciais e destaca a importância de considerar as interações entre diferentes mercados na análise de risco e na tomada de decisões de investimento. Estudos como os de [Al-Safi e Erian \(2010\)](#), [Holt e Aradhyula \(1998\)](#) e [Krugman *et al.* \(2023\)](#) corroboram essa visão, evidenciando que mercados maiores e mais centralizados, como o de Bangkok, tendem a transmitir volatilidade para mercados menores, reflectindo uma relação de dependência econômica e comercial.

5 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Embora o sector agrícola tenha atingido avanços tecnológicos significativos nos últimos anos, a volatilidade dos preços continua sendo um dos principais obstáculos ao desenvolvimento. Este estudo teve como objectivo avaliar o efeito da transmissão espacial e da volatilidade dos preços do arroz importado sobre a segurança alimentar em Moçambique, no período de janeiro de 2003 a janeiro de 2020.

Os resultados revelaram uma relação unidirecional de causalidade entre os preços do arroz importado nos mercados de Bangkok, Maputo e Nampula. As mudanças nos preços em Bangkok afectam Maputo, e as mudanças em Maputo afectam Nampula, porém não há influência direta de Maputo para Bangkok, nem de Nampula para Maputo. Essa sequência de transmissão de preços ilustra como as variações em um mercado impactam os preços nos outros ao longo da cadeia de distribuição. Embora os preços nesses mercados se movam juntos ao longo do tempo, buscando um equilíbrio de longo prazo, a elasticidade da transmissão de preços é diferente entre as regiões: na Beira, a elasticidade é inelástica, enquanto em outros mercados, como Maputo e Nampula, ela é elástica no longo prazo. No curto prazo, as regiões de Beira, Maputo e Nampula respondem de forma distinta às variações, com Beira e Nampula ajustando-se mais rapidamente em comparação a Maputo.

Além disso, foi observada uma assimetria significativa na volatilidade dos preços do arroz importado, indicando que choques positivos e negativos impactam de maneira desigual a volatilidade. Essa assimetria dificulta uma arbitragem eficiente na comercialização do arroz, resultando em acessibilidade desigual entre os consumidores de diferentes mercados e contribuindo para disparidades na distribuição do produto. Dessa forma, é essencial considerar não apenas os preços, mas também as condições de mercado e os desafios práticos que podem afectar a eficácia da arbitragem.

O modelo multivariado MGARCH-BEKK(1,1) destacou uma alta transmissão de volatilidade nos retornos dos preços do arroz importado, influenciada pela volatilidade do mês anterior e pelos erros quadráticos nos próprios mercados domésticos. A volatilidade é unidirecional nos mercados de Beira e Nampula, que mostraram maior persistência em relação aos choques externos do mercado internacional. Isso indica uma maior reação a eventos negativos, como notícias econômicas desfavoráveis, em comparação a boas notícias, o que pode prejudicar a segurança alimentar ao reduzir o poder de compra dos consumidores e aumentar a insegurança alimentar nessas regiões.

5.2 Recomendações

Diante da volatilidade nos preços do arroz importado em Moçambique e seus potenciais impactos na segurança alimentar, algumas medidas e recomendações a serem consideradas são:

1. Uma descoberta importante deste estudo refere-se à conexão entre o mercado internacional e o mercado doméstico. Para preservar essa relação e seus benefícios, é crucial que o governo fortaleça as políticas comerciais e estabeleça acordos bilaterais com os países fornecedores de arroz. Além disso, é fundamental que o governo e as partes envolvidas na cadeia de valor do arroz importado aumentem os investimentos em infraestrutura, como transporte, armazenamento e sistemas de mercado, a fim de facilitar um comércio mais eficiente entre os mercados locais.
2. Os mercados analisados apresentaram alta volatilidade de preços, com uma transmissão mais rápida de “más notícias” do que de “boas notícias”. O pânico e políticas inadequadas podem amplificar os picos de preços e seu impacto nos mercados domésticos. Para garantir intervenções oportunas e eficazes, é essencial focar no mercado de Maputo, que é líder, pois as mudanças de preços tendem a ser transmitidas de forma eficiente para os mercados secundários.
3. A volatilidade dos preços do arroz é mais acentuada nos mercados domésticos em comparação com o mercado internacional, sugerindo que factores como intervenções políticas e escassez de oferta podem estar influenciando essas flutuações. Para mitigar esses efeitos, é vital que o governo promova maior autossuficiência, incentivando o aumento da produção interna de arroz por meio da diversificação agrícola.

Essas medidas podem contribuir para a promoção da segurança alimentar em Moçambique, reduzindo a vulnerabilidade do país a choques de preços do arroz importado e garantindo o acesso estável a alimentos para toda a população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, M. (2017). Segurança alimentar. auto-suficiência alimentar: mito ou verdade? *Observador Rural*.
- Abbas, M. (2021). A insegurança alimentar em moçambique: entre o discurso populista e os caminhos para a soberania alimentar. In B. Monjane e R. Conrado, eds., *Aporias do Moçambique Pós-colonial: Estado, Sociedade e Capital*. Daraja Press.
- Abbas, M. (2022). Caminhos para a segurança alimentar em moçambique: uma abordagem de sistemas de produção. *Observador Rural*, 120.
- Abunyuwah, I. (2020). Modeling market integration and asymmetric price transmission dynamics of yam markets in ghana. *Journal of Economics and Behavioral Studies*.
- Acosta, A. (2012). Measuring spatial transmission of white maize prices between south africa and mozambique: An asymmetric error correction model approach. *AgEcon Search*.
- Agyei, S. K. et al. (2021). COVID- 19 and food prices in sub-Saharan Africa. *African Development Review*.
- Al-Safi, L. e Erian, I. (2010). Volatility transmission and spillover effects in the greater chinese stock markets: A garch-bekk approach. *Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies*, 3.
- Alemu, Z. G. e Biacuana, G. R. (2006). Measuring market integration in mozambican maize markets: A threshold vector error correction approach. *Contributed paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia, August*.
- Allison, P. D. (2010). *Survival Analysis Using SAS®: A Practical Guide*, 2nd ed. Cary: SAS Institute Inc.
- Arlindo, P. e Keyser, J. C. (2007). Mozambique case study.
- Bakucs, B. S., L. Z. e Ferto, I. (2007). Monetary impacts and overshooting of agricultural prices in a transition economy: The case of slovenia. In *103rd Seminar, April 23-25, 2007, Barcelona, Spain*. European Association of Agricultural Economists.

- Banerjee, A., Dolado, J. e Mestre, R. (1998). Error-correction mechanism tests for cointegration in a single-equation framework. *Journal of Time Series Analysis*, 19.
- Barnaud, C. *et al.* (2012). Rural poverty and diversification of farming systems in upper northeast thailand. *Moussons*, 9–10:157–187.
- Barrett, C. B. (2017). Commodity markets in developing countries. *World Development*, 22(3).
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31(3):307–327.
- Bollerslev, T., Engle, R. F. e Wooldridge, J. M. (1988). A capital asset pricing model with time-varying covariances. *Journal of Political Economy*, 96(1):116–131.
- Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Bueno, R. L. S. (2011). *Econometria de Séries Temporais*. São Paulo: Cengage Learning.
- Byerlee, D. (2018). Agricultural policies and food security. *Food Policy*, 28(4).
- Campbell, J. Y., Lo, A. W. e MacKinlay, A. C. (1997). *The econometrics of financial markets*. Princeton university press.
- Carrilho, J. *et al.* (2021). *The relative neglect of agriculture in Mozambique*. Tech. rep., United Nations University–World Institute for Development Economics Research, Helsinki, Finland.
- Carvalho, J. C. d., Pavan, L. S. e Hasegawa, M. M. (2020). Transmissões de volatilidade de preços entre commodities agrícolas brasileiras. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 58(3).
- Ceballos, F. *et al.* (2017). Grain price and volatility transmission from international to domestic markets in developing countries. *World Development*, 94:305–320.
- Chambale, P. L. (2021). Análise de transmissão de preço de milho nas cidades de maputo, beira e nampula no período entre janeiro de 2009 à janeiro de 2020. Trabalho de Licenciatura - Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.
- Chambo, J. J. (2013). Transmissão de preços de milho entre os mercados grossistas moçambicanos de maputo e nampala e o mercado sul africano, 2007-2013. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa.
- Cirera, X. e Arndt, C. (2008). Measuring the impact of road rehabilitation on spatial market efficiency in maize markets in mozambique. University of Copenhagen, Dinamarca.

- Conforti, P. (2004). Price transmission in selected agricultural markets.
- Costa, S. M. A. L. (1999). Relações de longo prazo entre preços nos mercados internacionais de arroz e milho. In *Anais do 37º Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*. Foz do Iguaçu: SOBER.
- Danquah, B. I. e Egyir, I. S. (2014). Factors that influence household demand for locally produced brown rice in ghana. *Volume*, (Número):14–25.
- Dickey, D. A. e Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive times series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74:427–431.
- Edward, E. O. *et al.* (2022). Rice price volatility and transmission: implications for food security in ghana. *Cogent Economics & Finance*.
- Enders, W. (1995). *Applied Econometric Time Series*. New York.
- Enders, W. (2004). *Applied Econometric Time Series*, 2nd ed. Wiley Series.
- Enders, W. (2015). *Applied Econometric Time Series*. Wiley.
- Engle, R. F. (2002). Dynamic conditional correlation—a simple class of multivariate garch models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3):339–350.
- Fackler, P. e Goodwin, B. K. (2000). Spatial price analysis: a methodological review. *Department of Agricultural and Resource Economics, North Carolina State University*.
- Faminon, M. D. e Benson, B. L. (1990). Spatial market integration. *American Journal of Agricultural Economics*.
- FAO (2005). *Rice is Life: International Year of Rice 2004 and Its Implementation*. Food & Agriculture Org.
- FAO (2010). *Policies for the effective management of food price swings in Africa. The transition of international maize price signals in eastern and southern Africa*.
- FAO (2014a). Análise de incentivos e desincentivos para arroz em moçambique. By Loganemio, Dolito Lucas, Rome.
- FAO (2014b). *The State of Food Insecurity in the World: Strengthening the Enabling Environment for Food Security and Nutrition*. Roma: FAO.
- FAO (2017). Monitoring price incentives for rice in mozambique. By Popat, M., Tostão, E., Fontes, F., e Chiziane, O., MAFAP, Rome.
- FAO (2018). Grains for gains: lowering mozambique’s external dependence on rice. By Popat, M., Tostão, E., e Vilanculos, O. C., MAFAP, Rome.

- FAO (2020). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets*. Rome: FAO.
- FAO (2021). *World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2021*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- FAO (2022). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022*. Rome, retrieved from <https://doi.org/10.4060/cc2211en>.
- FAO (2023). Global rice prices surge in 2023. *FAO Report*.
- FAOSTAT (2021). Culturas e produtos pecuários.
- FMI (2021). *GDP per capita, current prices, World Economic Outlook*.
- Foster, V. e Briceno-Garmendia, C. (2010). *Africa's Infrastructure: A Time for Transformation*. Washington, DC: A Co-publication of the Agence Française de Développement and the World Bank, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
- Gaio, L. E. e Capitani, D. D. (2019). O desempenho do hedge para contratos futuros de boi gordo: uma análise a partir das principais praças produtoras brasileiras. *Organizações Rurais & Agroindustriais*.
- Galvão, A. B. C., Portugal, M. S. e Ribeiro, E. P. (2000). Volatilidade e causalidade: Evidências para o mercado à vista e futuro de Índice de ações no brasil. *Revista Brasileira de Economia*, volume.
- Garrido, A. (2019). Agricultural markets analysis. *Journal of Agricultural Economics*, 35(2).
- Ghosh, M. (2000). Cointegration tests and spatial integration of rice markets in india. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 55.
- Goletti, F., Ahmed, R. e Farid, N. (1995). Structural determinants of market integration: The case of rice markets in bangladesh.
- Goodwin, B. K. e Pigott, N. E. (2001). Spatial market integration in the presence of threshold effects. *American Journal of Agriculture Economics*.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *The Econometric Society*, 37(3):424–438.
- HLPE (2020). *Food Security and Nutrition: Building a Global Narrative towards 2030*.
- Holt, M. T. e Aradhyula, S. V. (1998). Price risk in supply equations: An application of garch time-series models to the u.s. broiler market. *American Journal of Agricultural Economics*, 80(2):261–272.

- Ibikunle, J. A., Oyerinola, D. S. e Amos, A. D. T. (2022). Food inflation and child health in africa: Evidence from countries with high misery index. *Acta Economica*.
- JICA (2021). *Manual técnico da JICA para rizicultura em África: Revisão da Implementação da CARD 2008-2018*.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2):231–254.
- Johansen, S. (1995). *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*. Oxford University Press.
- Jones, R. (2016). Exploring factors influencing rice price variability: A case study of southeast asian markets. *Journal of Economic Development*, 28(2):215–230.
- Jones, R. (2018). Análise de sistemas dinâmicos: Explorando a relação entre função resposta ao impulso e decomposição da variância. *Journal of Dynamic Systems*, 15.
- Kalkuhl, M., Von Braun, J. e Torero, M., eds. (2016). *Food price volatility and its implications for food security and policy*. Springer Open.
- Kansiime, M. K., Asten, P. v. e Sneyers, K. (2018). Farm diversity and resource use efficiency: Targeting agricultural policy interventions in east africa farming systems. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*.
- Kilian, L. (2017). *Structural Vector Autoregressive Analysis*. Cambridge University Press.
- Krugman, P. R., Obstfeld, M. e Melitz, M. J. (2023). *Economia Internacional: Teoria e Política*, 12 ed. Bookman, edição Kindle.
- Kuang, Y. e Ng, C. T. (2018). Pricing substitutable products under consumer regrets. *International Journal of Production Economics*.
- Li, Y. e Giles, D. E. (2013). Modelling volatility spillover effects between developed stock markets and asian emerging stock markets. *International Journal of Finance and Economics*. Retrieved from [link] on January 22, 2014.
- Loganemio, D. (2014). Integração de preços de milho e mandioca no norte de moçambique.
- Lopes, H. C. (2016). O modelo estrutura-conduta-desempenho e a teoria evolucionária neoschumpeteriana: Uma proposta de integração teórica. *Revista de Economia Contemporânea*.
- Lutkepohl, H. (2005). *Applied Time Series Econometrics*. Cambridge: Cambridge University Press.

- MADER (2016). Transmissão de preços do arroz e milho entre moçambique e Ásia.
- MADER (2019). Plano nacional de desenvolvimento rural sostenible 2019-2023.
- MADER (2020). Programa nacional do arroz (pna) 2020-24. *Moçambique*.
- MADER (2021). *Strategic Plan for the Development of the Agrarian Sector II (PEDSA II)*. Draft version. Maputo, Mozambique.
- MADER (2022). *Programa Nacional do Arroz (PNA) 2020-2024*. Moçambique.
- Margarido, M. A. e Anefalos, L. C. (2001). Testes de co-integração utilizando o sas: teoria e aplicação. *Informações Econômicas*, 31.
- Margarido, M. A., Turolla, F. A. e Bueno, C. R. F. (2014). Análise da volatilidade e transmissão de preços entre os mercados internacionais de petróleo e soja. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 16(1).
- Margarido, M., Turolla, F. e Fernandes, J. (2001). Análise da elasticidade de transmissão de preços no mercado internacional da soja. *Pesquisa e Debaté*, 12(2):5–40.
- Marques, P. V. e Mello, P. C. d. (1999). *Mercados futuros de commodities agropecuárias: exemplos e aplicações aos mercados brasileiros*. Bolsa de Mercadorias & Futuro.
- MASA (2016). Programa nacional para o desenvolvimento do arroz (nrdp-2016-2027). Moçambique.
- MEF (2016). Pobreza e bem-estar em moçambique: Quarta avaliação nacional inquérito ao orçamento familiar - iof-2014/2015.
- Mendes, J. T. G. e Padilha Junior, J. B. (2007). *Agronegócio: uma abordagem econômica*. Pearson Prentice Hall.
- MINAGRIF (2020). Relatório de resultados da campanha agrícola 2018/2019. Gabinete de Estudos, Planeamento e Estatística.
- Mosca, J. (2015). Agricultura familiar em moçambique: ideologias e políticas. Maputo.
- Mosca, J. e Abbas, M. (2013). Preços e mercados de produtos agrícolas alimentares. Documento de trabalho: Observatório do Meio Rural.
- Mosca, J. e Abbas, M. (2016). Políticas públicas e agricultura. Maputo.
- Mosca, J. e Bruna, N. (2012). Balança comercial agrícola: para uma estratégia de substituição de importações? *Observador Rural*, (02).

- Mosca, J. e Nova, Y. (2019). Agricultura: Assim, não é possível reduzir a pobreza em moçambique. Maputo.
- Ndava, A. O. (2019). Análise dos contratos de integração entre produtores de arroz e a agroindústria wanbao no perímetro irrigado do rio limpopo em moçambique.
- Ndava, A. O., Cunha, C. A. d. e Wander, A. E. (2020). Análise dos contratos de integração entre produtores de arroz e a agroindústria wanbao no perímetro irrigado do rio limpopo em moçambique. *Foz do Iguaçu- PR: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural - SOBER*.
- Ngare, L., Sintowe, F. e Massingue, J. (2014). Analysis of price volatility and implications for price stabilization policies in mozambique. *European Journal of Business and Management*.
- Olila, D. O. *et al.* (2016). Testing for co-integration and granger causality: evidence from selected indigenous egg markets in kenya. *Journal of Marketing and Consumer Research*.
- Pahlavani, M., Wilson, E. e Worthington, A. (2005). Trade-gdp nexus in iran: an application of the autoregressive distributed lag (ardl) model. *American Journal of Applied Sciences*, 2.
- Paulo, A. M. (2011). Transmissão de preços de milho branco entre moçambique, malawi e zâmbia. *Mestrando em Economia Aplicada na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, Brasil*.
- Penzhorn, N. e Arndt, C. (2002). Maize markets in mozambique: Testing for market integration. *Agrekon*.
- Pereira, V. *et al.* (2010). Volatilidade condicional dos retornos de commodities agropecuárias brasileiras. *Revista de Economia*, 36(3):73–94.
- Pesaran, M. H. e Shin, Y. (1999). *An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis*. Cambridge University Press.
- Popat, M., Griffith, G. e Cacho, O. (2021). Infrastructure investments, regional trade agreements and agricultural market integration in mozambique. *Research Square*.
- Prince, A. D. (2020). Rice price volatility and transmission: implications for food security in ghana. Master Dissertation: University of Ghana, Legon.
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
- Reardon, T. (2016). Agricultural value chains. *Annual Review of Resource Economics*, 10(1).

- Santos, V. F. (2018). Impacto de hedge e especulação sobre a volatilidade dos mercados de commodities agrícolas: um estudo empírico para os eua e brasil. Dissertação de Mestrado Universidade Estadual de Campinas: Brasil.
- Schwartz, E. S. (1988). Equity valuation and negative earnings: The role of book value of equity. *Journal of accounting research*:286–296.
- SETSAN (2014). Relatório de estudo base de segurança alimentar e nutricional em 2013. Maputo: Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar.
- SETSAN (2015). Relatório da monitoria da situação de segurança alimentar e nutricional. Secretariado Técnico de Segurança Alimentar e Nutricional (SETSAN), Maputo.
- Sexton, R., Kling, C. e Carmen, H. (1991). Market integration, efficiency of arbitrage, and imperfect competition: methodology and application to us celery. *American Journal of Agricultural Economics*.
- Silva, C. A. G. d. (2021). Transmission of soybean commodity prices in the brazil and united states international market: Application of the autoregressive vector (var) and garch-bekk diagonal models. *Brazilian Journal of Development*.
- Silva, M. d. S. d., Lima, J. E. d. e Leal, P. d. Q. (2015). Análise da volatilidade multivariada das exportações brasileiras de grão e derivados da soja. *Revista Debate Econômico*, 3(1). Artigos.
- Silva, A. C., Oliveira Neto, O. J. e Figueredo, R. S. (2020). Brazilian meat market: price transmission. *Brazilian Journal of Development*.
- Silva, J. G. e Tavares, L. (2015). Segurança alimentar e a alta dos preços dos alimentos: oportunidades e desafios. *Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas*.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica*, 48.
- Smith, A., Johnson, B. e Garcia, C. (2018). Understanding rice price volatility: An empirical analysis. *Journal of Agricultural Economics*, 42(3):367–382.
- Stephens, E. C., Jones, A. D. e Parsons, D. (2018). Agricultural systems research and global food security in the 21st century: An overview and roadmap for future opportunities. *Journal of Agricultural Systems*.
- Stock, J. H. e Watson, M. W. (2007). *Introduction to Econometrics*. Pearson Education.
- Taylor, S. (2005). *Asset price dynamics, volatility, and prediction*. Princeton University Press.

- Tostão, E. e Brorsen, B. (2005). Spatial efficiency in mozambique's post-reform maize markets. *Department of Agricultural Economics, Oklahoma State University*.
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*, 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons.
- USDA (2018). *Grain and Feed Update*. Tech. rep.
- Vasconcellos, L. F. R., De Lucinda, C. R. e Pires, J. O. (2011). Determining factors in food prices: the impact of biofuels. *Cadernos FGV Projetos*, 6(17):59.
- Wander, A. E. e Silva, O. F. (2023). Importância econômica e social. *Embrapa Arroz e Feijão/Núcleo Temático de Socioeconomia*.
- Wander, A. E., Silva, O. F. e Ferreira, C. M. (2020). O arroz e o feijão no brasil e no mundo. *Embrapa Arroz e Feijão/Núcleo Temático de Socioeconomia*.
- Waquil, P. D., Miele, M. e Schultz, G. (2010). *Mercados e Comercialização de Produtos Agrícolas*. Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Yonis, M. (2011). *Stock Market Co-movement and Volatility Spillover between USA and South Africa*. Master's thesis.

ANEXOS

Tabela 5.1: Importações de Arroz de Cada País (em 1.000 t)

1000t País	2007	2018	Oscilação
Benim	660	1645	2,5
Burkina faso	153	245	1,6
Camarões	471	492	1,0
Africa Central	2	0	0,0
Costa de Marfim	899	1663	1,9
RDC	Na	Na	Na
Etiópia	45	208	4,6
Gambia	113	137	1,2
Gana	443	706	1,6
Guine Conacri	335	939	2,8
Quênia	265	620	2,3
Libéria	149	228	1,5
Madagascar	192	562	2,9
Mali	160	98	0,6
Moçambique	500	492	1,0
Nigéria	1247	852	0,7
Ruanda	20	30	1,5
Senegal	1069	1280	1,2
Serra leoa	115	343	3,0
Tanzânia	47	0	0,0
Togo	82	333	4,1
Uganda	74	87	1,2
Zambia	12	13	1,1
TOTAL	7053	10973	1,6

Fonte: JICA (2021)

Tabela 5.2: Teste de Estacionaridade para os Preços Médios Mensais do Arroz nas Cidades da Beira, Maputo, Nampula e Bangkok (Janeiro de 2003 a Janeiro de 2020)

Variável	ADF		PP		KPSS	
	Estatística	Valor Crítico	Estatística	Valor Crítico	Estatística	Valor Crítico
LBeira	-8.594	0.01**	-189.03	0.01**	0.0453	< 0.0001***
LMaputo	-4.2534	0.01**	-230.52	0.01**	0.3979	< 0.0001***
LNampula	-5.625	0.01**	-209.94	0.01**	0.0844	< 0.0001***
LBangkok	-6.8977	0.01**	-153.97	0.01**	0.0387	< 0.0001***

Nota: (***) Indica significância estatística ao nível de 1%, (**) Significativo a 5%

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

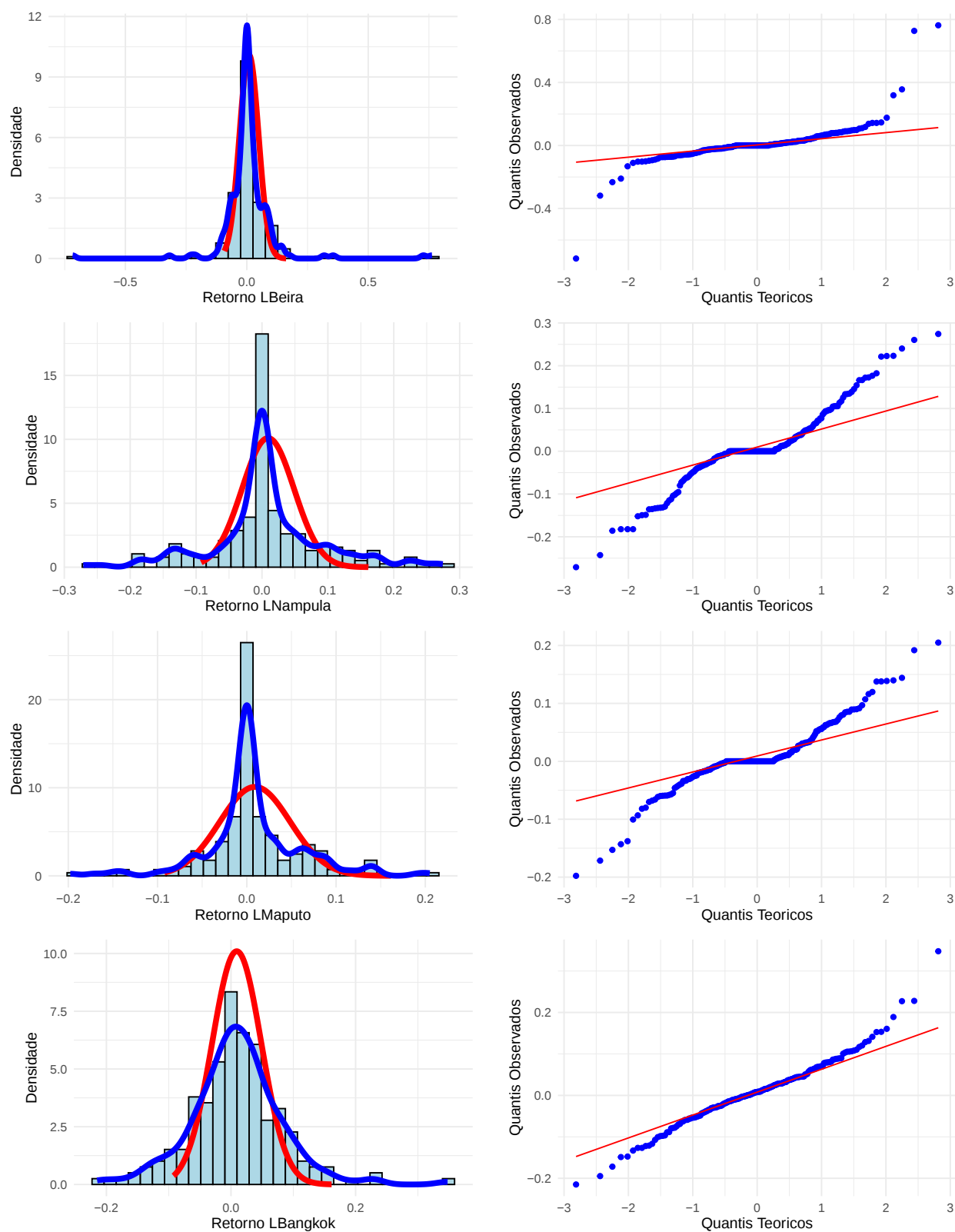


Figura 5.1: Histograma da distribuição e Plot Q-Q dos retornos dos preços médios mensais do arroz nos mercados de Beira, Nampula, Maputo e Bangkok.

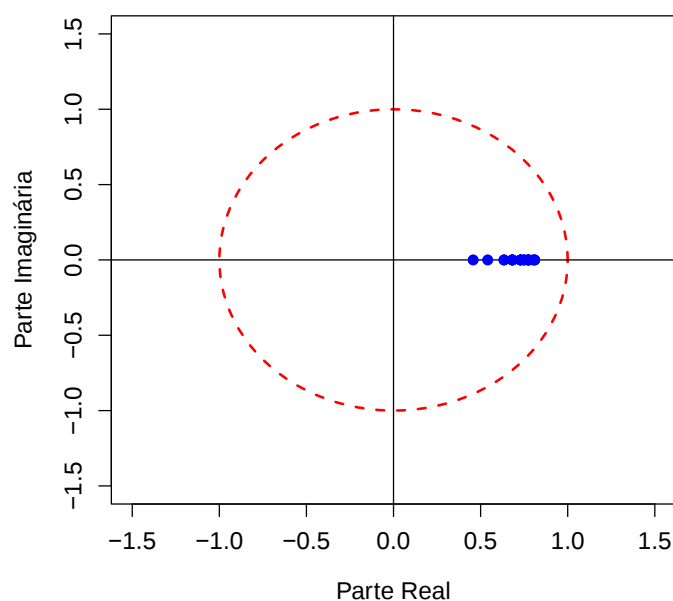
Fonte: Resultados da Pesquisa

Tabela 5.3: Teste de normalidade multivariada dos resíduos

Testes	χ^2	gl	P-valor
Teste de Jarque-Bera	1076.2	8	$< 0.0001^{***}$
Teste de Skewness	60.073	4	$< 0.0001^{***}$
Teste de Kurtosis	1016.1	4	$< 0.0001^{***}$

Nota: (***) Indica rejeição da hipótese nula ao nível de significância estatística de 1%

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

**Figura 5.2:** Estabilidade do modelo VEC

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 5.4: Estimativas dos Parâmetros de Curto Prazo do Modelo VEC

Equação para LBangkok				
Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Estatística-t	Probabilidade
Intercept	-0.0003	0.0061	-0.048	0.961
ECT	-0.0058	0.0069	-0.841	< 0.001 ***
Δ LBangkok (t-1)	-0.3823	0.0656	-5.827	< 0.001 ***
Δ LBeira (t-1)	-0.0233	0.0369	-0.633	0.528
Δ LMaputo (t-1)	0.0574	0.0823	0.697	0.487
Δ LNampula (t-1)	0.0641	0.0726	0.883	0.378
Equação para LBeira				
Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Estatística-t	Probabilidade
Intercept	-0.0020	0.0098	-0.204	0.839
ECT	0.0379	0.0110	3.442	< 0.001 ***
Δ LBangkok (t-1)	-0.1347	0.1056	-1.276	0.203
Δ LBeira (t-1)	-0.5001	0.0594	-8.424	< 0.001 ***
Δ LMaputo (t-1)	0.0070	0.1324	0.053	0.958
Δ LNampula (t-1)	-0.2968	0.1167	-2.543	0.012*
Equação para LMaputo				
Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Estatística-t	Probabilidade
Intercept	-0.0005	0.0045	-0.108	0.914
ECT	0.0175	0.0050	3.486	< 0.001 ***
Δ LBangkok (t-1)	-0.0592	0.0483	-1.225	0.222
Δ LBeira (t-1)	0.0441	0.0272	1.621	0.107
Δ LMaputo (t-1)	-0.5049	0.0605	-8.342	< 0.001 ***
Δ LNampula (t-1)	-0.0865	0.0534	-1.621	0.107
Equação para LNampula				
Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Estatística-t	Probabilidade
Intercept	0.0036	0.0061	0.595	0.552
ECT	-0.0813	0.0069	-11.757	< 0.001 ***
Δ LBangkok (t-1)	0.0021	0.0658	0.032	0.974
Δ LBeira (t-1)	-0.0720	0.0370	-1.945	0.053*
Δ LMaputo (t-1)	-0.4530	0.0825	-5.491	< 0.001 ***
Δ LNampula (t-1)	0.1819	0.0727	2.501	0.013 **

Nota: (***) Indica significância estatística ao nível de 1%, (**) Significativo a 5%, (*) Significativo a 10%

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

OUTPUTS

```

$selection
AIC(n)  HQ(n)  SC(n) FPE(n)
1      1      1      5
$criteria
1          2          3          4          5
AIC(n) -2.03982e+01 -2.031741e+01 -2.032667e+01 -2.038714e+01 -2.03531e+01
HQ(n)  -2.022340e+01 -2.007186e+01 -1.997198e+01 -1.992332e+01 -1.982235e+01
SC(n)  -2.002293e+01 -1.971100e+01 -1.945075e+01 -1.924170e+01 -1.898036e+01
FPE(n) 1.438340e-09 1.500989e-09 1.487957e-09 1.402041e-09 1.392868e-09
6          7          8          9          10
AIC(n) -2.034818e+01 -2.032756e+01 -2.023849e+01 -2.022418e+01 -2.013503e+01
HQ(n)  -1.966610e+01 -1.953634e+01 -1.933813e+01 -1.921469e+01 -1.901641e+01
SC(n)  -1.866372e+01 -1.837358e+01 -1.801500e+01 -1.773117e+01 -1.737251e+01
FPE(n) 1.463522e-09 1.498903e-09 1.645652e-09 1.678675e-09 1.848001e-09
=====
# Johansen-Procedure
=====
Test type: trace statistic , with linear trend
Eigenvalues (lambda):
[1] 0.5145514 0.4071574 0.3443614 0.2509551
Values of teststatistic and critical values of test:
      test  10pct  5pct  1pct
r <= 3 |  58.37  6.50  8.18 11.65
r <= 2 | 143.64 15.66 17.95 23.52
r <= 1 | 249.25 28.71 31.52 37.22
r = 0  | 395.24 45.23 48.28 55.43
#####
# Johansen-Procedure #
#####
Test type: maximal eigenvalue statistic (lambda max)
, with linear trend
Eigenvalues (lambda):
[1] 0.5145514 0.4071574 0.3443614 0.2509551
Values of teststatistic and critical values of test:
      test  10pct  5pct  1pct
r <= 3 |  58.37  6.50  8.18 11.65
r <= 2 |  85.27 12.91 14.90 19.19

```

```
r <= 1 | 105.61 18.90 21.07 25.75
r = 0 | 145.98 24.78 27.14 32.14
```

```
=====
```

VAR Estimation Results:

```
=====
```

Endogenous variables: LBeira, LMaputo, LNampula, LBangkok

Deterministic variables: const

Sample size: 199

Log Likelihood: 990.029

Roots of the characteristic polynomial:

```
0.8106 0.8106 0.801 0.7765 0.7765 0.7719 0.7719 0.7492 0.7492 0.7295 0.7295
0.7291 0.6826 0.6826 0.6815 0.6815 0.6342 0.6342 0.5407 0.4572
```

Call:

```
VAR(y = dados_df, p = 5, type = "const")
```

```
=====
```

Estimation results for equation LBeira:

```
=====
```

```
LBeira = LBeira.l1 + LMaputo.l1 + LNampula.l1 + LBangkok.l1 + LBeira.l2
+ LMaputo.l2
+ LNampula.l2 + LBangkok.l2 + LBeira.l3 + LMaputo.l3
+ LNampula.l3 + LBangkok.l3 + LBeira.l4 + LMaputo.l4 + LNampula.l4
+ LBangkok.l4 + LBeira.l5 + LMaputo.l5 + LNampula.l5
+ LBangkok.l5 + const
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
LBeira.l1	-0.279383	0.074252	-3.763	0.000228	***
LMaputo.l1	-0.046696	0.148260	-0.315	0.753163	
LNampula.l1	0.160601	0.094518	1.699	0.091034	.
LBangkok.l1	-0.003557	0.106375	-0.033	0.973362	
LBeira.l2	-0.188008	0.073867	-2.545	0.011770	*
LMaputo.l2	0.091300	0.145908	0.626	0.532291	
LNampula.l2	0.241197	0.094733	2.546	0.011742	*
LBangkok.l2	0.096546	0.105651	0.914	0.362045	
LBeira.l3	-0.311691	0.070060	-4.449	1.52e-05	***
LMaputo.l3	0.041777	0.145781	0.287	0.774770	
LNampula.l3	0.342765	0.098342	3.485	0.000619	***
LBangkok.l3	-0.156623	0.105105	-1.490	0.137951	
LBeira.l4	-0.324605	0.072179	-4.497	1.24e-05	***
LMaputo.l4	0.081585	0.144104	0.566	0.572001	

LNampula.14	0.125354	0.097537	1.285	0.200395
LBangkok.14	0.050912	0.105671	0.482	0.630542
LBeira.15	-0.187837	0.072913	-2.576	0.010801 *
LMaputo.15	0.321298	0.145469	2.209	0.028471 *
LNampula.15	0.089927	0.096150	0.935	0.350911
LBangkok.15	0.046593	0.105956	0.440	0.660661
const	0.005996	0.007943	0.755	0.451365

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1032 on 178 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.2639, Adjusted R-squared: 0.1812

F-statistic: 3.191 on 20 and 178 DF, p-value: 1.914e-05

=====

Estimation results for equation LMaputo:

=====

LMaputo = LBeira.11 + LMaputo.11 + LNampula.11 + LBangkok.11
 + LBeira.12 + LMaputo.12 + LNampula.12 + LBangkok.12 + LBeira.13
 + LMaputo.13 + LNampula.13 + LBangkok.13 + LBeira.14 + LMaputo.14
 + LNampula.14 + LBangkok.14 + LBeira.15 + LMaputo.15
 + LNampula.15 + LBangkok.15 + const

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
LBeira.11	0.058536	0.037060	1.579	0.1160
LMaputo.11	-0.141765	0.073998	-1.916	0.0570 .
LNampula.11	0.098213	0.047175	2.082	0.0388 *
LBangkok.11	-0.007482	0.053093	-0.141	0.8881
LBeira.12	0.030808	0.036868	0.836	0.4045
LMaputo.12	0.050931	0.072825	0.699	0.4852
LNampula.12	0.059466	0.047282	1.258	0.2102
LBangkok.12	0.070112	0.052732	1.330	0.1854
LBeira.13	-0.011010	0.034968	-0.315	0.7532
LMaputo.13	0.067562	0.072761	0.929	0.3544
LNampula.13	-0.048726	0.049084	-0.993	0.3222
LBangkok.13	-0.092421	0.052459	-1.762	0.0798 .
LBeira.14	-0.016997	0.036026	-0.472	0.6376
LMaputo.14	0.059849	0.071924	0.832	0.4065
LNampula.14	0.075212	0.048682	1.545	0.1241

LBangkok.14	0.071690	0.052742	1.359	0.1758
LBeira.15	-0.001170	0.036392	-0.032	0.9744
LMaputo.15	0.177557	0.072605	2.446	0.0154 *
LNampula.15	-0.011272	0.047990	-0.235	0.8146
LBangkok.15	0.011989	0.052884	0.227	0.8209
const	0.002479	0.003965	0.625	0.5325

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.05152 on 178 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.1618, Adjusted R-squared: 0.06763

F-statistic: 1.718 on 20 and 178 DF, p-value: 0.03402

=====
 Estimation results for equation LNampula:

=====
 LNampula = LBeira.11 + LMaputo.11 + LNampula.11 + LBangkok.11 + LBeira.12
 + LMaputo.12 + LNampula.12 + LBangkok.12 + LBeira.13 + LMaputo.13
 + LNampula.13 + LBangkok.13 + LBeira.14 + LMaputo.14 + LNampula.14
 + LBangkok.14 + LBeira.15 + LMaputo.15 + LNampula.15 + LBangkok.15 + const

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
LBeira.11	0.027136	0.057674	0.471	0.63856
LMaputo.11	-0.005497	0.115157	-0.048	0.96198
LNampula.11	-0.146356	0.073414	-1.994	0.04773 *
LBangkok.11	0.014588	0.082624	0.177	0.86006
LBeira.12	0.029578	0.057375	0.516	0.60682
LMaputo.12	0.103874	0.113331	0.917	0.36062
LNampula.12	-0.219302	0.073582	-2.980	0.00328 **
LBangkok.12	0.029935	0.082062	0.365	0.71570
LBeira.13	-0.011897	0.054417	-0.219	0.82720
LMaputo.13	-0.003354	0.113232	-0.030	0.97640
LNampula.13	-0.012482	0.076385	-0.163	0.87038
LBangkok.13	-0.047979	0.081638	-0.588	0.55747
LBeira.14	0.045657	0.056064	0.814	0.41651
LMaputo.14	0.233464	0.111929	2.086	0.03842 *
LNampula.14	0.052417	0.075760	0.692	0.48991
LBangkok.14	0.147341	0.082077	1.795	0.07433 .
LBeira.15	0.056132	0.056634	0.991	0.32297

```

LMaputo.15  -0.141030    0.112989   -1.248   0.21361
LNampula.15 -0.046462    0.074682   -0.622   0.53465
LBangkok.15 0.168318    0.082299    2.045   0.04231 *
const        0.005724    0.006170    0.928   0.35480

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.08018 on 178 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.1595, Adjusted R-squared: 0.06508

F-statistic: 1.689 on 20 and 178 DF, p-value: 0.03866

=====

Estimation results for equation LBangkok:

=====

```

LBangkok = LBeira.11 + LMaputo.11 + LNampula.11 + LBangkok.11 + LBeira.12
+ LMaputo.12 + LNampula.12 + LBangkok.12 + LBeira.13
+ LMaputo.13 + LNampula.13 + LBangkok.13
+ LBeira.14 + LMaputo.14
+ LNampula.14 + LBangkok.14 + LBeira.15 + LMaputo.15
+ LNampula.15 + LBangkok.15 + const

```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
LBeira.11	0.021114	0.051377	0.411	0.6816
LMaputo.11	0.165556	0.102584	1.614	0.1083
LNampula.11	0.035975	0.065399	0.550	0.5829
LBangkok.11	0.165714	0.073603	2.251	0.0256 *
LBeira.12	0.085106	0.051110	1.665	0.0976 .
LMaputo.12	0.057905	0.100957	0.574	0.5670
LNampula.12	-0.038842	0.065548	-0.593	0.5542
LBangkok.12	-0.008787	0.073102	-0.120	0.9045
LBeira.13	0.104160	0.048476	2.149	0.0330 *
LMaputo.13	-0.029606	0.100869	-0.294	0.7695
LNampula.13	-0.010780	0.068045	-0.158	0.8743
LBangkok.13	-0.007899	0.072724	-0.109	0.9136
LBeira.14	0.039658	0.049942	0.794	0.4282
LMaputo.14	0.069655	0.099709	0.699	0.4857
LNampula.14	-0.095514	0.067488	-1.415	0.1587
LBangkok.14	-0.171191	0.073116	-2.341	0.0203 *
LBeira.15	-0.006865	0.050450	-0.136	0.8919

```

LMaputo.15    0.166202    0.100653    1.651    0.1005
LNampula.15 -0.144535    0.066528   -2.173    0.0311 *
LBangkok.15 -0.050815    0.073314   -0.693    0.4891
const         0.006503    0.005496    1.183    0.2383

```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.07143 on 178 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.1657, Adjusted R-squared: 0.072

F-statistic: 1.768 on 20 and 178 DF, p-value: 0.0272

Covariance matrix of residuals:

```

          LBeira  LMaputo  LNampula  LBangkok
LBeira    0.0106559 0.0009957 0.0004587 0.0002029
LMaputo    0.0009957 0.0026545 0.0005051 0.0002542
LNampula   0.0004587 0.0005051 0.0064287 0.0001456
LBangkok  0.0002029 0.0002542 0.0001456 0.0051016

```

Correlation matrix of residuals:

```

          LBeira LMaputo LNampula LBangkok
LBeira    1.00000 0.18721  0.05542  0.02752
LMaputo    0.18721 1.00000  0.12227  0.06907
LNampula   0.05542 0.12227  1.00000  0.02543
LBangkok  0.02752 0.06907  0.02543  1.00000

```

=====

Model VECM

=====

Full sample size: 204 End sample size: 202

Number of variables: 4 Number of estimated slope parameters 24

AIC -3874.473 BIC -3785.15 SSR 7.538236

Cointegrating vector (estimated by ML):

```

          LBangkok  LBeira  LMaputo LNampula
r1           1      -1.992798 -9.244568 15.46498
ECT
          Intercept          LBangkok -1
Equation LBangkok -0.0058(0.0069)      -0.0003(0.0061)      -0.3823(0.0656)***
Equation LBeira    0.0379(0.0110)***    -0.0020(0.0098)      -0.1347(0.1056)
Equation LMaputo   0.0175(0.0050)***    -0.0005(0.0045)      -0.0592(0.0483)
Equation LNampula  -0.0813(0.0069)***    0.0036(0.0061)      0.0021(0.0658)
LBeira -1          LMaputo -1          LNampula -1

```

```
Equation LBangkok -0.0233(0.0369)      0.0574(0.0823)      0.0641(0.0726)
Equation LBeira   -0.5001(0.0594)***  0.0070(0.1324)      -0.2968(0.1167)*
Equation LMaputo  0.0441(0.0272)      -0.5049(0.0605)*** -0.0865(0.0534)
Equation LNampula -0.0720(0.0370).    -0.4530(0.0825)*** 0.1819(0.0727)*
```

```
=====
Ajustando um modelo GARCH multivariado com representação BEKK
=====
```

```
=====
MODELO BEKK(1,1)BEIRA
=====
```

```
> ret = dados_df[, c(1,2)] #Beira
> TB = BEKK11(ret)
Initial estimates:  0.009200262 0.00814916 0.07353081
-0.004306863 0.1126187 0.1 0.02
0.02 0.1 0.9 0.051 0.01 0.9
Lower limits:  -0.09200262 -0.0814916 0.01470616
-0.0008613725 0.02252374 1e-06 -0.5 -0.5 1e-06 1e-06 -0.5 -0.5 1e-06
Upper limits:  0.09200262 0.0814916 0.08088389 -0.004737549
0.1238806 0.999999 0.5 0.5 0.999999 0.999999 0.5 0.5 0.999999
Log likelihood function:  221.3873
```

```
Coefficient(s):
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
mu1.LBangkok	0.00920026	0.01156872	0.79527	0.426456
mu2.LBeira	0.00814916	0.01798061	0.45322	0.650391
A011	0.07353081	NaN	NaN	NaN
A021	-0.00430686	0.02042189	-0.21089	0.832970
A022	0.11261870	NaN	NaN	NaN
A11	0.10000000	0.07976067	1.25375	0.209933
A21	0.02000000	0.12450491	0.16064	0.872380
A12	0.02000000	0.05303761	0.37709	0.706106
A22	0.10000000	0.11781472	0.84879	0.395998
B11	0.90000000	0.01075281	83.69905	< 2e-16 ***
B21	0.05100000	0.02762312	1.84628	0.064852 .
B12	0.01000000	0.01123591	0.89000	0.373464
B22	0.90000000	0.01026424	87.68307	< 2e-16 ***

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Warning message:

In sqrt(diag(solve(Hessian))) : NaNs produced

=====

MODELO BEKK(1,1)MAPUTO

=====

> ret2 = dados_df[, c(1, 3)] #Maputo

> TM = BEKK11(ret2)

Initial estimates: 0.009200262 0.007667304 0.07353081

0.002201476 0.05425225 0.1 0.02 0.02 0.1 0.9 0.051 0.01 0.9

Lower limits: -0.09200262 -0.07667304 0.01470616 0.0004402953 0.01085045

1e-06 -0.5 -0.5 1e-06 1e-06 -0.5 -0.5 1e-06

Upper limits: 0.09200262 0.07667304 0.08088389 0.002421624 0.05967748 0.999999

0.5 0.5 0.999999 0.999999 0.5 0.5 0.999999

Log likelihood function: 562.1612

Coefficient(s):

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
mu1.LBangkok	0.009395331	0.004982440	1.88569	0.059337	.
mu2.LMaputo	0.003276118	0.002486933	1.31733	0.187727	
A011	0.070872013	0.012356761	5.73548	9.7234e-09	***
A021	0.000440295	0.004260043	0.10335	0.917681	
A022	0.010850451	NaN	NaN	NaN	
A11	0.000001000	0.001487415	0.00067	0.999464	
A21	0.145764522	0.026864013	5.42601	5.7626e-08	***
A12	-0.097518417	0.134242474	-0.72643	0.467572	
A22	0.572066537	0.090708258	6.30666	2.8511e-10	***
B11	0.229421122	0.680952738	0.33691	0.736183	
B21	-0.009231356	0.069859071	-0.13214	0.894872	
B12	0.134447086	0.163514363	0.82223	0.410944	
B22	0.827056246	0.037628035	21.97979	< 2.22e-16	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Warning message:

In sqrt(diag(solve(Hessian))) : NaNs produced

=====

MODELO BEKK(1,1)NAMPULA

=====

> ret3 = dados_df[, c(1,4)] #Nampula

> TN = BEKK11(ret3)

Initial estimates: 0.009200262 0.008067475 0.07353081 -0.001643733 0.08476745
 0.1 0.02 0.02 0.1 0.9 0.051 0.01 0.9
 Lower limits: -0.09200262 -0.08067475 0.01470616 -0.0003287465 0.01695349
 1e-06 -0.5 -0.5 1e-06 1e-06 -0.5 -0.5 1e-06
 Upper limits: 0.09200262 0.08067475 0.08088389 -0.001808106
 0.09324419 0.999999 0.5 0.5 0.999999 0.999999
 0.5 0.5 0.999999
 Log likelihood function: 275.7326

Coefficient(s):

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
mu1.LBangkok	0.00920026	0.01153397	0.79767	0.4250641
mu2.LNampula	0.00806747	0.01380968	0.58419	0.5590927
A011	0.07353081	NaN	NaN	NaN
A021	-0.00164373	0.01669693	-0.09845	0.9215788
A022	0.08476745	NaN	NaN	NaN
A11	0.10000000	0.07909919	1.26424	0.2061456
A21	0.02000000	0.09702180	0.20614	0.8366822
A12	0.02000000	0.07002963	0.28559	0.7751895
A22	0.10000000	0.08381133	1.19316	0.2328082
B11	0.90000000	0.01155438	77.89257	< 2.22e-16 ***
B21	0.05100000	0.01886625	2.70324	0.0068667 **
B12	0.01000000	0.01378149	0.72561	0.4680773
B22	0.90000000	0.01009930	89.11513	< 2.22e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Warning message:

In sqrt(diag(solve(Hessian))) : NaNs produced

Códigos do R

```
=====
Carregar os pacotes
=====
library(rugarch)
library(ggplot2)
library(readxl)
library(zoo)
library(tseries)
library(urca)
library(tidyverse)
library(quantmod)
library(moments)
library(fGarch)
library(astsa)
library(lmtest)
library(vars)
library(svars)
library(MTS)
library(rmgarch)
library(tsDyn)
=====
Importação da base de dados
=====
dadosArroz <- read_excel("C:/Users/carmilindo/Desktop/MEA/Modelos
de Volatilidade/Draft da Dissertacao/ARROZ/MODELOS DE VOLATILIDADE/MODELO
ARCH E GARCH/dadosArroz.xls")
View(dadosArroz)
head(dadosArroz)
=====
Converter em séries temporais
=====
Beira <- ts(dadosArroz$PBew, start = c(2003,1,1), frequency = 12)
Maputo <- ts(dadosArroz$PMpt, start = c(2003,1,1), frequency = 12)
Nampula <- ts(dadosArroz$PNpl, start = c(2003,1,1), frequency = 12)
Bangkok <- ts(dadosArroz$PTail, start = c(2003,1,1), frequency = 12)
df1 <- cbind(Beira, Maputo, Nampula, Bangkok)
=====
```

```
Comportamento da série de preços do arroz - Análise gráfica
=====
dadosArroz$data <- as.Date(dadosArroz$data)
df_melted <- reshape2::melt(dadosArroz, id.vars = "data", variable.name
= "Legenda", value.name = "valor")
ggplot(df_melted, aes(x = data, y = valor, color = Legenda))
+geom_line() +
labs(title = "Evolução dos preços do arroz no mercado doméstico
e tailandês entre janeiro de 2003 e janeiro de 2020",
x = "Tempo",
y = "Preços Médios Mensais do Arroz") +
theme_minimal()
=====

Calcular estatísticas descritivas
=====
summary(df1)
desvio <- sd(Beira)
print(desvio)
assimetria <- skewness(df1)
print(assimetria)
curtose <- kurtosis(df1)
print(curtose)
resultado_jb <- jarque.bera.test(Beira)
print(resultado_jb)
=====

Calcular os retornos dos preços médios mensais
=====
LBeira <- diff(log(Beira))
LMaputo <- diff(log(Maputo))
LNampula <- diff(log(Nampula))
LBangkok <- diff(log(Bangkok))

retornos_totais <- cbind(LBangkok, LBeira, LMaputo, LNampula)
head(retornos_totais)
df <- cbind(LBangkok, LBeira, LMaputo, LNampula)
head(df)
dados_df <- as.data.frame(df)
head(dados_df)
== =====
```

Criar o gráfico de Teste de Normalidade Histograma usando ggplot2

```
=====
grafico_normalidade <- ggplot(dados_df, aes(x = LMaputo)) +
geom_histogram(aes(y = ..density..), bins = 30, color = "black",
fill = "lightblue") + labs(x = "Retorno", y = "Densidade") +
theme_minimal()
print(grafico_normalidade)
=====
```

Criar o gráfico Teste de Normalidade Q-Q usando ggplot2

```
=====
grafico_qqplot <- ggplot(dados_df, aes(sample = LMaputo)) +
stat_qq(color = "blue") +
stat_qq_line(color = "red") +
labs(x = "Quantis Teóricos", y = "Quantis Observados") +
theme_minimal()
print(grafico_qqplot)
=====
```

Estacionaridade e raiz unitária para a série de retornos (Teste ADF e KPSS)

```
=====
adf_retorno <- adf.test(LBeira)
print(adf_retorno)
kpss_retorno <- ur.kpss(LBeira)
print(kpss_retorno)
pp_retorno <- pp.test(LBeira)
print(pp_retorno)
=====
```

Converter a série temporal LBeira em um dataframe

Criar o gráfico de linha dos retornos para LBeira

```
=====
df_LBangkok <- data.frame(Date = time(LBangkok ), Return = as.vector(LBangkok ))
ggplot(df_LBangkok , aes(x = Date, y = Return)) +
geom_line(color = "NavyBlue", size = 1.2) +
labs(x = "Tempo", y = "Retorno LBangkok ") +
theme_minimal() +
theme(panel.grid.major = element_blank())
=====
```

Determinar o número de defasagens usando critérios de informação

```
== =====
```

```
lag_selection <- VARselect(data_ts, lag.max = 10,
type = "const")
# Exibir os resultados
print(lag_selection)
# Número de defasagens sugerido pelo critério AIC
optimal_lag_AIC <- lag_selection$selection["AIC(n)"]
# Número de defasagens sugerido pelo critério BIC
optimal_lag_BIC <- lag_selection$selection["SC(n)"]
# Número de defasagens sugerido pelo critério HQ
optimal_lag_HQ <- lag_selection$selection["HQ(n)"]
cat("Número de defasagens sugerido pelo AIC:",
    optimal_lag_AIC, "\n")
cat("Número de defasagens sugerido pelo BIC:",
    optimal_lag_BIC, "\n")
cat("Número de defasagens sugerido pelo HQ:",
    optimal_lag_HQ, "\n")
=====

Realizar o teste de cointegração de Johansen
=====

teste_johansen_arroz <- ca.jo(dados_df, type = "trace", ecdet = "none",
K = 2, spec = "longrun", season = NULL, dumvar = NULL)
summary(teste_johansen_arroz)
plotres(teste_johansen_arroz)
=====

Estimação do modelo VAR
=====

ModVar <- VAR(dados_df, p = 4, type = "const")
summary(ModVar)
plot(ModVar)
normality.test(ModVar)
plotres()
=====

Ajustar o modelo VECM
=====

vecm_model <- VECM(dados_df, lag = 1, estim = "ML")
summary(vecm_model)

var1 <- vec2var(teste_johansen_arroz, r = 1)
summary(var1)
```

```
=====
Estabilidade do VAR
=====
```

```
dev.new()
autovalores <- roots(ModVar)
plot(Re(autovalores), Im(autovalores), pch = 15, col = "blue", xlim =
c(-1.5, 1.5), ylim = c(-1.5, 1.5), xlab = "Parte Real", ylab = "Parte
Imaginária", cex.axis = 1.2, cex.lab = 1.2)
theta <- seq(0, 2 * pi, length.out = 100)
circulo_unitario <- data.frame(x = cos(theta), y = sin(theta))
lines(circulo_unitario$x, circulo_unitario$y, col = "red", lty = 2, lwd = 2)
=====
```

```
Dados das equações de cointegração
=====
```

```
dados <- data.frame(
variaveis = c("LBangkok", "LBeira", "LMaputo", "LNampula"),
coeficientes = c(-0.0003, -0.0020, -0.0005, 0.0036),
erro_padrao = c(0.0061, 0.0098, 0.0045, 0.0061))
=====
```

```
Gráfico de pontos com barras de erro
=====
```

```
ggplot(data = dados, aes(x = variaveis, y = coeficientes, fill = variaveis)) +
geom_point(size = 5, shape = 21) +
geom_errorbar(aes(ymin = coeficientes - erro_padrao,
ymax = coeficientes + erro_padrao),
width = 0.3, color = "red") +
labs(x = "Variável", y = "Coeficiente (%)") +
theme_minimal() +
scale_y_continuous(labels = scales::percent) +
guides(fill = guide_legend(title = "Variáveis"))
=====
```

```
Análise de causalidade de Granger
=====
```

```
grangerBeira <- causality(ModVar, cause = "LBeira")
print(grangerBeira$Granger)
=====
```

```
Análise das funções de respostas aos impulsos
=====
```

```
irfN_Nampula_Beira <- irf(ModVar, impulse = "LNampula",
```

```
response = "LBeira", n.ahead = 12, boot = TRUE, run = 200)
irf_data_Nampula_Beira <- data.frame(irfN_Nampula_Beira$irf)
irf_ci_upper_Nampula_Beira <- data.frame(irfN_Nampula_Beira$Upper)
irf_ci_lower_Nampula_Beira <- data.frame(irfN_Nampula_Beira$Lower)
irf_data_Nampula_Beira$tempo <- seq_len(nrow(irf_data_Nampula_Beira))

ggplot(irf_data_Nampula_Beira, aes(x = tempo, y = LBeira)) +
  geom_line(color = "black", size = 1) +
  geom_ribbon(aes(ymin = irf_ci_lower_Nampula_Beira$LBeira,
ymax = irf_ci_upper_Nampula_Beira$LBeira), fill = "blue", alpha = 0.2) +
  geom_line(aes(y = irf_ci_upper_Nampula_Beira$LBeira),
  colour = 'red', linetype = "dashed", size = 1) +
  geom_line(aes(y = irf_ci_lower_Nampula_Beira$LBeira),
  colour = 'red', linetype = "dashed", size = 1) +
  labs(x = "Meses após o choque", y = "Beira",
  title = "Resposta de Beira ao Choque de Nampula") +
  theme_minimal()
```

```
=====
  Decomposição da variância do erro de previsão
=====
dv <- fevd(ModVar, n.ahead = 12)
print(dv)
=====
  Ajustando um modelo GARCH multivariado com representação BEKK
=====
ret = dados_df[, c(1,2)] #Beira
TB = BEKK11(ret)
ret2 = dados_df[, c(1, 3)] #Maputo
TM = BEKK11(ret2)
ret3 = dados_df[, c(1,4)] #Nampula
TN = BEKK11(ret3)
```