



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA

**ANÁLISE DE VOLATILIDADE E PREVISÃO DOS PREÇOS DAS
PRINCIPAIS *COMMODITIES* BRASILEIRAS (CAFÉ, MILHO E
SOJA) DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19 ATRAVÉS DE
MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS**

MAURÍCIO DO NASCIMENTO VIEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2023



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ANÁLISE DE VOLATILIDADE E
PREVISÃO DOS PREÇOS DAS
PRINCIPAIS *COMMÓDITIES*
BRASILEIRAS (CAFÉ, MILHO E
SOJA) DURANTE A PANDEMIA DE
COVID-19 ATRAVÉS DE MODELOS
DE SÉRIES TEMPORAIS**

MAURÍCIO DO NASCIMENTO VIEIRA

**ORIENTADORA: PROFA. DRA. FABIANA
CARMANINI RIBEIRO**

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ARMANDO FORNAZIER

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO/ EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

MARÇO/2023

**PUBLICAÇÃO: NÚMERO DA
DISSERTAÇÃO/TESE/ANO(12)**

**BRASÍLIA/DF
MARÇO/2023**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA (11)

**ANÁLISE DE VOLATILIDADE E
PREVISÃO DOS PREÇOS DAS
PRINCIPAIS *COMMODITIES*
BRASILEIRAS (CAFÉ, MILHO E
SOJA) DURANTE A PANDEMIA DE
COVID-19 ATRAVÉS DE MODELOS
DE SÉRIES TEMPORAIS**

MAURÍCIO DO NASCIMENTO VIEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO/ SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE/DOCTOR EM AGRONOMIA. (12)

APROVADA POR:

**FABIANA CARMANINI RIBEIRO, DRA. / UnB / CPF: 059.119.796-08/
facarmanini@unb.br**

MAÍSA SANTOS JOAQUIM, DRA. / UnB / CPF: 868.435.911-91 / maisajoaquim@unb.br

**AFFONSO AMARAL DALLA LIBERA, DR. / IFMT / CPF: 979.190.980-68/
affonso.libera@ifmt.edu.br**

BRASÍLIA/DF, DIA de MÊS de ANO (data da defesa). (12)

FICHA CATALOGRÁFICA

Vieira, Maurício do Nascimento

Análise de volatilidade e previsão dos preços das principais *commodities* brasileiras (café, milho e soja) durante a pandemia de COVID-19 através de modelos de séries temporais/ Maurício do Nascimento Vieira. – Brasília, 2023.

120 p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2023.

1. Previsões. 2. Volatilidade de preços. 3. Economia. 4. Agricultura. I. Ribeiro, F. C.

II. Título.

CDD ou CDU
Agris / FAO

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VIEIRA, M. N. **Análise de volatilidade e previsão dos preços das principais *commodities* brasileiras (café, milho e soja) durante a pandemia de COVID-19 através de modelos de séries temporais.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2023, 106 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Maurício do Nascimento Vieira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Análise de volatilidade e previsão dos preços das principais *commodities* brasileiras (café, milho e soja) durante a pandemia de COVID-19 através de modelos de séries temporais.

GRAU: Mestre

ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: Maurício do Nascimento Vieira

CPF: 034.594.791-97

Endereço. Quadro 34, Lote 14, Jardim Pinheiro 1, Águas Lindas de Goiás – GO.

Tel. (61) 982025322

Email:nascimentovieira.mauricio@gmail.com

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	10
3.1 OS SISTEMAS DE CULTIVO	10
3.1.1 Café	12
3.1.2 Soja	14
3.1.3 Milho	16
3.2.IMPORTÂNCIA DA PREVISIBILIDADE DE PREÇOS	18
3.3.IMPACTO DA CRISE DE COVID-19 NA ECONOMIA	22
3.4.IMPACTO DO CÂMBIO NA VOLATILIDADE DOS PREÇOS.....	29
3.5.INFLUÊNCIA DO MERCADO FUTURO E <i>HEDGE</i>	39
3.6.TRANSMISSÃO DE PREÇOS DE <i>COMMODITIES</i>	52
4. REFERENCIAL METODOLÓGICO	60
4.1 VOLATILIDADE HISTÓRICA.....	60
4.2 MODELOS DE HETEROCEDASTICIDADE CONDICIONAL	60
4.3 DESCRIÇÃO DOS MODELOS ARCH, GARCH, EGARCH E TGARCH.....	63
4.3.1 Modelo ARCH	65
4.3.2 Modelo GARCH	66
4.3.3 Modelos EGARCH e TGARCH	67
4.4 MODELO ARIMA	69
5. MATERIAIS E MÉTODOS	69
5.1 COLETA DE DADOS.....	70
5.2 TRANSFORMAÇÕES NAS SÉRIES	72
5.2.1 LOGARTIMO NAS SÉRIES DE RETORNOS	72
5.2.2 USO DA PRIMEIRA DEFASAGEM	73
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
6.1 VOLATILIDADE DO CAFÉ.....	76
6.2 VOLATILIDADE DO MILHO	82
6.3 VOLATILIDADE DA SOJA.....	89
6.4 PREVISÃO MENSAL DOS PREÇOS DAS <i>COMMODITIES</i>	95
6.4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS DAS PREVISÕES	99

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

RESUMO

O início da pandemia de COVID-19, no começo do ano de 2020, gerou uma série de instabilidades que impactaram o mundo do ponto de vista econômico. Essa crise impôs a necessidade de implantação de políticas públicas destinadas às soluções no âmbito da saúde pública. As consequências disso não se concentraram apenas na área da saúde, mas impactaram vários âmbitos da sociedade, como o aumento do desemprego, o desarranjo da cadeia de suprimentos e os problemas financeiros de empresas não preparadas para situações de crise. De um lado, a população viu sua renda diminuir, ocasionando problemas sociais; por outro lado, os produtores tiveram problemas na cadeia de suprimentos com o aumento dos custos no geral. Essa série de instabilidades trouxe ao mercado global o aumento do risco para o produtor e a perda do poder de compra do consumidor. Nesse cenário, este trabalho analisa a volatilidade de preços das principais *commodities* agrícolas brasileiras, sendo escolhidas para serem analisadas a Soja, o Café e o Milho, abrangendo o período da pandemia de COVID-19 (entre 2015 a 2021). Essas culturas possuem uma importância extrema para a economia e a história brasileira. A análise se dá da seguinte forma: os dados de preços dessas *commodities* foram coletados entre os anos de 2015 e 2021, sendo comparada a volatilidade dos preços de 2015 a 2019 com a volatilidade de 2020 a 2021 (anos da pandemia). Também foi feita a previsão dos preços de 2020 a 2021 e comparados com os dados reais desse período, podendo-se concluir como os preços dessas *commodities* se comportaram nesse período. Os modelos usados nessa análise serão da família ARCH, por serem já bastante consagrados como ferramentas poderosas para modelar a volatilidade condicional de séries financeiras. Os resultados de volatilidade apresentam que os anos de 2015, 2016 e 2021 possuem alta volatilidade para essas *commodities*, sendo que nesses anos ocorreram crises (crise política brasileira – 2015/2016; e crise da pandemia COVID-19 – 2020/2021). Essas crises foram o estopim na pressão de alguns desses fatores que diretamente afetam os preços dessas *commodities*, como câmbio, custos para os produtores e oferta/demanda; mas também os preços foram extremamente influenciados por fatores não ligados a essas crises, como fatores climáticos.

Palavras-chave: previsões, volatilidade dos preços, economia, agricultura.

ABSTRACT

The beginning of the COVID-19 pandemic in early 2020 generated a series of instabilities that impacted the world from an economic standpoint. This crisis imposed the need for the implementation of public policies aimed at solutions in the public health sphere. The consequences of this did not only concentrate on the healthcare sector but impacted various aspects of society, such as increased unemployment, disruption of the supply chain, and financial problems for companies unprepared for crisis situations. On the one hand, the population saw its income decrease, causing social problems; on the other hand, producers had problems in the supply chain with the overall increase in costs. This series of instabilities brought an increase in risk to the global market for producers and a loss of purchasing power for consumers. In this scenario, this work analyzes the price volatility of the main Brazilian agricultural commodities, with Soybean, Coffee, and Corn being chosen to be analyzed, covering the period of the COVID-19 pandemic (between 2015 and 2021). These crops are of extreme importance to the Brazilian economy and history. The analysis is done as follows: the price data for these commodities was collected between 2015 and 2021, and the volatility of prices from 2015 to 2019 was compared with the volatility of 2020 to 2021 (pandemic years). Price forecasts for 2020 to 2021 will also be made and compared with the actual data for this period, allowing conclusions to be drawn about how the prices of these commodities behaved during this period. The models used in this analysis will be from the ARCH family, as they are already well known as powerful tools for modeling the conditional volatility of financial series. The volatility results show that the years 2015, 2016, and 2021 have high volatility for these commodities, and crises (Brazilian political crisis - 2015/2016; and COVID-19 pandemic crisis - 2020/2021) occurred in those years. These crises were the trigger for some of the factors that directly affect the prices of these commodities, such as exchange rates, costs for producers, and supply/demand, but prices were also heavily influenced by factors not related to these crises, such as climate factors.

Key-word: forecasts, price volatility, economy, agriculture.

1. INTRODUÇÃO

O início da pandemia de COVID-19 em meados de março de 2020 ocasionou um comprometimento da economia mundial e do Brasil, gerando implicações nos mercados e no ambiente social. Isso impôs a necessidade de implantação de políticas públicas destinadas às soluções dessas variadas problemáticas. Esses problemas não se concentraram apenas na área da saúde, mas, em vários âmbitos da sociedade, como aumento do desemprego e fechamento de empresas não preparadas para as situações de crises. No Brasil, choques aconteceram durante a pandemia, entre eles estão: paralisação econômica, desarranjo das cadeias de suprimento e volatilidade no preço de insumos e *commodities*. Tudo isso implicando na redução do consumo e acarretando na diminuição da disponibilidade de investimentos (TÁVORA, 2020).

Para mitigar a situação econômica preocupante do país, o governo implementou ações que visavam sanar os problemas causados pelas medidas de isolamento, que geraram interrupções nas atividades econômicas e redução de consumo. Para isso, o Banco Central do Brasil (BCB) reduziu as taxas de juros para o menor nível já registrado no Brasil, compensando a queda no consumo. Quanto aos problemas causados na renda dos trabalhadores, o governo inseriu programas de transferência de renda para manutenção da subsistência dos que perderam a renda durante a pandemia (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020).

Em relação ao impacto da pandemia na economia Brasileira, segundo Ministério da Economia (2020), o Produto Interno Bruto (PIB) no ano de 2020 ficou negativo, com uma queda de cerca de 8%, devido à drástica redução da produção industrial no país, e também da queda na oferta de serviços e produtos. Assim, uma das consequências da queda de produção foi o aumento da inflação generalizada, em que o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), que mede a inflação, indicou um aumento significativo dos preços de produtos consumidos no ambiente familiar, além de já ter sido constatado uma queda da renda das famílias.

Todo esse contexto da pandemia implicou na flutuação dos preços de produtos de consumo para o consumidor final, mas também gerou incertezas para os produtores agrícolas. Assim, o objetivo da presente dissertação é analisar nos

últimos anos a volatilidade e previsão dos preços das principais *commodities* brasileiras (milho, café e soja), através de medidas quantitativas, podendo inferir como as incertezas do mercado influenciou nesse comportamento.

No desenvolvimento desse trabalho será apresentado em quatro partes: a primeira seção de referencial será desenvolvida o arcabouço teórico sobre efeitos da pandemia na economia mundial e do Brasil, volatilidade e previsão de preços e *commodities* agrícolas brasileiras; na segunda seção, apresentar-se a metodologia que essa dissertação usará para chegar aos objetivos, explicando métodos quantitativos e teóricos utilizados; já a terceira seção apresentará a análise de dados com interpretações mais restritas; e na quarta seção, a conclusão da dissertação, demonstrando as implicações gerais dos resultados encontrados e sugestões para outras abordagens.

2. OBJETIVOS

2.2. OBJETIVO GERAL:

Analisar a volatilidade nos preços das principais *commodities* agrícolas brasileiras com a pandemia de COVID-19, sendo escolhidas para serem analisadas a Soja, o Café e o Milho.

2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- I. Entender e descrever os fatores que influenciam os preços das *commodities* em estudo;
- II. Definir e apresentar os modelos ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH de séries temporais;
- III. Estudar e definir o modelo Arima para previsão de preços e os modelos da família ARCH para estudo de volatilidade;
- IV. Fazer previsão de preços para as *Commodities* do estudo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Os sistemas de cultivo

Segundo Romeiro (1998), o desenvolvimento agrícola exige o envolvimento de muitas variáveis, como ecológicas, socioeconômicas, político institucional, cultural e tecnológico; observando a relativa importância de cada uma delas se modificando com o tempo.

Santilli (2009) relata o histórico do sistema de produção agrícola. Segundo ele, na antiguidade era predominante o sistema e associação das culturas de cereais e criação de gado, que ocasionava baixa produtividade. Ainda na idade média predominava o sistema de consórcio, porém surgiu o uso de novas tecnologias que causou o aumento de produção de excedentes. Na modernidade surgiram sistemas de culturas de cereais e forrageiras sem pousio, que aumentou consideravelmente a produção e de excedentes comercializáveis, também acontecendo o fortalecimento da integração com a criação de gado.

Esse novo sistema de produção de cultivo provou ser altamente equilibrado no quesito ecológico, extremamente produtivo e adequado às regras agrônomicas para estabelecer a posição de cada cultura no esquema de rotação, também respeitando o equilíbrio de circunstâncias econômicas. Assim, a prática da monocultura foi introduzida através do advento de novos meios de produção e uso de produtos químicos (ROMEIRO, 1998).

Entre o fim da década de 1950 até o início de 1960, o modelo agrícola começou a se caracterizar pela introdução de insumos químicos, mecânicos e biológicos, promovendo padronização intensa das práticas agrícolas e artificialização do ambiente natural. Esse novo sistema foi chamado de “Revolução Verde”. Já nos anos de 1990 houve a introdução da biotecnologia em sistema de cultivo com mudanças tecnológicas implantadas pela evolução científica (SANTILLI, 2009).

Esse modelo de agricultura globalizada e científica exige o aparato de bens científicos e de assistência técnica, em que os produtos seriam escolhidos por uma base mercantil, gerando uma estrita obediência aos mandamentos técnicos e científicos, sendo essas condições regendo os processos de plantação, colheita, armazenamento, empacotamento, transporte e comercialização da produção agrícola (SANTOS, 2006).

No início dos anos 2000 para Delgado (2010), o mercado global de *commodities* começou a se expandir, impulsionado pelo rápido crescimento da

economia chinesa, o que resultou em um aumento notável do comércio exterior nesse período. Ainda para o autor, essa expansão teve um grande impacto na economia brasileira, principalmente no aspecto de suas relações internacionais. Além disso, houve uma forte conexão com a economia agrícola brasileira, derivada do chamado 'boom de *commodities*' dos anos 2000, que experimentou uma reversão completa do ciclo descendente dos preços das terras, que ocorreu nos anos 90, inaugurando um novo ciclo de aumento de preços a partir da década de 2000. Essa mudança foi impulsionada pelo crescimento das *commodities*, bem como por um conjunto de políticas internas que promoveram a expansão do setor agropecuário no Brasil, conhecido como "agronegócio" (DELGADO, 2010).

O sistema de cultivo desempenha um papel crucial na resposta à volatilidade dos preços das *commodities*. Práticas agrícolas adequadas, tecnologias e gerenciamento de riscos afetam diretamente a oferta e a disponibilidade das culturas. Um sistema de cultivo eficiente e adaptado às condições locais otimiza a produção, reduz perdas e maximiza a produtividade. A diversificação de culturas e práticas sustentáveis de manejo contribui para mitigar os riscos e reduzir a dependência de uma única *commodity*. Compreender e aprimorar o sistema de cultivo é essencial para enfrentar os desafios impostos pela volatilidade dos preços das *commodities*, garantindo a sustentabilidade e competitividade do setor agrícola.

3.1.1. Café

O café faz parte da história do Brasil. O Brasil se tornou um importante exportador de café para o resto do mundo após a independência da República, sendo que o país já em 1945 era responsável por cerca de 45% do café no mundo, se tornando assim o maior exportador mundial de café. A indústria da cafeicultura proporcionou diversos benefícios para o Brasil, devido ao café foram criadas redes ferroviárias, rodovias foram asfaltadas e a energia elétrica e industrialização tiveram cobertura ampliada, portanto, foi devido ao café que as regiões mais desenvolvidas do país chegaram nesse patamar (REVISTA CAFEICULTURA, 2006).

Desde a década de 1980 o mercado de café vem se tornando cada vez mais competitivo, com aprimoramento da gestão do conhecimento em toda sua

cadeia produtiva, sendo um dos principais segmentos da indústria de alimentação e bebidas mundial, podendo ser considerada uma das *commodities* mais comercializadas do mundo (TRAUER *et al.*, 2017).

O café é considerado uma das principais *commodities* comercializadas no mundo, sendo produzido em mais de 60 países em desenvolvimento e consumido principalmente nos países desenvolvidos, em que ao menos 14 desses países têm em suas exportações mais de 10% representada no café. Além disso, estima-se que cerca de 25 milhões de pessoas se sustentam da cafeicultura, sendo que 100 milhões de pessoas podem estar envolvidas nos processos da cadeia produtiva do café, demonstrando a importância desse mercado no mundo. A qualidade do café está relacionada principalmente com o aroma, aspecto, cor, número de defeitos e o gosto da bebida, relacionando de acordo com um conjunto de fatores físicos que influenciam todas as etapas, desde a pré-colheita até a pós-colheita (TRAUER *et al.*, 2017).

A etapa da colheita é imprescindível para gerar um produto de qualidade e deve ser levada em conta a melhor época do ano para seu início, respeitando o modo adequado para cada região de plantação devido às características de cada lavoura. Essa etapa se inicia quando 70% dos frutos estão maduros, que no Brasil geralmente ocorre no período do ano de abril a maio. As opções para cultivo são amplas, pois o café apresenta variabilidade genética, com cerca de 90 espécies, sendo que necessita levar em consideração alguns critérios essenciais no momento de escolher qual variedade a ser cultivada (CARNEIRO, 2021).

A qualidade do café é influenciada por diversas razões, relacionadas tanto por fatores ambientais quanto por fatores que vão além do cultivo, como questões logísticas de transportes, também por questões que envolvem o beneficiamento e pela distância geográfica entre os países produtores e países que beneficiam a torrefação do café (TRAUER *et al.*, 2017).

Ainda segundo Carneiro (2021), depois de plantar a variedade de café escolhida, o pé de café leva cerca de 18 meses para se desenvolver. No caso do Brasil há uma predominância em duas espécies de café, sendo as espécies de café arábica e o café robusta. A colheita geralmente é feita de forma manual ou mecanizada, que por sua vez ocorre de sete a oito meses após floração. A colheita manual, também chamada de derriça total no pano, sendo o método mais

utilizado no Brasil em que os frutos seriam colhidos em diferentes estágios de maturação. Em contrapartida na colheita manual seletiva é apenas colhido os frutos cereja, sendo o método utilizado para obter melhor qualidade do café, em que os frutos verdes poderão ser colhidos somente no momento de maturação, necessitando mais de uma colheita.

3.1.2. Soja

Atualmente a soja é cultivada de forma diferente de seus ancestrais, pois eram plantas rasteiras presentes na costa leste da Ásia. A soja evoluiu com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais de duas espécies de soja selvagens em que foram dominadas e melhoradas por agricultores da China antiga (EMBRAPA, 2015).

No quesito volume de produção a cultura de soja é uma das culturas mais importantes para o Brasil. O Brasil se destaca como maior exportador de produtos derivados da soja, como grão, farelo e óleo de soja, sendo o maior produtor do grão no mundo com cerca de 123.829,5 milhões de toneladas na safra de 2021/2022 (MAPA, 2022; EMBRAPA, 2022).

As áreas para o plantio de soja e culturas de oleaginosas são importantes alternativas fitotécnicas para a ocupação das áreas agrícolas. Esse processo de sucessão agrícola é muito importante para acontecer a quebra no processo de multiplicação de pragas, doenças e plantas daninhas (AMBROSANO, 2012).

Devido à necessidade de produção mundial de alimentos, causada pelo aumento da demanda populacional, a exportação brasileira de soja se fortaleceu. Sendo assim, para o Brasil ser destaque mundial na produção de soja, foi necessária a adoção de tecnologias de manejo capazes de maximizar a produção, transformando o Brasil para o patamar de potência agrícola (ABAG, 2015).

Para Bezerra *et al.* (2015), toda essa revolução na produção da soja, vem acontecendo desde a década de 1970, ocorrendo no Brasil principalmente no bioma Cerrado, localizado no Centro-Oeste do país, e os principais fatores responsáveis por essa expansão da produtividade de soja no Brasil podem ser citados como: estabelecimento de parques industriais de processamento de soja; aumento da demanda de soja no mercado internacional; programas

governamentais que incentivaram a compra de máquinas agrícolas e insumos e o desenvolvimento de pesquisas.

O melhoramento de plantas possibilitou o plantio de soja em diversas regiões do Brasil, regiões que até então eram tidas como desfavoráveis para a cultura da soja. Algo que também contribuiu para esse desenvolvimento foi o uso de tecnologias e máquinas cada vez mais sofisticado, também chamado de agricultura de precisão, com base na tecnologia da informação por meio de computadores e do *Global Position System* (GPS), que possibilitou o mapeamento das áreas de produção e aplicação muito precisa dos insumos, aumentando a eficiência nas áreas plantadas e tendo impacto no aumento da produtividade (VALE, 2017).

Com o passar dos anos, a produção da cultura da soja conquistou grande valor econômico no agronegócio e cresce cada vez mais. No Brasil, a cultura de soja já é o principal grão para comercialização, e esse crescimento vem dos fatores de consolidação da oleaginosa ser importante fonte de proteína vegetal para atendimento a demanda dos setores voltados a produtos de origem animal (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Diante disso, boa parte do mercado de soja é voltada para diversos setores alimentícios desde comércio *in natura*, farelo, óleos, derivados, até setor de biocombustíveis. Portanto, é importante ressaltar que o avanço tecnológico e manejo de produção proporcionam sustentabilidade para a agricultura do Brasil, onde uma melhor governança ajudou na maximização dos lucros do produtor (GAZZONI, 2012).

Para Pontes *et al.* (2009) em meados dos anos de 1970 a expansão da cultura de soja ocorreu, devido o interesse na indústria de óleos. Ainda em 1975 a produção de soja era feita com cultivares e técnicas originadas dos Estados Unidos, porém apenas na região Sul do Brasil era possível produzir em grande escala, em que a cultura da soja obtinha ambiente e condições parecidas a seu país de origem. Desse modo, houve a criação de outras cultivares que se adaptavam às demais localidades do Brasil permitindo estabilidade para produção de soja.

A cultura de soja é típica de países temperados, porém, ao ser adaptada ao território brasileiro, vem sendo uma das culturas que mais se estabeleceu no

país. Seu cultivo iniciou nos estado da região Sul nos anos de 1970, se expandindo para região do cerrado na década de 1980. Já em 1990 as áreas em que se concentrava seu cultivo já havia um grande progresso na região central do país sendo muito associada ao expansionismo da lavoura de soja no cerrado. Com esse progresso, já em 2003 e 2004 o Brasil se tornou um grande exportador da soja, sendo essa cultura representando cerca de 8% das exportações do país (DOMINGUES *et al.*, 2014).

É importante ressaltar o papel fundamental da Embrapa e seus investimentos em pesquisa, os quais viabilizaram a adaptação da soja a regiões de baixas latitudes, conhecida como "tropicalização" da cultura. Graças a essa conquista histórica, a soja pôde ser cultivada com sucesso em áreas localizadas entre o trópico de Capricórnio e a linha do Equador. Essa realização dos cientistas brasileiros causou uma verdadeira revolução na indústria global da soja, e seu impacto começou a ser notado pelo mercado a partir do final da década de 80, ganhando ainda mais destaque na década de 90, quando os preços da soja iniciaram uma queda significativa devido a sua disponibilização causada por essa adaptação. (EMBRAPA, 2023).

3.1.3. Milho

Além da importância do milho no quesito produção, a cultura também se destaca pela utilidade e variedade de uso. Além da alimentação humana e animal de forma mais direta, pode-se produzir uma variedade enorme de produtos, como bebidas, polímeros, e combustíveis (MIRANDA, 2018).

Para a Companhia Nacional de Abastecimento - Conab (2019), no Brasil o milho é cultivado predominantemente em dois períodos do ano, sendo chamados de safra e safrinha. Essa cultura tem grande importância para a economia do Brasil por sua enorme contribuição no mercado.

De acordo com dados da Conab (2018), a produção de milho no Brasil vem crescendo cada vez mais, principalmente nos últimos dez anos. Isso porque o milho é fonte de alimentação para a população mundial e para os animais, como bovinos, suínos e aves para produção de carne. Conforme dados de 2018 divulgados pela Conab, o país se manteve na terceira posição no quesito produção de milho, sendo esta colocação mantida por longos anos, atrás apenas dos Estados Unidos e da China que são grandes produtores mundiais e com alta

tecnologia implementada. Dados mais recentes informados por FIESP (2022) para safra 2021/2022 mostram que esse ranking de maiores produtores se matém com Estados Unidos em primeiro lugar, com produção de 383 milhões de toneladas; China em segundo, com produção de 272 milhões de toneladas; e Brasil em terceiro lugar, produzindo 115 milhões de toneladas.

Coelho (2009) descreve a ocorrência de mudanças relacionadas ao sistema de produção por meio de uma melhoria da qualidade do solo através da adubação, rotação de culturas, manejo da fertilidade, inoculação e irrigação, entre outras. A produção agrícola no Brasil se dá pela divisão em duas safras: a primeira sendo a safra de verão e a segunda safra de inverno (conhecida como safrinha).

Segundo Franchini *et al.* (2011) para que a safra de milho seja sustentável é fundamental que ela seja inserida em um sistema de rotação de culturas diversificado, assegurando que produza uma quantidade adequada de resíduos culturais na superfície do solo. O milho é essencial para compor os sistemas de rotação de culturas, tanto no verão quanto também no inverno.

O Brasil é um dos principais produtores e exportadores mundiais de milho, soja e café, desempenhando um papel crucial na economia do país. Essas culturas têm impacto direto no setor agrícola, na indústria de alimentos, na balança comercial e no PIB brasileiro. O milho está relacionado à indústria de ração animal, a soja é amplamente utilizada na produção de óleos vegetais e farelo, enquanto o café é parte da cultura e tradição brasileira, além de ser um produto de exportação relevante. Essas culturas influenciam a identidade do país, sendo consumidas na alimentação e presentes em festividades regionais. A volatilidade de preços no mercado internacional é característica dessas *commodities*, influenciada por fatores climáticos, demanda global, políticas governamentais e oscilações cambiais. Estudar a volatilidade de preços é fundamental para entender os riscos e oportunidades, além de desenvolver estratégias de gestão de risco para produtores e indústrias envolvidas.

Compreender o processo de plantio, cultivo e colheita do milho, soja e café é de extrema importância para compreender a volatilidade dos preços dessas culturas. Esses aspectos estão intrinsecamente ligados aos fatores que influenciam a oferta e demanda dessas *commodities* no mercado. Ao conhecer as

práticas agrícolas, como a época adequada de plantio, as técnicas de cultivo, as condições climáticas favoráveis e a produtividade esperada, é possível obter uma avaliação mais precisa da disponibilidade dessas culturas ao longo do ano. Além disso, compreender as etapas de colheita, armazenamento e logística de distribuição é essencial para analisar a oferta e a capacidade de abastecimento do mercado. Mudanças nessas etapas podem impactar a produção e, conseqüentemente, influenciar os preços dessas *commodities*. Portanto, um conhecimento aprofundado do ciclo de produção é essencial para identificar os fatores impulsionadores da volatilidade e embasar a tomada de decisões no mercado.

3.2. Importância da previsibilidade de preços

A vontade de prever o futuro é um desejo antigo da humanidade, pois as previsões possuem o objetivo de satisfazer a curiosidade das pessoas sobre um determinado tema, com o intuito de fazer as pessoas tomarem as melhores decisões ou para formar consensos em determinado assunto. Visto isso, as previsões possuem importância em diversas áreas, por exemplo, no *marketing*, demografia, economia e gestão de riscos (MAKRIDAKIS, 1990; MONTGOMERY; JENNINGS; KULAHCI, 2008).

Segundo a tese do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), citada por Ribeiro (2013), o retorno de um ativo está fortemente relacionado com o seu risco. Ou seja, se um mercado tem uma baixa volatilidade, então, investir nesse mercado tem um risco menor, contudo o retorno também tende a ser menor, no caso contrário, ativo com alto risco tem um potencial de retorno igualmente maior.

Para Deaton e Laroque (1992), entre as principais características do mercado de *commodities* está a alta volatilidade, trazendo aos investidores a oportunidade de obter ganhos elevados, mas também um elevado grau de risco possibilitando também elevadas perdas.

Diversos fatores influenciam o preço de ativos, segundo Borensztein e Reinhart (1994) no caso dos preços das *commodities* existem dois fatores que ajudam a explicar sua variação, sendo o estado do ciclo de negócios dos países industrializados e a taxa de câmbio do dólar, pois a maioria das *commodities* é cotada em dólares.

Devido ao elevado risco em relação ao preço de mercado que caracteriza a comercialização de *commodities*, torna-se importante a previsão de preços para todos os interessados nesse mercado, que assim podem tomar as melhores decisões sobre o melhor momento de comprar e de vender para que consigam controlar melhor o risco. Devido a esse cenário, o mercado futuro de *commodities* vem sendo cada vez mais utilizado para diversificação. Portanto, esses agentes de mercado veem os modelos de previsão de preços como fundamentais para ajudar na tomada de decisão (RIBEIRO, 2013).

Segundo Borensztein e Reinhart (1994), os mercados de *commodities* possuem uma importante função na transmissão de perturbações entre países, sendo que ligam os países importadores aos países produtores, portanto, qualquer variação de preço ou quantidade negociada irá afetar as economias desses países. Com isso, um prévio conhecimento do preço futuro poderá evitar algumas perturbações ou instabilidades na economia destes países.

Os modelos de previsão são divididos em dois grandes grupos: modelos quantitativos e modelos qualitativos. Nos modelos quantitativos são aplicados no momento em que a informação quantitativa é suficiente para realizar as previsões, sendo subdivididos em modelos de séries temporais e modelos explicativos. Nos modelos de séries temporais as previsões são produzidas a partir de dados do passado disponíveis no tempo. Já os modelos explicativos não se baseiam em dados passados, uma vez que assumem que a variável que será prevista apresenta uma relação de natureza explicativa com uma ou mais variáveis independentes, sendo que qualquer alteração que ocorra nas variáveis independentes irá afetar a variável a ser prevista (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Muitos economistas, especialmente aqueles que trabalham em empresas e governos, estão empenhados em prever as flutuações econômicas de curto prazo. Economistas do setor privado estão empenhados em fazer previsões para ajudar suas empresas a planejarem mudanças no ambiente econômico. Os economistas do governo estão interessados em fazer previsões por dois motivos: no primeiro, o ambiente econômico atinge diretamente o governo; por exemplo, o país onde a economia está localizada afeta o volume de impostos arrecadados pelo governo. Em segundo lugar, o governo pode influenciar a economia por meio

do uso de políticas monetárias e fiscais. Portanto, a previsão econômica é um insumo importante para o planejamento de políticas. Um dos métodos que os economistas usam para chegar a previsões é analisar indicadores antecedentes, variáveis que tendem a flutuar antes da economia como um todo. As previsões podem variar, em parte porque os economistas têm opiniões diferentes sobre os indicadores mais confiáveis. Os indicadores antecedentes estão longe de serem previsões precisas do futuro, porque as flutuações econômicas de curto prazo são amplamente imprevisíveis. No entanto, é uma informação de planejamento útil para empresas e governos (MANKIWI, 2015).

A racionalidade conduz agentes econômicos a investir em específica atividade produtiva, a partir da percepção de certas condições que se apresentam, com base nas expectativas de futuro, sendo postas pelos seguintes fatores:

De fato, a incerteza está relacionada ao grau de informações consistentes, mas insuficientes que o agente possui no momento da tomada de decisão. O risco, no que lhe concerne, os leva a crer que a possibilidade de eventos econômicos acontecerem, por sua vez, remetem de forma reducionista à estatística como forma de probabilidade mensurável do futuro. (CARVALHO *et al.*, 2019, p. 6).

Devido à existência de limitações na previsão dos cenários econômicos, que antecipadamente gera deficiências para obtenção de informações que abasteçam a tomada de decisão, a partir de uma perspectiva de um ambiente não-ergódico, se exaure a existência de previsibilidade exata de cenários econômicos futuros, pois as informações *a priori* disponíveis não são suficientes para formar probabilidades aceitáveis que determinam quaisquer tipos de eventos, nem a criticidade dos seus efeitos sobre a economia, portanto, isso causará sempre no campo probabilístico um grau de incerteza que predomina sobre a escolha do agente (CARVALHO *et al.*, 2019).

Há um momento da tomada de decisão que o agente econômico se depara com a incerteza ou o risco no instante de investir. Isso se dá pela limitação de informações ou da pouca confiabilidade que dispõe o agente, não possuindo condições para mensurar resultados e assim calcular suas expectativas em relação ao retorno do investimento. Essas expectativas para o investimento levam em

consideração a probabilidade de ocorrência dos resultados esperados, ocasionando a figura do risco na tomada de decisão. Assim, Carvalho *et al.* (2019, p. 23) sustentam que:

Em contra partida, o risco pode ser ajuizado de forma criteriosa, caso o agente alcance conhecimentos e informações suficientemente para presumir, através de cálculos econométricos-estatísticos, certas probabilidades em relação a um determinado ciclo de negócio como, por exemplo, nos mercados financeiros, títulos e jogos, em que o risco *ex ante* pode ser estimado e avaliado (previamente). Isto ocorre porque os investidores “conseguem” avaliar informações e designar uma distribuição de probabilidades referentes à possibilidade de uma variação que causem efeitos futuros, positivos ou negativos, quando ocorrerem.

Ainda Carvalho *et al.* (2019, p.21) reiteram que:

A não possibilidade em prever os cenários econômico-financeiros coloca as expectativas dos agentes em um estado de insegurança quando se trata das alternativas e da preferência na alocação de recursos indispensáveis para uma dada atividade econômica. Neste contexto, o alcance de informações essenciais para a tomada de decisão oferece aos agentes econômicos a oportunidade de atribuir perspectivas de retornos (ou perdas) e, como efeito, construir altos níveis de confiança.

Segundo Carvalho *et al.* (2019), as expectativas balizam a tomada de decisão de investir na produção, dada as dificuldades encontradas na previsão do cenário econômico, em que os agentes econômicos assegurem maior segurança sobre o ambiente que se espera obter no futuro. De fato, os agentes utilizam essas expectativas para determinar o nível de segurança e confiança no mercado a fim de maximizar seus interesses. Nesse contexto, o agente pondera suas perspectivas futuras na intenção de formar suas expectativas, para assim, alcançar algum grau de confiança na economia, e poder assumir determinada ação, determinando qual melhor escolha econômica na sua decisão. Assim, são estimulados a atribuir uma probabilidade a suas decisões econômicas, e conseqüentemente, a seus impactos para manter uma relação lógica entre a medida de possibilidades. Portanto, em tempos de instabilidade a incerteza afeta a confiabilidade dos agentes na economia como um todo. Visto isso, Carvalho *et*

al. (2019, p. 06) observam que:

(...) diante da possibilidade de ocorrência de algum evento (econômico), que incida em perdas financeiras; ou a não obtenção dos retornos esperados nos investimentos e em ativos para os agentes econômicos, há um estado de euforia que os levam a tomar suas decisões sobre poupar, investir ou reter um ativo mais líquido como uma espécie de critério de segurança ante um ambiente e futuro econômico-político incerto, em que são levados a uma situação que alocam a sua percepção para um fator psicológico até certo ponto irracional.

3.3. Impacto da crise de COVID-19 na economia

No final de 2019, na China surgiu a COVID-19, e foi declarada como pandemia pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em 11 de março de 2020, tendo como principal medida de contenção da doença a gradual implementação de medidas de isolamento e de fechamento de espaços públicos e privados. O confinamento, que acarretou no encerramento das atividades econômicas, fechamento de fronteiras, intervenção dos governos com promoção de políticas de incentivo ao comércio nacional, culminou na quebra da produção, vendas e diminuição do consumo interno, e interrupção das cadeias de suprimentos (STRANGE, 2020).

Segundo OMS (2020) a COVID-19 é uma doença causada pelo novo coronavírus SARS-CoV-2, sendo identificado pela primeira vez em dezembro de 2019 após o surgimento de múltiplos casos em Wuhan, na China. Nesse período as consequências se propagaram por toda economia mundial, dada o impacto na cadeia de suprimentos e da circulação de serviços, capitais e pessoas, provando que nenhum país está imune aos impactos sanitários e econômicos, a não ser que o país esteja isolado do mundo.

Baldwi e Weder Di Mauro (2020) afirmam que alguns dos efeitos da pandemia na economia serão mais persistentes, principalmente devido às interrupções que as empresas, indivíduos e governos estavam enfrentando, indicando um risco para globalização e integração mundial. As cadeias e empresas de suprimentos podem ter sido abruptamente afetadas pelo choque de saúde, em que a economia global vem sendo fortemente afetada por esse evento raro e de forte impacto, chamado de *black swan* (IMAI *et al.*, 2020), que provoca

os chamados *Lockdowns* (LIN *et al.*, 2020) nas cadeias globais de valor e uma retração na demanda de bens e serviços em virtude das políticas de isolamento social como as quarentenas.

A crise da COVID-19 se espalhou pelo mundo rapidamente e gerou choques econômicos em ritmo e dimensão jamais vistos na história, superando inclusive a crise do Subprime de 2008 e da grande depressão de 1929, como aborda Roubini (2020, p. 1) em artigo:

[...] nesses dois episódios anteriores, os mercados de ações caíram 50% ou mais, os mercados de crédito congelaram, as falências em massa seguiram-se, as taxas de desemprego subiram acima de 10%, e o PIB contraiu a uma taxa anualizada de 10% ou mais. Mas tudo isso levou cerca de três anos para acontecer. Na crise atual, resultados macroeconômicos e financeiros igualmente terríveis se materializaram em três semanas.

A COVID-19 provocou muita volatilidade nos mercados de ativos financeiros, em especial às bolsas de valores mundiais. Uma medida para medir o clima de medo no mercado é o chamado índice do S&P 500 VIX. Em resumo, o índice VIX (*Volatility Index*), ou VIX Index mais conhecido como índice do medo, é um dos índices do mercado de ações americanas. Mais especificamente, o VIX é um número usado para medir as expectativas do mercado em relação às 500 ações americanas do Standard & Poor's pelos meses seguintes (WARREN, 2020).

O índice do S&P 500 VIX durante a pandemia em 2020 passou a registrar um alto nível de pontuação e oscilação, que superou o observado na crise de 2008. O diferencial dessa crise para as outras, e que fez ser a pior dos últimos tempos em termos de volatilidade se dá no fato do uso de *lockdown* no setor real da economia, levando ao derretimento no valor dos ativos financeiros em escala sem precedente, como explica Roubini (2020, p. 1) na seguinte afirmação sobre o início da pandemia:

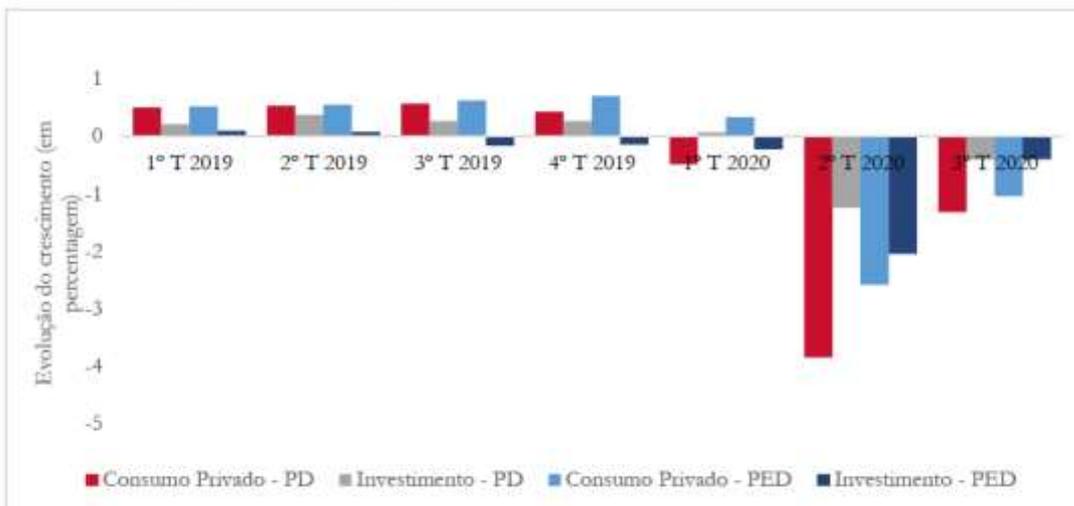
No início deste mês, levou-se apenas 15 dias para o mercado de ações dos EUA despencar (uma queda de 20% em relação ao seu pico) – o declínio mais rápido de todos os tempos. Agora, os mercados caíram 35%, os mercados de crédito avançaram e os *spreads* de crédito subiram para níveis de 2008. Mesmo as principais empresas financeiras

como Goldman Sachs, JP Morgan e Morgan Stanley esperam que o PIB dos EUA caia em uma taxa anualizada de 6% no primeiro trimestre de 24% a 30%, no segundo. O secretário do Tesouro dos EUA, Steve Mnuchin, alertou que a taxa de desemprego pode subir para mais de 20% (o dobro do nível máximo durante a Crise Financeira Global de 2008).

É credível que essa crise da COVID-19 demonstra algumas diferenças em relação às crises anteriores, não só pela dimensão da redução da atividade econômica mundial, provocada principalmente pelo elevado nível de incerteza que rapidamente levou a uma instabilidade nos mercados financeiros e de *commodities*. De fato, essa crise pode ser considerada singular, principalmente por sua natureza decorrente de problemas de saúde pública com consequências econômicas e sociais jamais vistas (BLOOM; KUHN; PRETTNER, 2018).

O fechamento econômico, como medida adotada pelos governos, conduziu a uma elevada redução do consumo e produção, gerando uma contração econômica e aumento do nível de desemprego e queda da renda (COIBION *et al.*, 2020; STRANGE, 2020). A Figura 1 mostra um grande decréscimo no consumo privado (demanda) e nos investimentos (oferta) nas economias desenvolvidas e em desenvolvimento, sendo que no 2º e 3º trimestres de 2020 esses impactos são perceptíveis com queda acentuadas nesses trimestres. Portanto, de modo igual os países tiveram suas economias negativamente impactadas, tanto os países desenvolvidos quanto os países em desenvolvimento.

Figura 1 – Evolução do Investimento e Consumo Privado



Nota: PD – Países desenvolvidos; PED – Países em desenvolvimento; T - Trimestre.

Fonte: Cunha (2021, p. 26)

No setor alimentar, já foi verificado problemas de distribuição, escoamento da produção, logística de acesso e contaminações em unidades de processamento, devido a alguns efeitos da pandemia nessa cadeia global. (SCHNEIDER *et al.*, 2020).

A queda da renda dos trabalhadores, o aumento dos preços e a inflação sobre os alimentos são problemas emergentes da pandemia que impacta a economia mundial. No contexto da pandemia, problemas como as variações cambiais e demanda externa se combina com comportamento da oferta e da demanda doméstica formando um cenário preocupante para a situação da alimentação no mundo. De modo geral, analistas de todas as áreas, como consultores e especialistas estimam que a situação da pandemia causada pela COVID-19 deverá impactar negativamente de diversas maneiras e intensidades a produção, a distribuição e a oferta de alimentos (SCHNEIDER *et al.*, 2020).

Em análise da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe e a Organização Pan-Americana da Saúde - Cepal-Opas (2020), mostram que a recessão dos países da América Latina e Caribe poderia vir acompanhada de um grande aumento do desemprego, podendo chegar a 13,5% da população economicamente ativa (PEA). Em nota técnica da Organização Internacional do Trabalho - OIT (2020) a diminuição dessa taxa de ocupação poderia aumentar o número de pessoas que procuram emprego de 26 milhões de pessoas para 41 milhões, sendo que isso poderia vir acompanhado de uma gradual deterioração da qualidade dos empregos disponíveis e redução da renda desses trabalhadores.

Os estudos de organizações internacionais sugerem um cenário de recessão na economia global, devido tanto a retração do crescimento do PIB como também do acesso a renda do trabalho. Levando em consideração que o Brasil e América Latina já estavam em um processo de desaceleração de suas economias até antes mesmo da pandemia, o cenário se torna preocupante (SCHNEIDER *et al.*, 2020).

O quadro se complica pela alta volatilidade dos preços dos alimentos na

América Latina e Caribe. Dados da Cepal e Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO (2020) indicam que entre 2019 e 2020 o componente alimentar do índice de preços ao consumidor aumentou em 4,6%, sendo que o índice geral de inflação aumentou em 1,2%. O mais preocupante em relação à inflação causada no contexto da pandemia é que os preços estão mais alto justamente nos itens que compõem a cesta básica, o que afeta de forma extremamente negativa as populações pobres e vulneráveis, justamente as pessoas mais afetadas pelo desemprego e perda da renda.

Para Kreter e Souza Jr. (2020), nesse cenário de crise e contração na economia causada pela pandemia, ao analisar apenas o desempenho da agricultura e agronegócio brasileiro os dados indicam uma tendência de alta e crescimento, tanto no que se refere ao crescimento da produção geral, quanto ao PIB setorial, sendo que o próprio Ministério da Economia (2020) afirma que a crise econômica provocada pela pandemia teve pouco efeito nas exportações brasileiras por causa do desempenho do agronegócio brasileiro. Essa afirmação confirma a percepção de que o Brasil tem um agronegócio forte e competitivo que funciona como ferramenta de inserção comercial e ingresso de divisas externas para o país (BASTOS, 2020).

Segundo Mattei (2020) muitos analistas da área do agronegócio dizem que a competitividade do agronegócio brasileiro prospera independentemente dos governos brasileiros, e mesmo num cenário de pandemia poderá se manter como importante e catalizador da economia brasileira. Há outros fatores que fazem o setor do agronegócio com crescimento, mesmo com a pandemia, um deles seria o fator do câmbio, principalmente por causa da forte desvalorização que o real teve perante o dólar que ocorre desde o início de 2020, e se acentuou com a os efeitos da pandemia da COVID-19. O câmbio se tornou extremamente favorável e potencializou as exportações a partir da comercialização da safra 2019/2020, que apresentou os maiores valores do dólar no Brasil. Assim, o fato é que o agronegócio brasileiro se situa no “*global food trade game*” como um importante *player* em face de seu tamanho e potencial de oferta. Portanto, pode-se afirmar que os principais setores do agronegócio brasileiro voltados para os mercados externos estão diante de um cenário aparentemente favorável (MIGUEL; PELLICER, 2020).

Segundo Soendergaard *et al.* (2020) houve quedas brutas na oferta e demanda em vários setores econômicos, sinalizando para uma recessão do mercado global, marcada por incertezas e instabilidades. Olhando esse panorama, espera-se que pessoas de todo o mundo procurem por soluções para que os danos causados sejam mínimos, para que em breve haja a diminuição de problemas.

O agronegócio poderá ser um fator de total importância para que a crise sanitária do COVID-19 seja superada no Brasil. Para Soendergaard *et al.* (2020) seria necessário estratégias e políticas bem elaboradas para manter a segurança alimentar de toda população, afastando os riscos e a elevação dos preços.

Para Araújo (2007), na década de 1990, fundamentos do agronegócio começam a surgir, primeiramente, com a criação do termo agribusiness que teve seus segmentos incorporados pela Associação Brasileira de Agronegócio (ABAG), sendo: insumos, produtos agropecuários, processadores, indústrias de alimentos e fibras, distribuidores e áreas de apoio financeiro, acadêmico e de comunicação.

O conceito de agronegócio se refere ao setor produtivo, agrícola e pecuário, também as indústrias de insumo, beneficiamento, estocagem, embalagens e comercialização. Assim, essas atividades se enquadram tanto as grandes propriedades quanto as pequenas, gerando o ciclo de antes, durante e depois da porteira das propriedades (MARTINS; BINOTTO, 2015).

No Brasil, o desafio é grande, pois boa parte da população ainda vive em condições precárias de habitação e saneamento, sem acesso a água potável, em situação de aglomeração e com alta prevalência de doenças crônicas. Esse cenário segundo Barros (2020) seria um novo abalo de uma crise mundial, em que seu impacto sobre a economia decorre de medidas de isolamento social e *lockdown*, para o fim de conter a transmissão do vírus e assim evitar mortes e a superlotação do sistema de saúde. Trata-se de impacto negativo, que se prolongando pode fragilizar ainda mais as empresas, e continuar agravando o desemprego.

Segundo Costa (2020) a crise da pandemia revelou as fragilidades da economia brasileira, baseada na austeridade, desindustrialização, e na especialização da produção de bens primários para exportação, com a China

como principal comprador dessas *commodities* - país em que se originou a pandemia.

Silva e Silva (2020) dizem que apesar de a economia brasileira ter sido fortemente abalada, a atividade econômica brasileira teve suporte na produção agrícola e agropecuária que se mantiveram ativas apesar das restrições logísticas. Políticas implementadas pelas esferas de poder no Brasil impediram que a deterioração da economia fosse ainda maior (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020).

Apesar da economia abalada, o agronegócio brasileiro ainda se manteve importante para manter equilibrado na nossa economia, pois as exportações continuaram demonstrando ótimo desempenho ao longo da pandemia (BARROS; ADAMI, 2020).

Soendergaard *et al.* (2020) sustentam que os efeitos das medidas de isolamento da pandemia refletiram na escassez de insumos, produção agrícola, processamento agroindustrial e problemas logísticos, acarretando na perda de produção, com falta de mão de obra e mais prejuízos para as cadeias agroalimentares. Diferentemente das outras crises sanitárias de origem zoonótica (gripe aviária em 2003 e 2013, e a gripe suína em 2009), a crise atual não tem relação direta com a pecuária. Assim, os autores afirmam que:

Do lado da demanda por produtos agroalimentares, as primeiras reações diante da proliferação global da Covid-19 foram as chamadas “compras de pânico” geradas pelas perspectivas de confinamento e incerteza generalizada sobre a manutenção do suprimento de produtos. Levantamentos sobre o consumo em diferentes países atingidos pela pandemia refletiram o aumento na demanda de alimentos básicos em varejistas e supermercados, sobretudo na categoria de itens não-perecíveis (SOENDERGAARD *et al.*, 2020).

O estudo do impacto da crise de COVID-19 na economia é essencial para compreender a volatilidade dos preços da soja, milho e café. A pandemia causou interrupções nas cadeias de suprimentos, restrições comerciais, mudanças nos padrões de consumo, e cotação do dólar e de bens substitutos/concorrentes dessas *commodities*, afetando diretamente a demanda e os preços. Flutuações na demanda global, diminuição do consumo e impacto nos custos de produção e

logística foram alguns dos efeitos observados. Compreender esse impacto é fundamental para os agentes do mercado gerenciar os riscos e ajustarem suas estratégias diante de um ambiente econômico instável.

3.4. Impacto do câmbio na volatilidade dos preços das *commodities*

Segundo Black (2013), há um crescente interesse em compreender o comportamento dos preços das *commodities*. Tradicionalmente, os desequilíbrios entre oferta e demanda são considerados os principais impulsionadores da volatilidade dos preços das *commodities*. Para o autor, no lado da demanda, destaca-se o impacto da China o chamado “efeito China”, enquanto no lado da oferta, fatores climáticos desempenham um papel significativo. No entanto, desde o aumento dos preços das *commodities* a partir de meados de 2002, surgiram hipóteses de que outros fatores possam estar influenciando esse comportamento. Embora os desequilíbrios entre oferta e demanda continuem a ter efeitos nos preços das *commodities*, é importante considerar outros fatores que também podem contribuir para a volatilidade, entre esses fatores estão os choques de custos relacionados à valorização do petróleo, que afetam os custos de transporte, fertilizantes, energia e custos de oportunidade, além da hipótese de que os preços do petróleo e das *commodities* estejam diretamente relacionados às variações na taxa de câmbio (BLACK, 2013).

Para Torres (2017), a volatilidade de preços gera incertezas tanto para produtores quanto para consumidores, em relação ao verdadeiro nível de preços, o que pode levar a decisões subótimas em comparação com decisões tomadas em períodos de estabilidade. O autor, explica que no caso dos produtores, a volatilidade de preços pode reduzir os investimentos e levá-los a optar por cultivar produtos de baixo risco, bem como usar tecnologias menos produtivas. Já para os consumidores, a volatilidade de preços pode gerar restrições ou incertezas no acesso aos bens em questão, principalmente para pessoas pobres e vulneráveis que não possuem ativos para estabilizar seus padrões de consumo e cujas rendas não são ajustadas à inflação.

De acordo com Cunha *et al.* (2011) os preços internacionais das *commodities* são estabelecidos com base no dólar, de forma que a

desvalorização dessa moeda leva à redução dos preços para os países importadores, quando convertidos em suas respectivas moedas locais. Essa queda nos preços estimula a demanda e, conseqüentemente, os preços internacionais tenderam a aumentar.

Ainda para Cunha *et al.* (2011), a conjuntura global estava relacionada a dois conjuntos de fatores interconectados. O primeiro diz respeito aos níveis dos principais fatores que são cruciais para a economia mundial - o dólar e a taxa de juros básica dessa moeda (assim como nas demais economias pelo mundo). Nessa fase, a tendência predominante de desvalorização do dólar impulsionou o aumento dos preços das *commodities* por meio de três mecanismos: o primeiro se refere a que os preços internacionais desses produtos são cotados nessa moeda (dólar), períodos de queda do valor do dólar geralmente estão acompanhados de uma tendência de alta nas cotações, já que os produtores tendem a elevar os preços para compensar as perdas cambiais (e vice-versa); o segundo mecanismo demonstra que nos países cujas moedas seguem uma direção oposta (valorização), as *commodities* se tornam mais acessíveis, estimulando seu consumo; e terceira se refere a busca por proteção contra a desvalorização do dólar, principalmente por meio de investimentos nos mercados de derivativos (e em menor medida pelo aumento de estoques).

A transmissão de preços refere-se ao processo pelo qual as mudanças nos preços de um produto em um determinado ponto da cadeia produtiva se propagam para os demais estágios da cadeia e, eventualmente, chegam aos consumidores finais. Isso pode ocorrer tanto em nível nacional quanto internacional, envolvendo diversas etapas da cadeia produtiva, como produção, processamento, distribuição e varejo. Por exemplo, se houver uma mudança no preço de um produto agrícola devido a fatores como mudanças climáticas, políticas governamentais ou flutuações na demanda internacional, essa mudança de preço pode ser transmitida para os produtos alimentares que o utilizam como insumo na etapa de processamento. Essa transmissão de preços pode ser afetada por diversos fatores, como o grau de competição entre as empresas, a elasticidade da oferta e da demanda, a presença de barreiras comerciais e a estrutura de mercado (IANCHOVICHINA; MARTIN, 2019).

Em relação à oferta, Prates (2007) menciona que os choques decorrentes

de mudanças climáticas a partir de 2002, principalmente devido ao El Niño, afetaram algumas *commodities* agrícolas, como café, soja, açúcar e algodão. O autor também vê como fator preponderante a partir dos anos 2000, o grande crescimento Chinês (Efeito-China), e a importância desse país no comércio internacional a partir dessa época. Portanto, é visível a influência da demanda e oferta na determinação dos preços dessas *commodities*. Ainda Prates (2007), o aumento das importações chinesas de *commodities* se deve a uma combinação de fatores conjunturais e estruturais que pressionaram os preços desses bens, cuja oferta é relativamente inelástica no curto prazo. Alguns desses fatores incluem a entrada da China na OMC, bem como o processo de industrialização e urbanização em curso, que tem gerado pressões na oferta interna de recursos naturais. Esses fatores devem continuar a sustentar as importações da China em um nível mais elevado em médio prazo, mas isso não implica que as taxas de crescimento elevadas das importações vão se repetir por vários anos. Além disso, as compras de uma ampla e diversificada gama de *commodities* pela China estão sujeitas às estratégias das empresas transnacionais, cujas decisões de produção e exportação são condicionadas pela conjuntura macroeconômica mundial.

Copetti, Vieira e Coronel (2012) promoveram um estudo para testar a eficácia da política de desvalorização cambial, usada pelos governos frequentemente com o objetivo de aumentar a competitividade no agronegócio em seus países. Os autores, especificamente, testaram a eficácia dessas políticas sobre o preço de exportação do grão de soja, ou seja, se as variações da taxa de câmbio são repassadas para os preços de exportação. Para estimar o modelo proposto, foi utilizado o método de econometria de séries temporais. Os resultados revelaram um coeficiente de transmissão de preços incompleto para o Brasil, indicando que a transmissão de preços em resposta às variações da taxa de câmbio ocorre parcialmente. Por outro lado, para a Argentina, o coeficiente foi nulo, indicando ausência de transmissão de preços em relação às variações da taxa de câmbio. Neste estudo, constatou-se uma diferença nos coeficientes de pass-through entre Brasil e Argentina, com o Brasil apresentando um pass-through incompleto e a Argentina um pass-through nulo. Isso indica que as políticas cambiais adotadas por ambos os países têm um efeito limitado ou nulo sobre a competitividade dos exportadores no mercado internacional de grãos de

soja. Além disso, foi possível analisar o crescimento dos dois mercados em termos de volume exportado, com taxas geométricas de 9,94% para o Brasil e 7,80% para a Argentina, respectivamente. Esses dados mostram que, apesar das oscilações no volume exportado, ambos os países têm apresentado um crescimento constante nas exportações dessa *commodity*. Outra observação relevante foi a participação do grão de soja no total das exportações de soja, com o Brasil exportando mais da metade de sua produção total como grão de soja, enquanto na Argentina a exportação de grãos de soja oscilou de 8,96% a 28,06% no período analisado.

O estudo de Oliveira *et al.* (2015) teve como objetivo investigar a relação entre a taxa de câmbio, a taxa de juros e a renda mundial com o desempenho das exportações de mel de abelha do Brasil no período de 2000 a 2011. Para isso, os pesquisadores utilizaram um modelo VECM, que permitiu analisar a relação de longo prazo entre essas variáveis e o impacto direto delas sobre as exportações. Os resultados mostraram que todas as variáveis explicativas são importantes para entender as oscilações ocorridas nas exportações de mel ao longo do tempo. Além disso, foi constatado que existe uma defasagem de tempo entre os desequilíbrios ocorridos no curto prazo e a correção desses desequilíbrios no longo prazo. Por fim, a análise desses autores apontou que apenas o choque na taxa de câmbio, que ocorreu durante o processo eleitoral de 2002 no Brasil, justificou a inclusão de uma variável dummy no modelo. Isso sugere que fatores externos, como as incertezas políticas, podem influenciar significativamente o desempenho das exportações de mel brasileiras. Em resumo, o estudo demonstrou a relevância dessas variáveis para a economia e as exportações do Brasil e forneceu insights importantes para tomadas de decisão no setor.

O estudo mais recente sobre o tema no Brasil é de Pimentel, Luporini e Modenesi (2016), que analisaram o repasse cambial para os preços ao consumidor (IPCA) no Brasil no período de 1999 a 2013, investigando a presença de assimetrias no repasse por meio de várias especificações econométricas. Utilizando uma decomposição da variável câmbio entre depreciações e apreciações, o artigo estimou uma sequência de modelos SVAR com diferentes restrições de identificação. Os resultados, que se mostraram robustos em várias especificações, indicaram uma forte assimetria no repasse cambial. A média

simples das diversas estimativas revelou um repasse de 11,38% no caso de depreciação e de 2,84% no caso de apreciação da moeda brasileira em relação ao dólar americano.

Ainda Pimentel, Luporini e Modenesi (2016) explicam que o impacto de uma variação cambial nos preços domésticos ocorre tanto de forma direta, através do efeito do câmbio nos preços dos insumos utilizados na produção doméstica e nos preços dos produtos importados, quanto de forma indireta, por meio do impacto dos preços dos bens importados (insumos e finais) na demanda por bens produzidos internamente que competem com os produtos importados. A intensidade do efeito direto dependerá da participação relativa dos produtos importados na composição dos bens finais consumidos domesticamente e da participação dos insumos importados na estrutura de produção dos bens domésticos finais. Por outro lado, a elasticidade de substituição entre bens domésticos e importados será um fator relevante no efeito indireto, uma vez que uma desvalorização cambial, por exemplo, pode resultar em um aumento na demanda por bens domésticos em relação aos importados, o que pode aumentar a competitividade das exportações e, dada a oferta, causar pressões inflacionárias sobre os preços domésticos e salários nominais. Além desses efeitos, os preços administrados cujos contratos de reajuste estejam vinculados ao câmbio também podem afetar os preços domésticos, embora de forma limitada.

Bini, Canever e Denardim (2015) estudaram a relação de cointegração e causalidade entre os preços de energia e *commodities* agrícolas no Brasil, utilizando dados mensais de preços de *commodities* como petróleo, etanol, cana, milho, soja, taxa de câmbio, bem como os preços americanos de milho e etanol entre 2000 a 2012. Os resultados mostraram que o petróleo e a taxa de câmbio apresentaram coeficientes significativos em 10% para todos os produtos. Além disso, o etanol foi significativo para a cana-de-açúcar, soja e milho, mostrando a interdependência entre os preços de energia e produtos agrícolas no Brasil. As relações significativas de cointegração foram identificadas entre a soja com a cana, etanol e milho. Além disso, a causalidade no sentido de Granger foi identificada do milho e etanol americano para o etanol brasileiro, e do milho americano para o milho e soja brasileiros. Em resumo, pode-se concluir que há

transmissão de preços das *commodities* energéticas para as *commodities* agrícolas e entre elas no Brasil.

Segundo Deaton e Muellbauer (1980), a transmissão de preços pode ser influenciada por fatores como as condições de concorrência em cada etapa da cadeia produtiva, a elasticidade da oferta e da demanda em cada mercado e as características das margens de lucro em cada etapa. Eles argumentam que a transmissão de preços é um processo complexo e que depende de uma série de fatores específicos do contexto em que ocorre.

Há poucos estudos na literatura brasileira que investigam a assimetria do repasse da taxa de câmbio. O estudo pioneiro é o de Albuquerque e Portugal (2006), que estimaram o repasse cambial para a economia brasileira no período de 1980 a 2002 usando um modelo Garch bivariado, que modela as volatilidades condicionais, uma abordagem pouco explorada na literatura. Os autores descobriram que o repasse cambial na economia brasileira é menor após a adoção do regime de câmbio flutuante. Além disso, o ambiente macroeconômico influencia a forma como os preços ao consumidor reagem às mudanças na taxa de câmbio, sendo possível identificar três padrões diferentes no coeficiente de transferência para o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e para o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI): o primeiro é caracterizado por um alto período de inflação, o segundo se refere ao período de baixa inflação e taxas de câmbio fixas, e o terceiro se refere ao período de preços estáveis e taxas de câmbio flutuantes. Ainda revelam que os dados apresentam uma relação semi-côncava entre as séries, sugerindo uma não-linearidade que pode explicar o aparente descolamento entre elas em períodos de regime cambial flutuante. Além disso, o estudo mostra que os testes tradicionais com volatilidades não-condicionais não são robustos.

Utilizando abordagens econométricas, como o modelo vetorial de correção de erro, entre outras, Margarido, Turolla e Bueno (2014) constataram que, no curto prazo, não existe relação entre a volatilidade e a transmissão de preços entre os mercados internacionais de petróleo e soja, no período de 1980 a 2010. Por outro lado, no longo prazo, foi observado que as variações nos preços do petróleo não foram transferidas proporcionalmente para os preços da soja.

No estudo de Carvalho e Negri (2002) desenvolvendo equações trimestrais

para analisar a importação e exportação de produtos agropecuários pelo Brasil. O período de análise das exportações foi de 1977 a 1998, enquanto para as importações o período iniciou em 1978, devido à disponibilidade de dados históricos. A estimação dos vetores de co-integração foi realizada por meio de um procedimento uniequacional, utilizando regressões com defasagens distribuídas. No caso das exportações, foi aplicado o procedimento de Johansen, seguido de testes para verificar a presença de exogeneidade fraca. Para as importações, assumiu-se a priori a exogeneidade fraca das variáveis explicativas, com base na hipótese de que o Brasil é um pequeno país importador. As relações de longo prazo e curto prazo foram resumidas em um mecanismo de correção de erros. Foi observado que as importações de produtos agropecuários são altamente dependentes da taxa de câmbio real e da taxa de utilização da capacidade doméstica instalado, apresentando um comportamento pró-cíclico indicado pelo sinal positivo da elasticidade de longo prazo para a taxa de utilização da capacidade. Por outro lado, as exportações brasileiras desses produtos são principalmente influenciadas pelo nível de atividade econômica global e, em menor grau, pela taxa de câmbio real.

Em estudo de Nogueira Junior e León-Ledesma (2008), investigaram a evidência empírica do efeito da taxa de câmbio na inflação medida pelo IPC (Índice de Preços ao Consumidor) em um conjunto de países emergentes e desenvolvidos. Os autores argumentam que, teoricamente, o efeito da taxa de câmbio na inflação pode ser não linear, em contraste com as estimativas lineares padrão na literatura. Nesse estudo foram utilizados modelos de transição suave para investigar várias possíveis fontes dessas não linearidades. Os resultados sugerem que, embora as fontes de não linearidades variem consideravelmente entre os países, elas parecem ser importantes. Descobriu-se que, em quatro países, o efeito da taxa de câmbio na inflação responde de forma não linear à inflação, e em três deles responde de forma não linear à lacuna de produção. Também foi encontrada uma resposta assimétrica do efeito da taxa de câmbio em relação à magnitude das mudanças na taxa de câmbio em apenas dois dos seis países estudados. Por fim, em alguns mercados emergentes, o efeito da taxa de câmbio na inflação parece ser afetado de forma não linear por medidas de instabilidade macroeconômica.

Na análise do repasse cambial para os preços de importação e exportação em países membros do G7 (sete países mais desenvolvidos industrialmente e economicamente e democráticos), Bussière (2007) constatou assimetrias em grande parte da amostra, principalmente no que se refere a preços de exportação. Bussière (2007) procurou testar a suposição padrão da literatura de que a transmissão da taxa de câmbio aos preços é linear e simétrica, o que implicaria que grandes e pequenas, tanto apreciações como depreciações na taxa de câmbio têm efeitos da mesma magnitude e proporção. Este estudo confirmou a presença de não linearidades e assimetrias na transmissão da taxa de câmbio aos preços de exportação e importação. Isso significa que a relação entre mudanças na taxa de câmbio e mudanças nos preços não é simplesmente linear e simétrica, mas varia em diferentes magnitudes e proporções, dependendo do tamanho e da direção da mudança na taxa de câmbio. O estudo utiliza um modelo que incorpora funções polinomiais da taxa de câmbio e variáveis dummy interativas para capturar essa complexidade. Os resultados sugerem que essas não linearidades são importantes e variam consideravelmente entre os países do G7 devido às suas condições econômicas e institucionais.

O estudo de Cashin, Céspedes e Sahay (2004) examinaram se as taxas de câmbio reais dos países exportadores de *commodities* e os preços reais de suas exportações de *commodities* se movem juntos ao longo do tempo, demonstrando assim, possível causalidade entre os preços das *commodities* e as taxas de câmbio. Utilizando dados do Fundo Monetário Internacional (FMI) sobre os preços mundiais de 44 *commodities* e as parcelas nacionais de exportação de *commodities*, foram construídos novos índices mensais de preços de exportação de *commodities* para 58 países exportadores de *commodities* no período de 1980 a 2002. Evidências de uma relação de longo prazo entre a taxa de câmbio real nacional e os preços reais de *commodities* foram encontradas em cerca de um terço dos países exportadores de *commodities*. A taxa de câmbio real de longo prazo dessas "moedas de *commodities*" não é constante (como seria sugerido por modelos baseados em paridade do poder de compra), mas varia ao longo do tempo, sendo dependente dos movimentos nos preços reais das exportações de *commodities*.

Shintani, Terada-Hagiwara e Yabu (2013) aplicaram um modelo de série

temporal investigando a relação entre a transmissão da taxa de câmbio (ERPT) e a inflação, estimando um modelo de séries temporais não lineares, para analisar o comportamento do repasse cambial nos Estados Unidos, utilizando a taxa de inflação defasada como uma variável de transição mostrando que a dinâmica da ERPT pode ser bem aproximada por uma classe de modelos autorregressivos de transição suave (STAR). Os resultados indicaram que o repasse cambial é não-linear sugerindo que as quedas na ERPT durante as décadas de 1980 e 1990 estão associadas a uma diminuição da inflação.

Após a adesão à Organização Mundial do Comércio (OMC) em 2001, a China expandiu sua participação na economia global, inicialmente por meio do aumento do comércio internacional e, mais recentemente, por meio de investimentos diretos estrangeiros. Esse crescimento trouxe impactos significativos nos preços internacionais de diferentes produtos. Assim, as exportações chinesas de manufaturas exerceram pressão para reduzir os preços desses produtos no mercado global. Por outro lado, as importações chinesas de produtos intensivos em recursos naturais tiveram um efeito decisivo no aumento dos preços das *commodities* após 2002. Esse fato foi responsável pelo choque favorável nos termos de troca das economias exportadoras de recursos naturais, além de contribuir para a moderação da inflação nas economias industrializadas, mesmo diante do contínuo aumento nos preços de energia, alimentos e metais. Essa dinâmica reflete a interconexão das economias e o impacto das políticas e atividades comerciais de grandes players como a China no cenário global. (CUNHA *et al.*, 2011).

De forma similar, Nogueira Junior (2010) realizou um estudo semelhante ao de Shintani, Terada-Hagiwara e Yabu (2013) para o Brasil, sugerindo que a transição de um regime de alta inflação para baixa inflação pode resultar em uma redução no pass-through cambial (ERPT). Também foi utilizado um modelo não-linear com transição suave e testando defasagens da taxa de inflação como variável de transição. Os resultados obtidos corroboram com a literatura existente, indicando que a redução do ERPT amplamente documentada para o Brasil em períodos recentes pode ser atribuída, em parte, a taxas de inflação mais baixas e estáveis.

Nogueira Junior e León-Ledesma (2011) também investigaram o repasse

cambial para os preços domésticos no México, utilizando modelos não lineares de transição suave logística (LSTR), deduzindo com seus resultados que, teoricamente, o repasse da taxa de câmbio para os preços ao consumidor pode ser não linear, em contraste com as estimativas lineares padrão encontradas na literatura. O repasse da taxa de câmbio pode ser maior em períodos de crises financeiras ou de confiança, quando as empresas não têm incentivos para absorver aumentos de custos em suas margens, o que levaria a um aumento no repasse cambial para os preços domésticos. Utilizando duas medidas diferentes de instabilidade macroeconômica como variáveis de transição, foi constatado que o repasse da taxa de câmbio parece aumentar em períodos de dificuldades macroeconômicas, o que destaca a importância de um ambiente macroeconômico estável na redução do repasse da taxa de câmbio em mercados emergentes.

Nogueira, Aguiar e Lima (2005) realizaram um estudo relevante que analisa a integração espacial do mercado de café arábica nos principais estados produtores do Brasil. Os resultados dos testes de raiz unitária Dickey-Fuller Aumentado (ADF) indicam que todas as séries de preços são integradas de ordem 1. Além disso, os resultados do teste de co-integração de Johansen sugerem que todas as séries são co-integradas, o que também implica que os mercados de café arábica das regiões produtoras de Minas Gerais e São Paulo estão integrados espacialmente, ou seja, um choque de oferta ou demanda em um desses mercados afeta os preços de café arábica nos demais mercados. Surpreendentemente, a pesquisa também constatou, com base na estimação de um modelo de correção de erros e na aplicação do Teste de Causalidade de Granger, que é a região do Cerrado de Minas Gerais que causa variações nos preços das demais regiões, indo contra a expectativa de que a região Sul de Minas, uma das maiores produtoras e exportadoras de café arábica do Brasil, liderasse as variações de preços. Esses resultados sugerem que o mercado brasileiro de café é eficiente, uma vez que as informações fluem rapidamente entre os agentes desse mercado, permitindo que os mecanismos de arbitragem e a Lei do Preço Único funcionem adequadamente.

Segundo Delatte e López-Villavicencio (2012), de forma geral, os produtores podem ter um maior incentivo para repassar uma depreciação cambial do que uma apreciação. Essa assimetria pode estar relacionada a diferenças nos

fundamentos microeconômicos entre os países, como a rigidez dos preços (conhecida como "custos de menu") e a elasticidade da demanda. Esses autores investigaram esse efeito, tanto no curto como no longo prazo, na Alemanha, Estados Unidos, Japão e Reino Unido. Para isso, estimaram um modelo autorregressivo não linear de defasagem distribuída (NARDL), descobrindo que a capacidade de resposta dos preços às mudanças na taxa de câmbio é não linear, e que o repasse da taxa de câmbio é menor após uma apreciação do que após uma depreciação. Como mencionado anteriormente, esse resultado pode ser devido à fraca concorrência na estrutura de mercado e à rigidez de preços.

Além da questão sobre o nível de preços, é fundamental compreender o conceito de volatilidade de preços. A volatilidade refere-se às mudanças que ocorrem ao longo do tempo em variáveis econômicas. É importante ressaltar que pequenas variações em torno de uma tendência estabelecida, que reflita os fundamentos do mercado, não são um problema. O problema surge quando as variações são significativas e imprevisíveis, dificultando a antecipação dos seus impactos (FAO, 2011).

3.5. Influência do Mercado Futuro e *Hedge*

As *commodities* desempenham um papel fundamental na produção de bens básicos para alimentação, tanto para humanos como para animais, em todo o mundo. No Brasil, algumas das *commodities* mais produzidas incluem soja, milho, minério de ferro, petróleo e açúcar. Esses produtos são negociados em bolsas de valores, incluindo a BM&F Bovespa (atual B3), a Bolsa de Nova York (*New York Stock Exchange - NYSE*) e a Bolsa de Chicago (*Chicago Board of Trade - CBOT*), e seus preços estão vinculados ao dólar e baseados na lei da oferta e da demanda, sendo influenciados por fatores climáticos, políticos e econômicos, tornando-os muito sensíveis aos preços. É importante destacar que os países exportadores de *commodities* geralmente possuem *superávits* em suas balanças comerciais, o que pode levar à apreciação da moeda local, fenômeno conhecido como doença holandesa, conforme discutido por Monteiro e Penna (2021).

De acordo com Guimarães e Nogueira (2009), os riscos e incertezas na

agropecuária decorrem de fatores abióticos, como clima, solo, pragas e doenças, além das flutuações de preços no mercado, que podem impactar negativamente a renda agrícola. A gestão adequada dos riscos financeiros pode contribuir para a estabilidade da renda do produtor rural e garantir sua permanência na atividade. O *hedge* é uma opção para a boa gestão desse risco.

A grande instabilidade das taxas de câmbio e juros desde o fim dos acordos de *Bretton Woods* motivou a criação e a ampliação dos mercados de derivativos financeiros, que se tornaram bastante diversificados. Essa volatilidade gerou mudanças significativas no comportamento dos agentes econômicos, pois passou a ser imprescindível formar expectativas acerca da evolução das principais variáveis financeiras de curto prazo para conduzir as atividades econômicas. A existência desses mercados permitiu que os agentes pudessem se proteger da volatilidade transferindo seus riscos financeiros para outros (FARHI, 1999).

Falando sobre os mercados futuros de *commodities*, H. Working (1953, apud FARHI, 1999), um dos grandes pioneiros e teóricos desses mercados, já destacou a complementaridade entre *hedge* e especulação. Ele apontou que a existência dos mercados futuros depende, em primeiro lugar, da existência de agentes que assumem riscos e procuram cobri-los, para que outros possam assumi-los. Posteriormente, Hieronymus (1976 apud FARHI, 1999) retomou a ideia de *Working* e destacou que as decisões de *hedge* são tomadas, na prática, para ganhar dinheiro ou evitar perdas, e não apenas por aversão aos riscos. Foi constatado, que para compreensão do *hedging*, os estudos quantitativos foram mais eficazes do que as entrevistas sobre as motivações das operações. Ao analisar a manutenção de estoques cobertos e os custos de carregamento do mercado, descobriu-se que a maior parte das atividades de *hedge* tinha como objetivo garantir lucros, ao invés de apenas evitar riscos.

Devido à alta dos preços das *commodities*, empresas têm implementado estratégias de gestão de risco de mercado, conhecidas como operações de *hedge*, uma vez que a volatilidade dessas *commodities* ocorre devido a desequilíbrios entre oferta e demanda muitas vezes afetado por fatores naturais. Essa volatilidade é agravada quando as economias nacionais experimentam flutuações na taxa de câmbio, ou seja, a valorização do dólar pode resultar em um

aumento dos preços dessas *commodities* quando convertidos em moeda local. Durante o início da pandemia de COVID-19, em meio a oscilações no mercado, os preços do trigo, milho e soja apresentaram uma valorização de quase 100% em comparação com anos anteriores (OLIVEIRA, 2022).

De acordo com Assaf Neto (2014), o *hedge* é uma estratégia utilizada para proteger investidores contra riscos decorrentes de situações desfavoráveis que possam afetar os preços dos ativos que possuem, como ações, títulos, taxas de juros, *commodities* e câmbio entre moedas estrangeiras. Essa estratégia funciona como um seguro, com o objetivo de reduzir ou até eliminar o risco de perda financeira. Para isso, o investidor pode usar instrumentos do mercado de derivativos para proteger seus ativos. Os mercados futuros e de opções são exemplos comuns de ferramentas usadas na gestão de riscos. A decisão de fazer um *hedge* pressupõe que há um risco inicial que se deseja proteger, que pode ser oriundo da atividade no mercado financeiro ou da própria atividade comercial de uma empresa. Ainda, o *hedge* é uma estratégia para gerenciar riscos e proteger os investimentos contra perdas financeiras decorrentes de situações adversas. Essas operações podem ser realizadas por meio de negociações de derivativos. O autor define derivativos como instrumentos financeiros que se originam ou dependem do valor de outro ativo, considerado como ativo de referência. Um contrato derivativo não possui valor próprio, mas derivam do valor de um bem básico, como *commodities*, ações, taxas de juros, entre outros.

De acordo com De Jesus, Oliveira e Maia (2021), os produtores e comerciantes de *commodities* agrícolas enfrentam grandes oscilações nos preços dessas mercadorias, devido à própria dinâmica dos mercados em que atuam. Para atender às demandas desses agentes por proteção contra o risco das flutuações de preços à vista, foram desenvolvidos os mercados futuros de *commodities* com intuito de eliminar o risco da variação do preço de mercado. Os mercados futuros de *commodities* oferecem uma opção para os produtores e comerciantes se protegerem contra os riscos de flutuações de preços e garantirem um preço fixo para seus produtos em uma data futura. Assim sendo, os autores concluem que o mercado futuro de *commodities* agrícolas é uma ferramenta essencial para a gestão de riscos na comercialização desses produtos, proporcionando aos agentes econômicos envolvidos uma maior

previsibilidade em relação aos preços esperados. O uso do *hedge* se mostra como uma estratégia eficaz para reduzir a exposição ao risco de mercado e garantir maior estabilidade financeira aos produtores e comerciantes de *commodities*. Além disso, é importante ressaltar que o conhecimento sobre a efetividade e a razão ótima de *hedge* entre o mercado físico e futuro é crucial para garantir uma maior confiabilidade aos *hedgers* e aprimorar o planejamento das operações. Portanto, o estudo evidencia a importância dos preços futuros com vistas à tomada de decisão dos agentes do mercado agrícola.

Segundo Monteiro e Penna (2021), estudos recentes indicam que a queda da participação da indústria brasileira na economia nacional nos últimos anos pode estar ligada à apreciação persistente da taxa de câmbio real, provocada essencialmente pela concentração das exportações em *commodities*. Isso ocorre porque o país concentra suas exportações em *commodities*, muitas vezes relacionadas a recursos naturais ou produtos com pouco processamento industrial, o que gera vantagens comparativas para os países produtores e afeta os preços relativos da economia, provocando uma apreciação na taxa de câmbio real. Essa situação prejudica o desenvolvimento do setor de produtos manufaturados, levando à redução da participação da indústria no PIB e afetando o crescimento econômico no longo prazo. Esse fenômeno descrito e seus efeitos são conhecidos como "sintomas" da doença holandesa.

Bresser-Pereira (2008) descreve bem o fenômeno acima mencionando, indicando que o desenvolvimento econômico depende de uma taxa de câmbio competitiva que estimula as exportações e os investimentos. Países como Japão, Alemanha, Itália e os países asiáticos alcançaram o desenvolvimento de suas indústrias manufatureiras devido a taxas de câmbio favoráveis (estudos confirmam essa relação). Por outro lado, ainda o autor, teoricamente os países em desenvolvimento devem crescer mais rapidamente do que os países ricos, pois possuem mão de obra mais barata para competir internacionalmente e por poderem adquirir tecnologia a custos mais baixos. Essa teoria foi comprovada na prática por diversos países asiáticos que registraram altas taxas de crescimento, permitindo que os países em desenvolvimento iguallassem o PIB dos países ricos em 2005. No entanto, a maioria dos países em desenvolvimento, incluindo a América Latina desde 1980, apresenta taxas de crescimento per capita inferiores

as dos países ricos. Um dos principais obstáculos para esse resultado é a chamada "doença holandesa", caracterizada pela supervalorização crônica da taxa de câmbio devido a abundância de recursos naturais e mão de obra barata, o que dificulta o desenvolvimento de outras indústrias comercializáveis. Bresser-Pereira (2008) conclui que, embora não seja possível afirmar com certeza se esse é o principal obstáculo para o crescimento econômico dos países em desenvolvimento, especialmente os de renda média que possuem capacidade para alcançar os países desenvolvidos em termos de oferta, não sendo fácil de encontrar um obstáculo tão significativo quanto esse.

A partir dos anos 1970, o mercado de câmbio passou por diversas mudanças, iniciando-se com o fim do acordo de Bretton Woods, no qual as principais moedas do mundo estavam vinculadas ao dólar, que tinha paridade fixa com o ouro, houve assim, uma reorganização das relações econômicas internacionais, promovendo uma maior abertura e liberalização dos fluxos de mercadorias e capitais. Como resultado, começaram a ser desenvolvidos modelos para estabilizar a taxa de conversão entre as moedas. Em meados da década de 1970, os bancos centrais das principais economias começaram a trabalhar juntos para manter as taxas de câmbio dentro de determinados padrões de variação. Ao longo dos anos, esse modelo evoluiu e os bancos centrais passaram a ter menos controle sobre suas moedas, deixando que o próprio mercado, por meio da oferta e da demanda, definir suas taxas de câmbio no curto e médio prazo (MARTINS *et al.*, 2009).

As operações de proteção conhecida como *hedge*, são feitas de três maneiras principais: comprando e vendendo ativos ou passivos no mercado futuro, para fixar os preços no presente; distribuindo os riscos de carregamento entre muitos agentes de diferentes tipos; ou compensando riscos de um mercado ou de crédito adquirindo ativos ou passivos. À medida que as operações de proteção se tornaram mais comuns, surgiram também operações especulativas, que visavam lucrar com a volatilidade dos mercados. Isso aumentou a complexidade e o risco do sistema financeiro, uma vez que instituições financeiras e investidores que compravam proteção muitas vezes também investiam em fundos que expunham seus próprios riscos. Com o tempo, as instituições financeiras começaram a se especializar em diferentes mercados, assumindo

riscos e fornecendo proteção contra eles em empréstimos, títulos, ações, mercadorias e outros ativos, tanto no mercado à vista quanto no mercado futuro. Isso contribuiu para ampliar a volatilidade e aumentar os riscos do sistema financeiro (MARTINS *et al.*, 2009).

Por extensão, o conceito de *hedge* é aplicável à cobertura de posições que serão assumidas em um momento anterior ou, pelo menos, igual à data de vencimento do derivativo utilizado. Portanto, tanto o investidor que atualmente possui uma carteira de ações com composição semelhante à do índice e vende contratos no mercado futuro ou compra uma opção de venda sobre esse índice, quanto o exportador que receberá divisas no futuro e vende contratos no mercado futuro ou compra uma opção de venda sobre as mesmas, estão realizando operações de *hedge* de venda, embora um tenha posição no mercado à vista atualmente e o outro somente a terá em algum momento antes do vencimento. De maneira similar, tanto o industrial que possui uma dívida em moeda estrangeira e compra contratos de câmbio no mercado futuro ou adquire opções de compra, quanto o investidor que precisará dispor de uma quantia em dinheiro em um prazo determinado e compra contratos de índice de valores, estão realizando *hedge* de compra, mesmo que suas posições no mercado à vista no momento das operações sejam diferentes (FARHI, 1999).

Com as mudanças no modelo de conversibilidade das moedas, as empresas multinacionais começaram a exigir formas mais eficientes de financiamento e proteção contra as flutuações cambiais. Como resultado, surgiram diversas alternativas em instrumentos financeiros, incluindo os derivativos, como os swaps. Segundo Silva Neto (1998, apud SILVA *et al.*, 2013), os derivativos são contratos entre partes que têm o objetivo de trocar o valor de ativos, índices e *commodities* com a finalidade de proteger as operações contra riscos indesejáveis.

A agricultura é uma atividade que envolve alto risco e incerteza, devido a fatores como instabilidade climática, ameaças sanitárias e oscilações do mercado. É essencial gerenciar esses riscos para garantir a estabilidade da renda do produtor rural e sua permanência na atividade. No entanto, a gestão de riscos na agricultura é complexa e exige conhecimento técnico, capacidade gerencial e informações atualizadas. Existem várias formas de gerenciamento de riscos no

setor rural, incluindo a utilização de instrumentos financeiros, como seguros, mercados futuros, contratos a termo e opções, a troca de insumos por produtos, a diversificação da produção e a diversificação de atividades dentro e fora do setor agropecuário. O seguro agrícola é um importante mecanismo de proteção da renda do produtor rural, além de propiciar estímulo ao aumento da área cultivada e fornecer segurança financeira, facilitando o acesso ao financiamento. No entanto, apesar dessas vantagens, muitos países enfrentam dificuldades para tornar esse instrumento economicamente viável. Isso ocorre devido à assimetria de informações no mercado de seguros, que gera problemas como seleção adversa, risco moral e risco sistêmico, que desestimulam as companhias seguradoras a oferecerem esse serviço. Por esse motivo, o Estado costuma intervir no mercado de seguros agrícolas para compensar essas deficiências, mas essa intervenção pode ser muito cara e demorada, envolvendo medidas institucionais que podem levar muito tempo para apresentar resultados positivos (GUIMARÃES; NOGUEIRA, 2009).

Muitos países em desenvolvimento têm a maioria de suas exportações compostas por *commodities*, as quais representam a principal fonte de renda e receita. Embora o Brasil seja um país industrializado com uma economia diversificada, as exportações de *commodities* ainda são uma parcela significativa do total de suas exportações. Essa dependência de um conjunto limitado de produtos cria vulnerabilidades tanto para o setor público quanto para o privado. O setor público depende da tributação dos produtos de exportação e muitas vezes arcam com o custo de programas de suporte de preços. O planejamento da produção pelo setor privado é afetado pela extrema incerteza devido à alta variabilidade de preços desses produtos (GOMES, 2002).

De acordo com Piot-Lepetit e M'Barek (2011 apud LUDOVICO, 2020), os preços das *commodities* são influenciados por diversas variáveis externas, tais como: desastres naturais, intervenções políticas e econômicas, condições de oferta e demanda, taxas de juros, mudanças climáticas, especulações financeiras, taxas de câmbio, entre outras. Além desses fatores, é comprovado que os dados históricos dos preços desses ativos incluem um elemento aleatório inerente aos valores registrados.

A combinação dos fatores como a área plantada, a tecnologia empregada e

as condições climáticas resultam em um volume de produção consolidado que pode, geralmente, apresentar diferenças significativas em relação às previsões iniciais. Essas variações afetam diretamente os preços, uma vez que também afetam as expectativas e as programações de compra dos participantes da cadeia produtiva da *commodity*. As mudanças na quantidade de criação de suínos, aves e bovinos alimentados com ração balanceada têm um impacto direto no consumo e, conseqüentemente, nos preços dos ingredientes dessas rações. O milho, que fornece energia, e a soja, que fornece proteína, são os principais componentes afetados pela variação dos rebanhos. Além disso, a divulgação de previsões de estoque, produção e consumo exerce grande influência na formação dos preços das *commodities* agrícolas, especialmente durante o período anterior à colheita. Tanto as instituições governamentais quanto privadas geram regularmente informações sobre estimativas de safra. Nos Estados Unidos, destaca-se o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), na Europa a revista alemã especializada em oleaginosas Oil World, e no Brasil, a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (GELINSKI JÚNIOR *et al.*, 2015).

De acordo com Silva Neto (1998, apud SILVA *et al.*, 2013), à medida que as bolsas de valores se desenvolviam e se fortaleciam, os participantes do mercado financeiro começaram a confiar cada vez mais nas ferramentas disponíveis. Esse aumento de confiança levou os produtores a venderem seus produtos antecipadamente, garantindo os preços acordados, assim como os compradores também passaram a comprar antecipadamente para assegurar os preços dos produtos. Foi nesse contexto que surgiu o contrato a termo, que se caracteriza como um acordo de compra e venda realizado para uma data futura, com um preço previamente estabelecido. No contrato a termo, o comprador assume a responsabilidade de pagar o valor acordado ao vendedor na data de entrega do bem, enquanto o vendedor se compromete a entregar o bem no local, quantidade e qualidade acordadas. Essa forma de contrato permitiu que os produtores se planejassem de maneira mais eficiente, protegendo sua rentabilidade contra as flutuações do mercado. Ao possuírem acesso a informações futuras sobre os preços, eles puderam antecipar-se e adotar estratégias para se protegerem contra possíveis oscilações adversas no mercado.

Os mercados de derivativos financeiros permitem que uma ampla variedade de ativos seja utilizada para operações de *hedge*, reduzindo a influência da incerteza gerada pela volatilidade dos principais indicadores financeiros para a maioria dos agentes. No entanto, esses mercados também fornecem o ambiente perfeito para especulação, permitindo um acesso fácil e direto aos mecanismos de alavancagem (FARHI, 1999).

De acordo com o Futures Industry Institute (2002, apud SILVA *et al.*, 2013), o *hedge* é uma estratégia que implica em assumir uma posição oposta à posição no mercado à vista, com o intuito de minimizar o risco financeiro causado pelas possíveis flutuações de preços de uma determinada *commodity*. É importante salientar que o *hedge* é realizado por meio da compra ou venda de contratos futuros, como uma substituição temporária da negociação no mercado físico, que ocorrerá em um momento posterior.

Futures Industry Institute (2002, apud OLIVEIRA NETO; FIGUEIREDO, 2008) complementa que, quando há uma programação para vender um ativo em uma data futura, é possível realizar um *hedge*, adotando uma posição vendida no mercado futuro. Trata-se assim, da venda de contratos futuros opostos à posição no mercado físico, com o objetivo de se proteger contra possíveis quedas nos preços do ativo negociado. Dessa forma, caso o preço do produto caia, não será obtido lucro na venda física, mas haverá um ganho efetivo com a liquidação do contrato futuro. Por outro lado, se o preço do produto subir, a venda no mercado físico será lucrativa, mas a posição no mercado futuro resultará em perda ao liquidar os contratos.

Diversas situações podem ocorrer após a realização da operação de *hedge*: a) se a operação no mercado à vista for concluída antes do vencimento do derivativo, este será liquidado simultaneamente; b) a cobertura de riscos também pode ser renovada para outro vencimento. Enquanto a posição no mercado à vista estiver acompanhada de uma posição oposta nos mercados de derivativos, haverá *hedge* e a posição estará coberta; c) o *hedge* pode ser liquidado antes do vencimento ou não renovado, embora a posição no mercado à vista seja mantida. Nesse caso, a posição no mercado à vista fica descoberta e todas as flutuações positivas ou negativas das cotações no mercado afetarão diretamente essa posição. Como resultado, o detentor da posição, ao mantê-la, estará especulando

sobre uma possível evolução favorável das cotações no mercado à vista; d) a posição no mercado à vista pode ser liquidada, mas a posição nos mercados de derivativos é mantida. Nesse caso, a posição no mercado à vista também fica descoberta e o detentor da posição nos mercados de derivativos passa a especular sobre uma evolução favorável das cotações nos mercados de derivativos (FARHI, 1999).

Diferenciar uma operação de *hedge* de uma operação de especulação não é uma tarefa simples e tem sido objeto de diversas interpretações. Isso ocorre porque muitos partem de definições genéricas de especulação ou formuladas antes do desenvolvimento dos mercados de derivativos financeiros e, por dedução, chegam às operações de *hedge* e arbitragem, sem levar em consideração as mudanças conceituais acarretadas pela expansão desses mercados. É fundamental, no entanto, estabelecer as diferenças conceituais entre *hedge*, especulação e arbitragem, pois suas implicações micro e macroeconômicas são distintas e, em certos contextos, até opostas. Posições de *hedge* assumidas nos mercados de derivativos financeiros não podem, em princípio, gerar prejuízos insustentáveis para seus detentores. Por outro lado, posições especulativas que causem prejuízos insustentáveis podem acarretar graves crises de crédito e de confiança, dependendo do perfil e tamanho de seus detentores (FARHI, 1999).

De acordo com Marques *et al.* (2008), o mercado futuro é amplamente utilizado como uma forma de proteção no agronegócio, em que o produtor rural busca reduzir o risco de flutuações de preços no momento da comercialização de sua produção no futuro. Embora esse mecanismo proporcione uma redução nos riscos comerciais provenientes das variações de preços, é importante ressaltar que ele não elimina completamente tais riscos. Em outras palavras, o uso do mercado futuro oferece apenas uma forma de seguro contra as oscilações nas cotações.

Em essência, as operações de cobertura de riscos (*hedge*) envolvem assumir uma posição oposta àquela que se tem no mercado à vista para um período futuro. No mercado de *commodities*, essa cobertura de risco pode ser realizada por um produtor ou por um agente que possua uma posição comprada no mercado à vista, sendo chamada de *hedge* de venda. O risco para esses

agentes consiste na queda dos preços, e para proteger-se contra essa possibilidade, é necessário realizar uma operação de venda nos mercados de derivativos. Já para um transformador ou qualquer agente com posição vendida no mercado à vista, a operação de cobertura é denominada *hedge* de compra, pois seu risco é uma alta nos preços, contra o qual ele se protege assumindo uma posição comprada nos mercados de derivativos (FARHI, 1999).

Garbade e Silber (1983 apud GOMES, 2002) desenvolveram um modelo para analisar essa relação, considerando que os contratos futuros são substitutos perfeitos para o mercado à vista e que os preços são formados simultaneamente em ambos os mercados. Eles examinaram sete *commodities* e concluíram que, em geral, as mudanças de preço ocorrem inicialmente no mercado futuro e depois se refletem no mercado à vista. Em três das sete *commodities*, os mercados à vista são influenciados pelos mercados futuros, com 75% das novas informações sendo incorporados primeiro nos preços futuros e depois nos preços à vista.

Morgan, Rayner, e Ennew (1994 apud GOMES, 2002) estudaram a relação entre o mercado futuro e à vista e destacaram a importância do mercado futuro como formador de preço para a redução de risco. Eles analisaram a qualidade do fluxo de informação entre os dois mercados e concluíram que para o mercado futuro ser eficiente na previsão do preço à vista no futuro, é necessário que haja uma correlação positiva entre os preços nos dois mercados. Os autores testaram a hipótese de que os preços futuros são previsões não-viesadas dos preços à vista por meio de uma análise de cointegração em quatro *commodities*. A maioria das séries cointegradas confirmou a hipótese de eficiência dos mercados de *commodities* na forma fraca, isto é, quando o conjunto de informação disponível é baseado apenas no passado.

Segundo Corrêa e Raíces (2017 apud LUDOVICO, 2020), o mercado futuro e o mercado físico têm uma tendência a se movimentarem juntos. Portanto, as posições de compra/venda assumidas por *hedgers* ou especuladores no mercado futuro compensam suas posições tomadas no mercado físico. Essa dinâmica entre aqueles que procuram estabilidade de preços em longo prazo e aqueles que buscam oscilações frequentes para obter lucros rápidos contribui para o bom funcionamento do ambiente de negociação de contratos futuros. Ainda para os autores, a previsão de preços de *commodities* agrícolas é fortemente influenciada

pelo clima. Condições climáticas como falta ou excesso de chuva, temperaturas elevadas ou baixas, geada ou granizo podem causar flutuações no preço das mercadorias por um período de tempo. Alguns traders utilizam abordagens que se baseiam em previsões meteorológicas para tomar decisões em suas posições especulativas no mercado financeiro.

De acordo com Gomes (2002), a formação de preços de uma *commodity* é um processo complexo no qual os mercados buscam atingir um equilíbrio de preços. Esse equilíbrio depende das informações disponíveis para cada participante do mercado em determinado momento. A relação entre a oferta e a demanda de uma mercadoria desempenha um papel fundamental nesse processo. Se houver um excesso de oferta, é provável que o preço da *commodity* caia, enquanto um excesso de demanda tenderá a elevar o preço. Assim, no contexto do mercado futuro de *commodities* agrícolas, é crucial que esse mercado funcione como um mecanismo eficiente para a redução de riscos, além de desempenhar o papel de formador de preços.

Gomes (2002) discute alguns modelos que sugerem que, para certas *commodities*, o processo de formação de preços ocorre dos contratos futuros para os preços à vista, sendo que isso implica que as informações e expectativas embutidas nos contratos futuros têm impacto direto nos preços observados no mercado à vista. Ainda o autor, explica que essa dinâmica entre os preços futuros e à vista é relevante para entender como os participantes do mercado avaliam o risco e tomam decisões de compra e venda de *commodities* agrícolas. Com base nessas informações, vendedores e compradores podem buscar estratégias para proteger-se contra a volatilidade de preços ou aproveitar oportunidades de lucro. O autor finaliza que a utilização de mercados futuros de *commodities* é considerada uma das melhores opções no mercado, devido a suas vantagens significativas, incluindo baixo custo operacional, mercado organizado com contratos centralizados e padronizados, e a participação de especuladores que aumentam a liquidez dos contratos.

Os produtos agrícolas sazonais precisam ser armazenados entre as safras para atender ao consumo durante o período. Os estoques de passagem, como são conhecidos, podem ser vantajosos para os produtores ou para os consumidores, dependendo do seu volume. Se os estoques forem baixos, os

preços tendem a ser mais altos, uma vez que qualquer quebra na safra futura pode gerar uma disputa pelos estoques existentes. Por outro lado, se os estoques forem elevados, os preços tendem a ser mais estáveis ou mais baixos. Nesse caso, mesmo com perspectivas de quebra na safra futura, os preços permanecerão estáveis, pois os estoques são suficientes para atender à demanda. Dessa forma, durante o período entre duas colheitas, os preços serão mais sensíveis a outros fatores determinantes do preço se os estoques de passagem forem menores. A formação dos preços agrícolas também é influenciada pela produção de produtos que concorrem ou complementam o produto em questão. Por exemplo, óleos como o de girassol, palma, amendoim e colza competem com o óleo de soja. O sorgo é um concorrente do milho, enquanto o milho e o farelo de soja são complementares, já que são utilizados na produção de ração animal (GELINSKI JÚNIOR *et al.*, 2015).

Segundo Hull (2016 apud LUDOVICO, 2020), quando ocorre um aumento na oferta de *commodities* agrícolas, os produtores são desencorajados, pois os preços das mercadorias tendem a diminuir. No entanto, essa redução na oferta resulta em uma menor quantidade do produto disponível no mercado, o que, por sua vez, leva a um aumento na demanda e consequente valorização do ativo. Como resultado, os preços mais atrativos estimulam novamente os produtores a aumentarem sua produção.

Lima (2020) define que o preço futuro de um contrato é estabelecido por meio de um acordo entre compradores e vendedores do ativo em questão. No entanto, conforme a data de vencimento do contrato vai se aproximando, a diferença entre o preço acordado previamente e o preço de mercado à vista tende a diminuir. A Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) possui um manual de precificação que aborda o tema do preço futuro. Embora a determinação do preço futuro seja influenciada pela oferta e demanda, a BM&F propõe uma equação para calcular o preço futuro:

Preço a vista + Custo de carregamento + Prêmio pela incerteza = Preço futuro, em que o preço de carregamento é uma combinação dos custos associados ao armazenamento, transporte, seguro e financiamento do ativo.

É importante destacar que os dois primeiros elementos da fórmula, o preço à vista e o custo de carregamento, são conhecidos e não requerem nenhuma

estimativa dos participantes do mercado. Já o terceiro componente, o prêmio pelo risco seria componente do preço futuro e é determinado pelas expectativas dos agentes em relação ao mercado, levando em conta a sazonalidade e a tendência (LIMA, 2020).

A quantidade que os consumidores poderão adquirir é determinada pela sua renda, sendo assim um fator primordial na formação dos preços. Além disso, a taxa de câmbio real (ou efetiva) tem impacto na demanda pelos produtos e nos níveis de preços, no caso específico do milho. Uma taxa de câmbio valorizada incentiva as exportações e reduz as importações, afetando todas as cadeias produtivas e a demanda efetiva. O movimento dos preços, seja na direção ascendente ou descendente, pode afetar sua própria trajetória em direção oposta. Preços baixos tendem a incentivar o consumo, aumentando assim a demanda e, conseqüentemente, elevando os preços. Em contraste, preços elevados inibem o consumo e podem levar os consumidores a buscar substitutos, diminuindo assim a demanda e provocando uma queda nos preços (GELINSKI JÚNIOR *et al.*, 2015).

3.6. Transmissão de preços de *commodities*

De acordo com a FAO (2010 apud MORATOYA, 2014), a transmissão de preços é influenciada pelas variações na demanda e oferta de um mercado e como isso afeta os preços em outros mercados. Assim, a comercialização leva os preços dos mercados domésticos a se equilibrarem eventualmente com os preços do mercado internacional, alcançando a transmissão completa. A diferença entre os preços domésticos e os preços do mercado internacional é atribuída principalmente a custos de transporte, políticas, preferências do consumidor e competitividade. A análise da transmissão de preços é difícil de quantificar em que medida os preços são transmitidos, embora existam modelos econométricos para analisar a relação entre os preços, a seguinte situação é estabelecida por FAO (2010 apud MORATOYA, 2014):

- i) Comovimento: há uma relação de longo prazo entre os preços. Se os mercados estão integrados pela comercialização de produtos, as mudanças em um mercado afetam o outro mercado. No curto prazo, os preços podem se afastar, pois pode levar algum tempo para que os preços em um mercado sejam transmitidos para o outro. No longo prazo,

as forças de mercado fazem com que os choques sejam estabilizados.

ii) Velocidade de ajustamento: o equilíbrio de longo prazo é importante para avaliar a transmissão de preços. No entanto, os ajustes nos preços ocorrem mais rapidamente em mercados grandes e eficientes, enquanto em mercados de países em desenvolvimento, os ajustes ocorrem em períodos mais longos.

Para Varian (2003 apud MORATOYA, 2014), a transmissão de preços é um fator que afeta a volatilidade dos preços e pode ser medida pela elasticidade da transmissão, que é a variação percentual do preço de um mercado em relação a outro mercado. Em um mercado considerado perfeitamente competitivo, a transmissão de preço seria perfeita, com uma elasticidade igual a um, indicando que um aumento ou diminuição em um mercado seria refletido no outro. Além disso, o autor define um mercado perfeitamente competitivo como aquele em que cada agente não precisa se preocupar com os preços de venda, pois terá que vender ao preço vigente no mercado, sendo considerado um tomador de preço. Esse tipo de mercado apresenta produtos homogêneos, sem variação de qualidade, considerados como substitutos perfeitos, não existindo poder de mercado, com informação simétrica, e sem barreiras à negociação ou impostos e sem custos de transação ou transporte.

No trabalho de Nazlioglu, Erdem e Soytaş (2012) são examinadas a transmissão de volatilidade entre os preços do petróleo e de algumas *commodities* agrícolas selecionadas, como trigo, milho, soja e açúcar. É aplicado o teste de causalidade na variância recém-desenvolvida e funções de resposta ao impulso em dados diários de 01 de janeiro de 1986 a 21 de março de 2011. Para identificar o impacto da crise de preços dos alimentos, os dados são divididos em dois subperíodos: o período pré-crise (01 de janeiro de 1986 a 31 de dezembro de 2005) e o período pós-crise (01 de janeiro de 2006 a 21 de março de 2011). O teste de causalidade na variância mostra que, embora não haja transmissão de risco entre os mercados de *commodities* agrícolas e de petróleo no período pré-crise, a volatilidade do mercado de petróleo afeta os mercados agrícolas - com exceção do açúcar - no período pós-crise. A análise de resposta ao impulso também indica que um choque na volatilidade do preço do petróleo é transmitido para os mercados agrícolas somente no período pós-crise. Este artigo mostra que a dinâmica da transmissão de volatilidade muda significativamente após a crise

de preços dos alimentos. Após a crise, a transmissão de risco surge como outra dimensão das inter-relações dinâmicas entre os mercados de energia e agrícola, então, é concluído que há indícios de uma integração entre os preços dos biocombustíveis e as *commodities* agrícolas.

Gardebroek e Hernandez (2013) conduziram uma análise utilizando a abordagem MGARCH para examinar a transmissão de volatilidade entre os preços de três *commodities* - petróleo, etanol e milho - nos Estados Unidos durante o período de 1997 a 2011. Os autores utilizaram o modelo T-BEKK (com *threshold*) e um modelo dinâmico de correlação cruzada (DCC) para estimar a transmissão de volatilidade entre os preços dessas *commodities*. Os resultados indicaram que não houve transmissão de retornos médios entre os mercados de petróleo, etanol e milho; ou seja, os retornos de cada *commodity* foram influenciados somente pelos retornos passados do mesmo mercado e não pelos retornos dos outros mercados. Além disso, as *commodities* apresentaram efeitos significativos e elevados de volatilidade própria, com o etanol, mostrando uma baixa persistência da própria volatilidade. Gardebroek e Hernandez (2013) também chegaram a conclusão de que os efeitos de transmissão de volatilidade cruzada foram significativos, mas com menor magnitude do que a volatilidade própria. Também mostraram no estudo, que as estimativas dos efeitos de transmissão de volatilidade do milho para o etanol foram relevantes, e não foi percebido nenhum efeito de volatilidade do etanol para o milho. No entanto, os resultados não forneceram evidências de que a instabilidade nos mercados de energia estimulava a variabilidade de preços no mercado do milho. Em suma, os autores demonstraram a importância de se considerar os efeitos de transmissão de volatilidade entre os mercados de *commodities* para entender melhor as dinâmicas de preços.

Conforti (2004) conduziu um estudo com o objetivo de fornecer evidências sobre a transmissão de preços em diversos mercados agrícolas, tanto de forma isolada quanto em apoio aos esforços analíticos na área de análise de políticas comerciais agrícolas. O trabalho utilizou um banco de dados de preços coletados em dezesseis países com foco principal foi nas *commodities* alimentares básicas, incluindo Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Egito, Etiópia, Gana, Índia, Indonésia, México, Paquistão, Senegal, Tailândia, Turquia, Uganda e Uruguai,

completando os dados com informações da FAOSTAT. O foco principal foi nas *commodities* alimentares básicas. A análise considerou as relações de preços espaciais e verticais, uma vez que o banco de dados incluiu preços nos níveis de produtor, atacado e varejo. Para a análise, foi adotado um quadro econômico baseado na estimação de modelos de Autoregressive Distributed Lag e na especificação correspondente de Correção de Erros, além de testes de causalidade de Granger e de transmissão assimétrica. Os resultados apontaram que os mercados africanos incluídos na amostra apresentam uma transmissão de preços mais incompleta em comparação com os mercados latino-americanos e asiáticos.

Estudo Margarido, Turolla e Fernandes (2001) analisou como as variações nos preços do grão de soja no Porto de Rotterdam e nas taxas de câmbio são transmitidas para os preços da soja no Brasil entre julho de 1994 e setembro de 2000. O modelo teórico do estudo baseia-se na Lei do Preço Único, que pressupõe que as variações nos preços externos e nas taxas de câmbio causam variações nos preços domésticos, na mesma magnitude no longo prazo. Os resultados indicaram a presença de um relacionamento de longo prazo entre as variáveis analisadas. No curto prazo, os preços da soja no Brasil tendem a se ajustar mais rapidamente do que os preços em Rotterdam em resposta a desequilíbrios transitórios, com coeficientes estimados mostrando ajuste a uma taxa de 38,33% por período no Brasil, em comparação de 12,10% em Rotterdam, em contrapartida, a taxa de câmbio nominal apresentou a menor velocidade de correção, com apenas 3,76%. No longo prazo, os preços da soja no Brasil acompanham plenamente as variações nos preços em Rotterdam e nas taxas de câmbio, confirmando a validade da Lei do Preço Único. Isso significa que o mercado brasileiro de soja está integrado ao mercado internacional, refletindo as variações nos preços externos. Os resultados de Margarido, Turolla e Fernandes (2001) destacam que, no curto prazo, os preços das *commodities* agrícolas são mais sensíveis às condições de demanda global (efeito preço) do que às variações nas taxas de câmbio (efeito câmbio). Portanto, em situações de desequilíbrio nas contas externas, a desvalorização da moeda nacional não é suficiente para corrigir o desequilíbrio, sendo necessário também que os principais países demandantes dessas *commodities* estejam em um ciclo de

crescimento econômico. Isso mostra que o processo de globalização das economias causou uma maior interconexão entre os preços domésticos e externos, também mostrou o impacto da abertura da economia brasileira a partir dos anos 90 – especialmente após a implementação do Plano Real – para os efeitos dessa transmissão mais completa entre o mercado brasileiro e externo.

Margarido, Turolla e Bueno (2007) investigaram a transmissão de preços no mercado mundial de soja usando modelos econométricos de séries temporais. O modelo teórico desenvolvido por Mundlack e Larson em 1992 é baseado na Lei do Preço Único, que assume equalização de preços em todos os mercados locais no longo prazo e permite desvios no curto prazo. O mercado internacional foi caracterizado por três preços relevantes de soja: Porto de Roterdã, Argentina e Estados Unidos. O artigo estimou a elasticidade de transmissão desses preços para os preços de soja no Brasil. Foram realizados testes de causalidade e cointegração para identificar se há uma relação significativa de longo prazo entre essas variáveis. Também foi calculada a função de resposta a impulsos e a decomposição da variância do erro de previsão para analisar a transmissão das variações nos preços internacionais sobre os preços brasileiros. Um teste de exogeneidade também foi realizado para verificar se as variáveis respondem a desvios de curto prazo dos valores de equilíbrio. Os resultados validaram a Lei do Preço Único no longo prazo. Em consonância com muitos estudos, o estudo mostrou que o Brasil e a Argentina podem ser vistos como tomadores de preço, uma vez que a velocidade de ajuste a choques é mais rápida do que nos Estados Unidos, que é um formador de preço.

Estudo de Serra e Gil (2012) analisou a volatilidade dos preços do milho nos Estados Unidos ao longo das últimas duas décadas (1990 a 2010), considerando a influência dos mercados de etanol, previsões de estoques de milho em relação ao consumo e condições macroeconômicas representadas pelas flutuações nas taxas de juros. O Estudo utilizou um modelo de MGARCH que foi estimado tanto de forma paramétrica quanto semiparamétrica. Por meio da teoria de armazenamento competitivo, os autores constataram que as previsões de estoques em relação ao consumo desempenham um papel na redução da instabilidade dos preços do milho, em contraposição, a variabilidade das taxas de juros aumenta a volatilidade dos preços dos alimentos. Serra e Gil (2012) também

observaram em seus resultados que a instabilidade nos mercados de etanol afeta negativamente os mercados de milho, e que as previsões de estoques (como as do USDA) em relação ao consumo no curto prazo, possuem efeitos significativamente mais impactantes do que os efeitos do preço da energia e instabilidade macroeconômica. Os autores sugerem que o gerenciamento das expectativas do mercado, por meio da divulgação de informações adicionais ou detalhes sobre as previsões, pode ser uma boa ferramenta para controlar a volatilidade dos preços. Os autores também fizeram uma análise com a abordagem semiparamétrica, que demonstrou que os efeitos marginais das previsões de estoques em relação ao consumo diminuem à medida que os níveis de previsão aumentam. Serra e Gil (2012) em sua argumentação sugerem usar a gestão de estoques públicos (ou a divulgação de previsões de estoques por instituições públicas), como uma ferramenta poderosa para mitigar a instabilidade dos preços dos alimentos, especialmente em períodos de baixos estoques. Os autores finalizam que promover biocombustíveis de segunda geração (que não dependam de *commodities* alimentares) pode contribuir para reduzir as conexões entre energia e preços dos alimentos, permitindo um cenário de preços mais estáveis. Também sugerem que, seriam benéficas quaisquer políticas voltadas para a preservação da estabilidade macroeconômica e de redução da volatilidade dos preços dos alimentos.

No estudo conduzido por Harri, Nalley e Hudson (2009), foi analisada a relação de preços ao longo do tempo entre as principais *commodities* agrícolas, as taxas de câmbio e os preços do petróleo. Para isso, utilizaram períodos de tempo sobrepostos, examinando a relação de co-integração entre os preços para determinar as mudanças na intensidade da ligação entre esses mercados ao longo do tempo. De maneira geral, constataram que os preços das *commodities* estão correlacionados ao petróleo no caso do milho, algodão e soja, mas não no caso do trigo. Além disso, os autores finalizam dizendo que as taxas de câmbio desempenham um papel na interligação dos preços ao longo do tempo.

Chen, Kuo e Chen (2010) estudaram se o crescimento da produção de etanol de milho e biodiesel de soja foi impulsionada pelo aumento nos preços do petróleo, e se teve um impacto significativo na produção e nos preços globais dos grãos agrícolas. O objetivo principal deste estudo foi investigar as relações entre o

preço do petróleo bruto e os preços do milho, soja e trigo no mercado global. Os resultados empíricos desse estudo indicam que as variações nos preços de cada grão são significativamente influenciadas pelas mudanças no preço do petróleo bruto e nos preços de outros grãos no período entre a 3ª semana de 2005 e a 20ª semana de 2008. Isso sugere que as *commodities* agrícolas estão competindo com a demanda derivada de biocombustíveis, em que a soja ou o milho são utilizados para produzir etanol ou biodiesel durante os anos de alta dos preços do petróleo bruto. Também, as políticas de subsídio relacionadas às indústrias de biocombustíveis em alguns países envolvidos na produção devem ser consideradas para mitigar as consequências decorrentes dos altos preços do petróleo.

O Estudo de Brandão e Alves (2013) teve o objetivo de analisar a relação entre o preço do petróleo e os preços de produtos agrícolas selecionados, utilizando um modelo de autorregressão vetorial. Inicialmente, o estudo concentrou-se na relação entre o preço do petróleo e o preço da ureia, um importante fertilizante que tem o petróleo como matéria-prima. Em seguida, são estimados modelos estatísticos para examinar a relação entre os preços do arroz, milho, soja e trigo e o preço da ureia. Além disso, foi realizado um modelo para investigar a relação estatística entre um índice de preços de alimentos e o preço da ureia. Os resultados de Brandão e Alves (2013) mostram que as variáveis analisadas possuem uma relação de longo prazo e que as variações no preço do petróleo têm um impacto significativo nos preços dos produtos agrícolas. A elasticidade estimada varia de 0,47 para o índice de preços dos alimentos a 0,61 para o preço do arroz, indicando diferentes sensibilidades dos preços das *commodities* agrícolas às mudanças no preço do petróleo. Para os autores, os modelos também revelam que os choques no preço do petróleo, por meio do seu efeito no preço da ureia, têm efeitos duradouros e substanciais nos preços das *commodities* analisadas. Ainda segundo essa pesquisa, a decomposição da variância indica que os erros de previsão no preço da ureia são fortemente influenciados pelo petróleo, enquanto os erros de previsão no preço do petróleo são menos influenciados pela ureia. Além disso, os erros de previsão no preço das *commodities* e no índice de preços dos alimentos são significativamente influenciados pela ureia. Embora os resultados sejam economicamente

consistentes, esse estudo de Brandão e Alves (2013) apresenta alguns problemas econométricos, como a falta de normalidade dos resíduos e baixos valores do coeficiente de determinação em todos os modelos, sendo que as tentativas de lidar com esses problemas utilizando os dados disponíveis não foram bem-sucedidas. No entanto, mesmo com essas limitações, os resultados destacam a forte relação entre os preços das *commodities* e o preço do petróleo, decorrente do impacto que o preço do petróleo causa por ser um dos principais insumos da produção agrícola (entre eles os fertilizantes).

Wu, Guan e Myers (2011) investigaram a transmissão de volatilidade entre os mercados de petróleo e milho nos Estados Unidos no período de janeiro de 1992 a junho de 2009, utilizando um modelo MGARCH. No estudo, encontraram evidências de que o preço do petróleo bruto exerce significativa influência na volatilidade dos preços à vista e futuros do milho, sendo que esses efeitos de transmissão variam ao longo do tempo. Os resultados indicam que, após a implementação da Lei de Política Energética (Energy Policy Act) de 2005, os mercados de milho se tornaram muito mais interligados aos mercados de petróleo bruto. Além disso, quando a proporção de consumo de etanol em relação à gasolina ultrapassa um nível crítico, os preços do petróleo bruto transmitem volatilidade positiva para os preços do milho, evidenciando uma maior influência da energia nos movimentos dos preços do milho. Com base nessa forte relação de volatilidade entre os preços do petróleo bruto e do milho, foi examinada uma nova estratégia de *hedge* cruzado para gerenciar o risco de preço do milho utilizando contratos futuros de petróleo, com resultados demonstrando que essa estratégia de *hedge* proporciona apenas um desempenho ligeiramente superior em comparação com o *hedge* tradicional exclusivamente nos mercados futuros de milho. Isso implica que o *hedge* do risco de preço do milho exclusivamente nos mercados futuros de milho ainda pode oferecer um desempenho relativamente satisfatório.

As flutuações nos preços do petróleo afetam os preços das *commodities*, já que refletem na competitividade dos biocombustíveis. Quando o preço do petróleo cai, há uma redução na demanda por biocombustíveis, o que, por sua vez, leva a uma queda nos preços das *commodities* agrícolas usadas em sua produção, como cana-de-açúcar, soja e milho. Para além dos princípios básicos da

economia real, existem também as dinâmicas do mercado financeiro, onde produtos como *commodities* agrícolas e petróleo são negociados em bolsas e podem ser afetados por práticas especulativas. Quando os preços do petróleo caem, isso pode desencadear um cenário de deflação global, que por sua vez pode reduzir a procura por ativos relacionados a *commodities* agrícolas, e conseqüentemente, impactar negativamente seus preços (SILVA; CASTRO; GILIO, 2016).

4. REFERENCIAL METODOLÓGICO

4.1 Volatilidade Histórica

Segundo Kotzé (2005) a volatilidade histórica é uma métrica que busca medir a variabilidade de preços que avalia a volatilidade de preços em determinado período de tempo. Para isso, primeiramente calcula-se os retornos do logaritmo natural das séries de preços diárias da soja, milho e do café com base na seguinte equação:

$$\Delta P_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) \quad (1)$$

Sendo ΔP_t a taxa de retorno do logaritmo natural das séries de preços, portanto, seria o logaritmo dos preços das *commodities* de interesse diferenciado na primeira ordem. Na volatilidade histórica que é a estimativa do desvio padrão de ΔP_t , para facilitar comparações entre diferentes tamanhos de amostra, normalmente é anualizada multiplicando um fator constante (h). Portanto, com preços diários, multiplica-se o desvio-padrão pelo número de dias em negociação do ativo, que geralmente seria $h = 252$ para os preços semanais $h = 52$, fazendo assim repetitivamente (SOUZA, 2021).

4.2. Modelos de Heterocedasticidade Condicional

Souza (2021) apresenta os modelos autorregressivos integrados de média móvel (ARIMA) estimados possuem a seguinte representação matemática:

$$\Delta^d P_t = \alpha_1 \Delta^d P_{t-1} + \dots + \alpha_p \Delta^d P_{t-p} + \mathcal{U}_t + m_1 \mathcal{U}_{t-1} + \dots + m_q \mathcal{U}_{t-q} + CD_t \quad (2)$$

Sendo que P_t logaritmo do preço do ativo diferenciado d vezes no tempo t ;

α_j sendo parâmetros autorregressivos de ordem $j=1,2,\dots,p$;

\mathcal{U}_t sendo um processo ruído branco, tendo média zero, variância σ_t^2 e não autocorrelacionado;

m_i é o parâmetro de médias móveis estimados em que $i=1,2,\dots,q$;

O vetor D_t seriam os termos determinísticos do modelo e C seus parâmetros estimados.

A equação (2) representa o modelo denominado ARIMA(p,d,q), ou seja, autoregressivo de ordem p , de média móvel q e com d diferenciações. Essa escolha das ordens p e q foram encontrados primeiramente, pelo critério de informação de Schwarz (*Bayesian Information Criterion* – Critério BIC), baseado no procedimento criado por Hannan e Rissanen (1982 apud SOUZA, 2021) levando em conta as funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP) (SOUZA, 2021).

Através do teste tradicional de autocorrelação denominado Portmanteau e sua variação desenvolvida por Ljung e Box (1978 apud SOUZA, 2021) foram verificadas a qualidade dessas especificações. A hipótese nula de ambos os testes é que os resíduos (\mathcal{U}_t) do modelo estimado não têm correlação temporalmente. Portanto, a rejeição desse teste indica autocorrelação nos resíduos e, neste caso, os modelos foram novamente construídos com base no critério de Akaike (*Akaike Information Criterion* – Critério AIC) em referência ao procedimento de Hannan e Rissanen (1982 apud SOUZA, 2021), que seria menos parcimonioso que o critério BIC.

Segundo Engle (1982 apud SOUZA, 2021), a partir de ajustes residualmente não autocorrelacionado, por meio do teste de Lagrange Multiplier (LM), deva-se testar a existência de heterocedasticidade condicional (ARCH) nos resíduos dos modelos. O resultado da rejeição da hipótese nula desse teste indica a existência de efeitos ARCH nos resíduos do modelo. Para isso, existe a sugestão de Engle (1982 apud SOUZA, 2021) uma estrutura de ajuste nos resíduos para modelar os efeitos ARCH e, portanto, a *proxy* (\mathcal{U}_t) da volatilidade da série heterocedástica. Assim, parte-se da variância condicional σ_t^2 do processo

u_t como na equação a seguir:

$$u_t = \xi_t \sigma_t, \xi_t \text{ iid } N(0,1) \quad (3)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \gamma_1 u_{t-1}^2 + \dots + \gamma_q u_{t-q}^2 \quad (4)$$

Na equação (4), temos a variância de u_t dependendo do tamanho do quadrado do componente de erro defasado no tempo q , ARCH(q). As seguintes restrições, em que, $\omega > 0$ e $\gamma_i \geq 0 \forall i$, onde $i=1, \dots, q$, servem para que variações condicionais de σ_t^2 sejam positivas. Bollerslev (1986 apud SOUZA, 2021) complementou o modelo apresentado em (4), com o intuito de obter um modelo mais parcimonioso, generalizando pela seguinte expressão:

$$\sigma_t^2 = \omega + \gamma_1 u_{t-1}^2 + \dots + \gamma_q u_{t-q}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_p \sigma_{t-p}^2 \quad (5)$$

$$\sigma_t^2 = Z_t^2 \theta \quad (6)$$

Portanto, as restrições são,

$$\omega > 0, \gamma_i, \beta_j \geq 0, \forall i, j, i=1, \dots, q, j=1, \dots, p \quad (7)$$

Na equação (5) é de um modelo chamado de Generalized ARCH, sendo conhecido na literatura como GARCH(q, p), em que se $p=0$ o modelo torna-se um ARCH(q). A principal característica desses modelos é de que a resposta de choques positivos e negativos na volatilidade seria simétrica. No entanto, a literatura demonstra que as quedas de preços de *commodities* afetam a volatilidade desses ativos de forma mais intensa do que a os choques positivos como os efeitos de alavancagem. Neste sentido, Glosten, Jagannathan e Runkle (1993) propuseram o modelo Threshold GARCH(q, p), denominado TGARCH(q, p) (HERWARTZ, 2004).

O modelo TGARCH(1,1) pode ser representado pela seguinte equação:

$$\sigma_t^2 = \omega + \gamma_1 u_{t-1}^2 + \gamma_1^- u_{t-1}^2 I_{u_{t-1} < 0} + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (8)$$

Em que $I(\cdot)$ é uma dummy que apresenta o valor de um se $u_{t-1} < 0$ e zero caso contrário. Sendo assim, o parâmetro γ_1^- quantifica a assimetria no mercado.

Portanto, não há assimetria se $\gamma_1 = 0$, mas se $\gamma_1 > 0$ há evidências de efeito alavancagem. Em contraposição, a persistência de choques na volatilidade dos preços das *commodities* causadas por previsões de geadas, secas ou instabilidade política têm um impacto de $\gamma_1 + \beta_1$, em que quanto mais próximo de um for essa soma maior é o tempo de duração de um determinado choque nos preços (SILVA; SÁFADI; CASTRO JÚNIOR).

4.3. Descrição dos modelos ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH

A importância dos estudos sobre volatilidade de ativos vem ganhando força, desde o trabalho original de Engle (1982 apud MELO; FERREIRA; TURRA, 2021), que analisou o comportamento da variância através de modelos autorregressivos condicionais (ARCH), com o desenvolvimento de diversos modelos com o objetivo de modelar o processo de volatilidade condicional que varia no tempo.

A utilização de séries financeiras nas estimações de modelos em geral tende a não apresentar um processo estacionário. Então, segundo Lütkepohl e Krätzig (2004), levando em conta a não-estacionariedade das séries, a análise precisa se concentrar nos retornos dessas séries.

Campbell *et al.* (1997) enfatizaram a importância da estacionariedade, que assegura que a distribuição conjunta dos retornos $r(t_1, T), \dots, r(t_k, T)$ seja igual à distribuição conjunta dos retornos $r(t_1 + \tau, T), \dots, r(t_k + \tau, T)$ para qualquer conjunto de instantes de tempo t_1, \dots, t_k e qualquer intervalo de tempo τ , assim, os retornos têm propriedades estatísticas mais atraentes do que os preços, como estacionariedade e ergodicidade.

Cont (2001) diz que, embora a estacionariedade seja necessária para garantir que se possam misturar dados de diferentes períodos, a fim de estimar os momentos dos retornos, isso está longe de ser suficiente. Para Cont (2001) seria necessário também garantir que as médias empíricas realmente converjam para as quantidades que elas devem estimar. Portanto, a propriedade ergódica garante a convergência da média temporal de uma quantidade para sua esperança. Normalmente se deseja para identificar o momento amostral, a expectativa teórica $Ef(r(t, T))$, onde E é a esperança (média do conjunto) em relação à distribuição F_T

de $r(t, T)$. Ainda Cont (2001) diz que a estacionariedade é necessária para garantir que F_T não depende de t , permitindo o uso de observações em tempos diferentes para calcular o momento da amostra. Mas isso não é suficiente para garantir que a soma de fato convirja para o valor desejado da esperança. É preciso uma propriedade ergódica que garanta que a média temporal de uma quantidade converge para sua expectativa, sendo que a ergodicidade é tipicamente satisfeita por observações i.i.d (independentes e identicamente distribuídas) (CONT, 2001).

Considerando P_t como o preço de um ativo ou índice no t -ésimo instante de tempo, o retorno líquido simples (R_t) pode ser determinado por:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{\Delta P_t}{P_{t-1}} \quad (9)$$

Para o cálculo do retorno composto contínuo (r_t), denotando $p_t = \ln(P_t)$, tem-se a seguinte fórmula:

$$r_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} = \ln(1 + R_t) = P_t - P_{t-1} \quad (10)$$

Logo, para pequenos valores de R_t , os valores de ambos os retornos serão próximos, como pode ser demonstrado na expressão $\ln(1+R_t) \approx R_t$ (MELO; FERREIRA; TURRA, 2021).

Uma das vantagens do uso de log-retornos em relação aos retornos aritméticos é que o retorno para k períodos, sendo dado pela simples soma dos retornos individuais dos k períodos. Além disso, pelo Teorema do Limite Central, a soma de variáveis aleatórias, como é o caso dos retornos de um período, pode ser aproximada por uma distribuição gaussiana, desde que k seja suficientemente grande. Outra vantagem é que os log-retornos tendem a apresentar menor autocorrelação do que os retornos aritméticos (PÁCOLA, 2016).

Em geral, em que é demonstrado por Lütkepohl e Krätzig (2004) e Morettin e Tolo (2004 apud MELO; FERREIRA; TURRA, 2021), os retornos financeiros possuem algumas características, que podem ser sumarizadas nos pontos a seguir:

- i) Os retornos tipicamente não são, ou pelo menos fracamente, autocorrelacionados;
- ii) Os quadrados dos retornos apresentam autocorrelação;
- iii) A volatilidade aparece agrupada em clusters cuja variabilidade (maior ou menor) se modifica ao longo do tempo; e
- iv) Em consequência da característica anterior, a distribuição incondicional dos retornos rejeita a hipótese nula de normalidade. Assim, a distribuição tende a apresentar caudas mais pesadas em relação a uma distribuição normal e/ou assimetria.

Transformando as séries em seus retornos traz algumas propriedades estatísticas importantes para a modelagem dos modelos, como estacionariedade e ergodicidade, além de eliminar os problemas que ocorrem nas escalas das séries. Dessa forma, as séries utilizadas nesse trabalho se referem aos retornos dos preços de *commodities* Soja, Milho e Café (MELO; FERREIRA; TURRA, 2021).

4.3.1. Modelo ARCH

Séries financeiras geralmente apresentam a característica de seus retornos não possuírem variância constante no tempo, formando grupos com diferentes graus de volatilidade e média constante. Para contornar esses problemas, Engle (1982 apud ISHIZAWA, 2008) propôs o modelo auto-regressivo com heterocedasticidade condicional (ARCH). A ideia básica desses modelos é que os retornos X_t não seriam correlacionados serialmente, mas que sua volatilidade (variância condicional ao tempo) depende dos retornos passados por meio de uma função quadrática dos valores passados da série. Simplificadamente, o modelo ARCH(r) pode ser definido da seguinte forma (ENGLE, 1982 apud ISHIZAWA, 2008):

$$X_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t \quad (11)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1}^2 + \dots + \alpha_r X_{t-r}^2 \quad (12)$$

onde,

$\alpha_0 > 0$ e $\alpha_i \geq 0, i > 0$;

X_t → seria o retorno da série;

h_t → representa a função da variância;

ε_t → é uma sequência de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (i.i.d) com média zero e variância condicional igual a um [$\varepsilon_t \sim N(0,1)$].

Podemos também assumir que ε_t possua uma distribuição t-student com ν graus de liberdade ($\varepsilon_t \sim t_\nu$) ou qualquer outra distribuição que descreva melhor as caudas pesadas tipicamente de séries financeiras. Os coeficientes α_i , com $i = 1, \dots, r$ precisam satisfazer certas condições, dependendo do tipo de imposição que colocamos sobre o processo retorno X_t (ISHIZAWA, 2008).

4.3.2. Modelo GARCH

Segundo Ishizawa (2008) o processo ARCH(r), criado por Engle, tem sido capaz de abranger uma ampla gama de fenômenos econômicos. No entanto, em muitos casos, as ordens dos modelos tornaram-se excessivamente altas devido à longa memória associada a esses casos. Além disso, esses modelos também têm apresentado problemas com relação à variância condicional negativa, tornando a estimação prática do modelo ARCH(r) uma tarefa bastante complexa.

Surgindo como alternativa ao modelo ARCH, Bollerslev (1986 apud ISHIZAWA, 2008) sugeriu uma extensão do modelo ARCH, o chamando de GARCH (generalized ARCH). Ese modelo é mais parcimonioso, ou seja, consegue descrever a volatilidade com um menor número de parâmetros. O conceito se baseia na introdução de regressores da variância condicional passada na fórmula da própria variância condicional, tornando o modelo mais flexível e capaz de descrever uma memória mais longa com menos parâmetros em comparação aos modelos ARCH. Esse conceito foi implementado no modelo GARCH(r,s), que é definido da seguinte maneira:

$$X_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t \quad (13)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i X_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j h_{t-j} \quad (14)$$

Com ε_t i.i.d. (0,1), $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $\beta_j \geq 0$, $\sum_{i=1}^r (\alpha_i + \beta_i) < 1$, $q = \max(r,s)$,

Os coeficientes positivos permitem uma condição suficiente para que $h_t > 0$, já desigualdade $\sum_{i=1}^q (\alpha_i + \beta_i) < 1$, com $q = \max(r, s)$, satisfaz a condição necessária. Já para o termo ε_t , o mesmo podemos assumir como no modelo ARCH, em que segue uma distribuição normal ou t de Student, ou ainda qualquer outra distribuição que descreva melhor as caudas pesadas de séries financeiras (ISHIZAWA, 2008).

4.3.3. Modelos EGARCH e TGARCH

Visando integrar uma medida de assimetria em medidas de volatilidade, Melo, Ferreira e Turra (2021) apresentam que os modelos EGARCH e TARCH tornam-se destaques dentro da classe dos modelos de heterocedasticidade condicional. Dá para ressaltar que a presença de assimetria, que significa presença de choques negativos, impacta de fato mais a volatilidade do que os choques positivos, que estão bastantes presentes em muitas séries financeiras.

Um problema comum enfrentado pelos modelos GARCH padrão é a necessidade de garantir que todos os coeficientes estimados sejam positivos. Para resolver essa limitação, Nelson (1991 apud DANTAS; TABOSA, 2021) propôs uma especificação que não requer restrições de não-negatividade. Em outras palavras, o modelo proposto por Nelson permite a estimação de coeficientes negativos, o que aumenta a flexibilidade do modelo. A especificação proposta por Nelson é uma solução eficaz para a limitação de não-negatividade, amplamente utilizada na modelagem de séries financeiras voláteis, apresentada da seguinte forma (DANTAS; TABOSA, 2021):

$$\ln(h_t) = \alpha_0 + \alpha_1 \left(\frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{0.5}} \right) + \lambda_1 \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{0.5}} \right| + \beta_1 \ln(h_{t-1}) \quad (15)$$

Segundo Enders (2014 apud DANTAS; TABOSA, 2021) são apresentadas as seguintes características sobre o modelo EGARCH:

- i) A equação da variância condicional está no formato log-linear. Independentemente da magnitude de $\ln(h_t)$, o valor implícito de h_t nunca pode ser negativo. Portanto, é permitido que os coeficientes sejam negativos.

- ii) Em vez de usar o valor de ε_{t-1}^2 , o modelo EGARCH usa o nível de valor padronizado de ε_{t-1} [isto é, ε_{t-1} dividido por $h_{t-1}^{0.5}$]. Nelson (1991) argumenta que essa padronização permite uma interpretação mais natural do tamanho e da persistência dos choques. Afinal, o valor padronizado de ε_{t-1} é uma medida livre de unidade.
- iii) O modelo EGARCH permite efeitos de alavancagem. Se $\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0.5}$ é positivo, o efeito do choque no log da variância condicional é $\alpha_1 + \lambda_1$. Se $\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0.5}$ é negativo, o efeito do choque no log da variância condicional é $-\alpha_1 + \lambda_1$.

Referindo-se ao modelo EGARCH (*Exponential GARCH*), a assimetria é incorporada por meio de uma relação entre o retorno da série e sua variância condicional, em que a partir da expressão (15) o modelo é apresentado da seguinte fórmula por Morettin e Tolo (2006 apud DANTAS; TABOSA, 2021):

$$\ln(h_t) = \omega + \beta \ln(h_{t-1}) + \alpha \left| \frac{X_{t-1}}{\sqrt{h_t}} \right| + \gamma \left| \frac{X_{t-1}}{\sqrt{h_t}} \right| \quad (16)$$

Sendo h_t é a volatilidade condicional (função da variância); e X_{t-1} seria o retorno da série defasado em 1 período; α é o coeficiente de reação da volatilidade; β é o coeficiente de persistência da volatilidade; e γ é o coeficiente que capta o efeito assimétrico da volatilidade.

Por sua vez, Morettin (2008) e Morettin e Tolo (2006) em estudos de Melo, Ferreira e Turra (2021) e Dantas e Tabosa (2021) descrevem e o modelo TARCH (*Threshold ARCH*) como um modelo que mede a assimetria baseado na incorporação de uma variável *dummy*, que assume valor igual a 1 se o retorno for negativo, e é igual 0 caso contrário. Os autores definem o modelo TARCH dessa forma:

$$h_t = w + \alpha X_{t-1}^2 + \gamma X_{t-1}^2 d_{t-1} + \beta h_{t-1} \quad (17)$$

Em que h_t é a função da variância; o termo X_{t-1} é o retorno da série defasado em 1 período; e o termo d_{t-1} a variável *dummy* que avalia se há ou não a

presença de assimetria.

Segundo Morettin e Toloí (2006 apud DANTAS; TABOSA, 2021) apresentam que γ é o coeficiente que capta a assimetria seguindo a seguinte regra: Se $\gamma \neq 0$ há um impacto diferenciado na informação assimétrica, ou seja, há uma diferenciação nos choques positivos e negativos na volatilidade; se $\gamma > 0$ há um “efeito alavancagem”; se $\gamma < 0$ o choque negativo aumenta a volatilidade mais que choques positivos.

4.4. Modelo Auto-Regressivo Integrado de Média Móvel (ARIMA)

Para a análise de previsão de preços, utilizam-se especificamente os modelos ARIMA e SARIMA. Os modelos ARIMA foram propostos por Box e Jenkins (1970) com o objetivo de estabelecer um modelo de previsão de curto prazo. Essa metodologia permite a previsão de valores futuros de uma série com base em seus valores presentes e passados.

O modelo ARIMA (q, d, p) pode ser definido conforme a equação abaixo:

$$W_t = \Delta^d X_t \quad (18)$$

$$Z_t = \Phi_1 W_{t-1} + \Phi_2 W_{t-2} + \dots + \Phi_p W_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (19)$$

Uma alternativa para escrever a equação (18) é utilizar o operador de defasagem L , de modo que a equação fica da seguinte forma:

$$(1 - L)^d \theta_p(L) = \Phi_q(L) \varepsilon_t \quad (20)$$

A equação ARIMA é definida pela ordem p , q e d . O parâmetro p representa a ordem da parte autoregressiva (AR), o q representa a ordem da parte de média móvel (MA) e o d representa o número de diferenciações realizadas para tornar a série estacionária.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Do ponto de vista da natureza de pesquisa, esse estudo é definido como uma pesquisa aplicada com objetivos de gerar conhecimentos práticos para

descrever os problemas específicos e gerar soluções. Do ponto de vista de seus objetivos, essa pesquisa é definida com uma pesquisa explicativa, com objetivo de analisar os dados, descrevendo o comportamento e estabelecer relações entre as variáveis do objeto em estudo. Segundo Gil (2002) a pesquisa explicativa busca identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de tais fenômenos em estudo. Do ponto de vista da forma de abordagem do problema esse estudo é uma pesquisa quantitativa.

Quanto aos procedimentos técnicos utilizados, esse estudo usa o procedimento de pesquisa *ex-post-facto* e pesquisa bibliográfica. Segundo Gil (2002) na pesquisa *ex-post-facto* não há a possibilidade de tratar os dados, também não existe controle sobre as variáveis estudadas, pois se tratam de fenômenos já ocorridos, portanto, nesse estudo para esse tipo de procedimento consideram-se constatações estritamente correlacionais entre as variáveis estudadas. Em relação à pesquisa bibliográfica, Gil (2002) diz que ela é elaborada com base em artigos ou textos já publicados sobre o assunto. Fonseca (2002, p. 32) define pesquisa bibliográfica da seguinte forma:

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto (FONSECA, 2002, p. 32).

4.1. Coleta de Dados

Os dados foram provenientes de uma única fonte de dados de contratos futuros da Yahoo Finance que estão disponíveis no pacote *quantmod* do Software R em dólar (USD), escolhendo a opção de importar os preços das *commodities* café, Milho e Soja, obtidos entre as datas de 01/01/2015 à 31/12/2021. Para dados do Café (código: KC=F) foram importados dados com vencimento “Coffee Sep 22”; para o milho (código: ZC=F) foram importados dados com vencimento “Corn Futures Dec-2022”; e para soja (código: ZS=F) dados com vencimento “Soybean Futures Nov-2022”. Com os dados em mãos, segue o seguinte esquema de divisão dos dados para fazer as análises:

- Retornos dos preços de 2015 a 2021.

- Estudo de volatilidade de 2015 a 2019 comparando com volatilidade de 2020 a 2021.
- Estudo de previsão usando dados de 2015 a 2019, gerando previsão de 2020 a 2021 e comparando com os preços reais de 2020 a 2021.

Decidiu-se não deflacionar nem converter para a moeda local a cotação dos preços das *commodities* em estudo, uma vez que a análise de volatilidade lida essencialmente com as taxas de retorno dos ativos, e no caso dessa pesquisa foi usada os retornos diários. Importantes referências também adotaram essa abordagem, como Silva, Lima e Leal (2015), Carvalho *et al.* (2022) e Silva, Sáfadi e Castro Júnior (2005).

Silva, Lima e Leal (2015) argumentam que a formação de preços no mercado de soja brasileiro ocorre principalmente no mercado externo, e os produtores nacionais são tomadores de preços, ajustando-os parcialmente às especificidades da produção doméstica. Por outro lado, Silva, Sáfadi e Castro Júnior (2005) afirmam que existem duas razões principais para trabalhar com retornos em vez de preços, conforme apontado por Tsay (2002): a primeira é que, para investidores (produtores) médios, o retorno de um ativo é um resumo completo e independente da escala da oportunidade de investimento; a segunda razão é que séries de retornos são mais fáceis de manipular do que séries de preços, pois possuem propriedades estatísticas mais tratáveis.

As análises de volatilidade com modelos da família ARCH foram feitas no Software R, e as análise de previsão dos preços das *commodities* foram feitas com Software IBM SPSS (para encontrar o modelo mais adequado) e Software R (gráficos das previsões) utilizando modelo ARIMA. Antes da modelagem, é necessário realizar uma análise dos retornos dos ativos, no caso os retornos foram feitos em formato de log retornos.

Para aplicação do estudo de volatilidade e previsão foi usado o modelo GARCH(1,1) nos preços das *commodities*, de forma a comparar os diferentes períodos de volatilidade das séries. Para obter a estimação da variância e da média condicional utilizando o pacote “ugarch” no *Software R*. Primeiramente é necessário especificar o modelo com a função “ugarchspec”, em que dentre as

especificações, escolhemos que o valor previsto do retorno será estimado pela média amostral (com parâmetros igual a 0). O modelo da variância será o "standard GARCH", e a distribuição sendo normal. O segundo passo é calcular as estimativas com base na função "ugarchfit", utilizando as mesmas especificações criadas no modelo. O terceiro passo é realizar a previsão 10 períodos futuros com a função "ugarchforecast".

4.2. Transformações nas séries

4.2.1. Logartimo nas séries de retornos

Também foi feito nesse trabalho o uso da transformação de logaritmo (log) nas séries de retornos para resolver problemas de escala da série.

Uma das razões para se transformar uma série em log é lidar com problemas de escalas. Quando os valores da série são muito grandes ou muito pequenos, eles podem dificultar a análise e a visualização das variações ao longo do tempo. Ao aplicar a transformação logarítmica, os valores da série são reduzidos em escala, tornando a análise mais fácil e a interpretação dos resultados mais intuitiva. Além disso, a transformação logarítmica pode ajudar a estabilizar a variância da série ao longo do tempo, o que pode melhorar a qualidade das previsões feitas a partir dos modelos estatísticos (BROCKWELL; DAVIS, 2016; HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018).

Outra vantagem da transformação logarítmica é a interpretação dos resultados. Quando a série é transformada em log, os coeficientes estimados nos modelos estatísticos são interpretados como elasticidades, o que facilita a interpretação das relações entre as variáveis. No entanto, é importante ressaltar que a transformação logarítmica não é sempre necessária ou adequada para todas as séries temporais. Antes de aplicar a transformação, é necessário avaliar cuidadosamente as características da série e considerar outras possíveis abordagens para resolver os problemas de escalas e variâncias (BROCKWELL; DAVIS, 2016; HYNDMAN; ATHANASOPOULOS, 2018).

4.2.2. Uso da primeira defasagem

Nessa dissertação foi usada nas séries a primeira diferença para resolver problemas de estacionariedade, visto que séries estacionárias são requisitos para aplicação dos modelos.

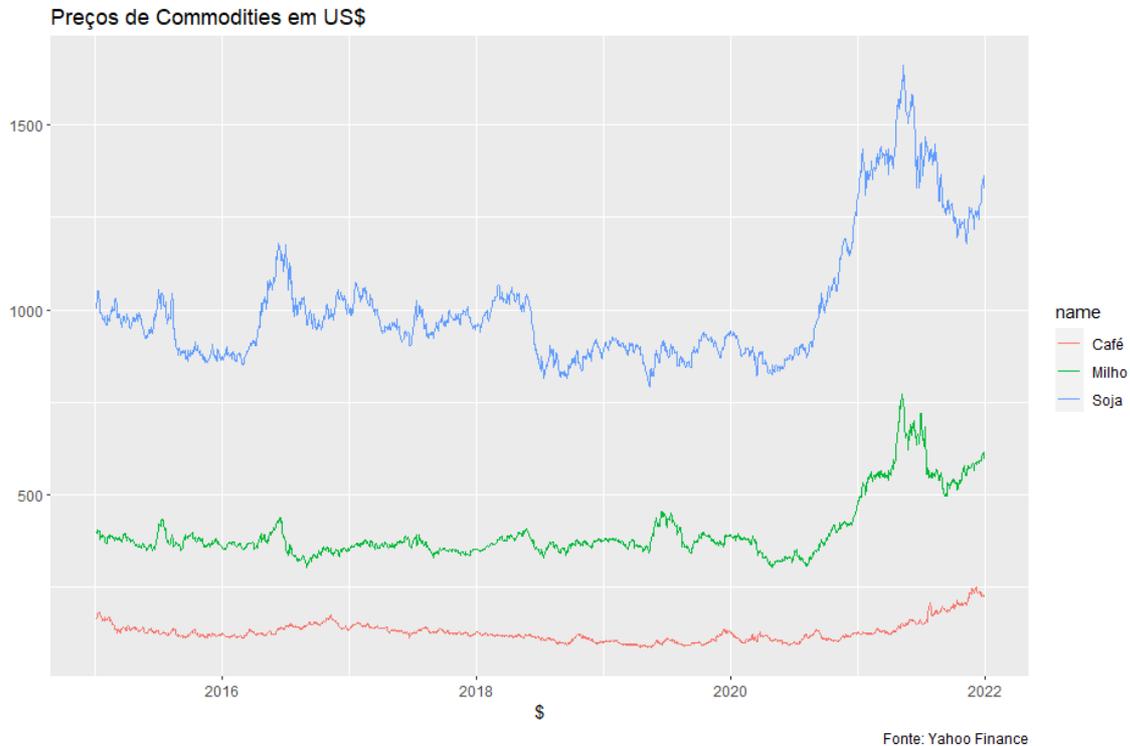
A primeira defasagem (ou atraso) é frequentemente utilizada na análise estatística de séries temporais porque permite examinar a relação entre o valor atual da série e seu valor no período anterior. Isso é importante porque muitos fenômenos que ocorrem ao longo do tempo possuem um componente de dependência temporal, ou seja, os valores em um determinado momento são influenciados pelos valores que ocorreram anteriormente. Ao usar a primeira defasagem, é possível identificar se uma série temporal possui um comportamento de tendência ou de sazonalidade, além de verificar se existe algum tipo de correlação entre os valores atuais e passados. Essas informações são úteis para a modelagem e previsão da série, permitindo a identificação de padrões e tendências que podem ser utilizados para estimar valores futuros. Além disso, a primeira defasagem pode ser usada em conjunto com outras defasagens para criar modelos mais complexos de séries temporais, como os modelos ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*), que combinam a regressão autoregressiva e de média móvel para modelar a dependência temporal na série (ENDERS, 2014; HAMILTON, 1994).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, temos o comportamento dos preços do Café, Milho e Soja no mercado internacional de contratos futuros entre os anos de 2015 até 2021. Pode-se perceber que os preços dessas *commodities* até 2020 não apresentaram padrão de tendências. Pelo gráfico, percebe-se que o preço da soja além de estar em nível bem mais acima do que o preço do café e milho, apresenta maior dispersão, sendo que o café aparentemente tem preços mais estáveis comparando com as outras *commodities*. Também é perceptível que em 2021 os preços de Soja e Milho tiveram um aumento até o pico (ponto de máximo) e a partir daí obtiveram as maiores quedas observadas durante esse ano, seguindo por um aumento até o final de ano de 2021. O preço do Café, além de estar em

um menor nível de valor, apresentou maior estabilidade dos preços.

Figura 1 – Preços das *Commodities* (Café, Milho e Soja)



Fonte: Dados da pesquisa

Antes de uma análise prática com a aplicação de modelos no caso real, podemos ter em mente alguns fatos que elucidam tais influências nos preços, como observado em uma revisão de literatura de Menezes (2015) que verificou dados históricos dos preços da soja, do milho, e do café, percebendo que são influenciados por muitos fatores, como econômicos, climáticos e financeiros. Para o autor, esses fatores influenciam de forma conjunta as relações de oferta e demanda dessas *commodities*, com influência nos preços *spot* (atuais) e nos preços futuros (mercado futuro). Mesmo sendo muitos fatores, os autores visados nessa revisão de literatura destacam como um fator primordial na influência dos preços dessas *commodities* nos últimos tempos o "efeito China", caracterizado pelo aumento na demanda dessas *commodities* causado pelo crescimento populacional e econômico de países emergentes (em especial a China), o que afetou de modo geral as relações de demanda mundial dessas *commodities*. Isso vai ao encontro com o que Prates (2007) fala de que o crescimento da China nos últimos anos vem impulsionando o preço das *commodities* em geral.

Ainda, Menezes (2015) identificou na literatura estudada fatores climáticos, pois esses fatores influenciam os níveis produtivos dessas *commodities*, impactando no lado da oferta; também cita o uso de derivativos e sua influência nos preços atuais e futuros; e outro grande influenciador dos preços dessas *commodities* seria os constantes aumentos nos preços dos combustíveis e biocombustíveis, pois isso afeta de forma direta o sistema de custos de produção agrícola. Sendo que o maior custo desse setor econômico está diretamente relacionado aos preços de transporte e ao uso dos combustíveis para o cultivo e equipamentos necessários à produção, que acabam afetando os custos de produção dessas *commodities*.

No caso dos fatores climáticos temos que na literatura Black (2013), Monteiro e Penna (2021) e Menezes (2015) citam esses fatores como primordiais na influência dos preços das *commodities* agrícolas. Já os fatores combustíveis são lembrados por Black (2013), Nazlioglu, Erdem e Soytaş (2012) e Silva, Castro e Gilio, (2016).

Ainda para o Menezes (2015), no caso brasileiro, em que os produtores enfrentam séria situação de precarização da logística de transporte, o fator de custos ligados a essa logística impacta fortemente os preços das *commodities* agrícolas, sendo que há uma influência conjunta na precificação das *commodities*, em que todos os problemas ligados à logística, armazenagem e transporte agem de forma simultânea no período produtivo, determinando fortemente a formação dos preços dessas *commodities*. No caso dos fatores de custos, como transporte, Black (2013) aponta esses como fatores determinantes na formação dos preços das *commodities*.

Em especial o milho, Menezes (2015) constata como grande influenciador na sua formação de preços o uso do milho para a produção de etanol, em especial por causa do mercado norte-americano que impacta o preço da *commodity* mundialmente. Os autores Carvalho, Pavan e Hasegawa (2020) encontraram em seus estudos forte influência do etanol no preço do milho nos Estados Unidos, o que impactou esse mercado no mundo todo.

No contexto da pandemia de COVID-19, Leal, Duarte e Soares (2022) fizeram uma pesquisa que consistiu em entrevistar produtores da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, área de destaque nacional no que tange ao

cultivo e processamento de grãos, com vistas a identificar os principais reflexos ocasionados durante a pandemia da COVID-19 no agronegócio, referente ao aumento dos custos de produção, devido à escassez de suprimentos e matérias-primas, e pelo aumento nos preços de comercialização dos produtos agrícolas. Os resultados dos autores indicam que o período da pandemia da COVID-19 impactou a atividade rural sobre seus aspectos de preço, custo e gerenciamento. No sentido dos custos, o que mais foi percebido como impactante nas propriedades rurais foi os fertilizantes, tanto pela variação de preço, quanto pela sua participação geral nos gastos totais da produção de suas propriedades rurais. Os resultados de Leal, Duarte e Soares (2022) convergem com que Black (2013) e Leal *et al.* (2022) enfatizam em seus estudos sobre influência dos preços dos fertilizantes, em grande parte afetado por alta do dólar.

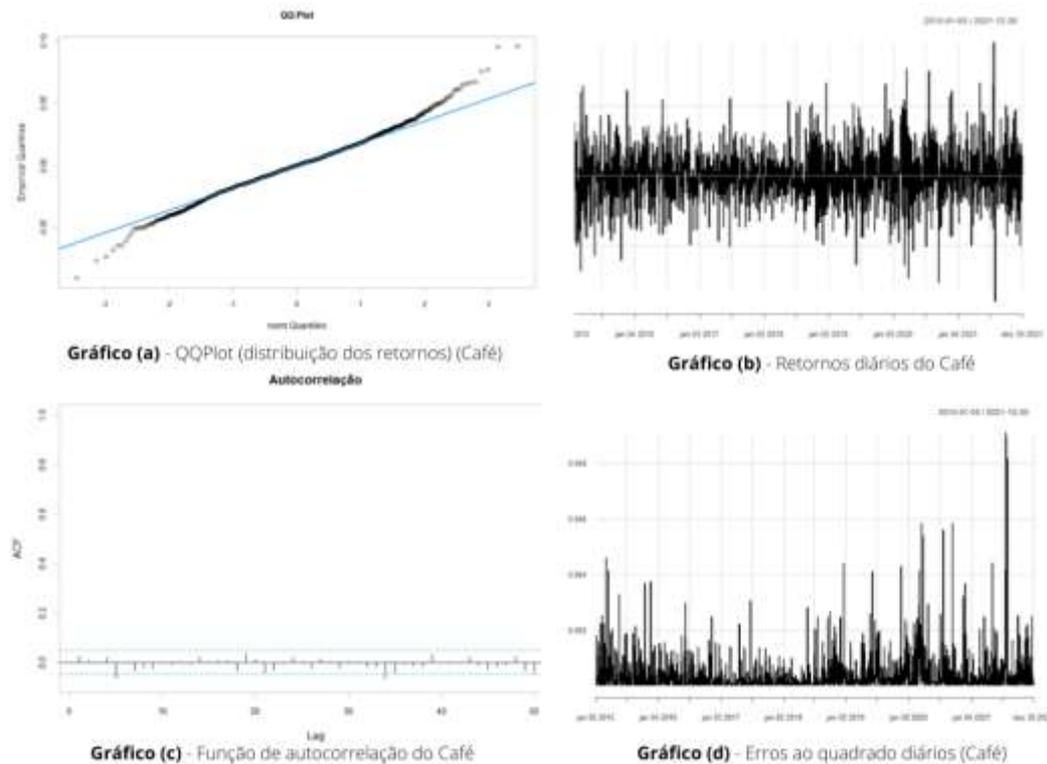
Ainda, Leal, Duarte e Soares (2022), baseados em seus resultados, afirmaram que, apesar da alta dos preços de venda dos produtos agrícolas, as margens de lucro não tiveram mudanças significativas nesse período, sendo que para o ano de 2020, os custos dos insumos e preços de venda obtiveram pouco impacto, em oposição a 2021, que houve muita variação tanto nos gastos quanto nos ganhos (preços). Esse resultado vai ao encontro aos resultados que veremos mais adiante nesta dissertação, sendo que o ano de 2021 para todas as *commodities* estudadas obteve maior volatilidade nos preços. Desse modo, de acordo com estudo mencionado identificou a percepção dos produtores na valorização das *commodities* agrícolas e também o aumento dos preços dos insumos, máquinas e acesso aos produtos. Essa valorização nunca foi vista em anos anteriores, o que gerou dificuldade na previsibilidade e na aplicação de estratégias para gestão dos custos dessas propriedades rurais.

6.1. Volatilidade do Café

Na Figura 2a, permite verificar a distribuição empírica dos quantiles e a relação da distribuição teórica, mostrando que os retornos do café seguem uma distribuição normal (seguir uma distribuição normal é pré-requisito para podermos aplicar o modelo). Como vemos no gráfico os dados obtêm alguns *outliers*, que podem afetar a variância (volatilidade), mas que podemos considerar que esses

retornos seguem de fato uma distribuição normal.

Figura 2 – Retornos (Café)

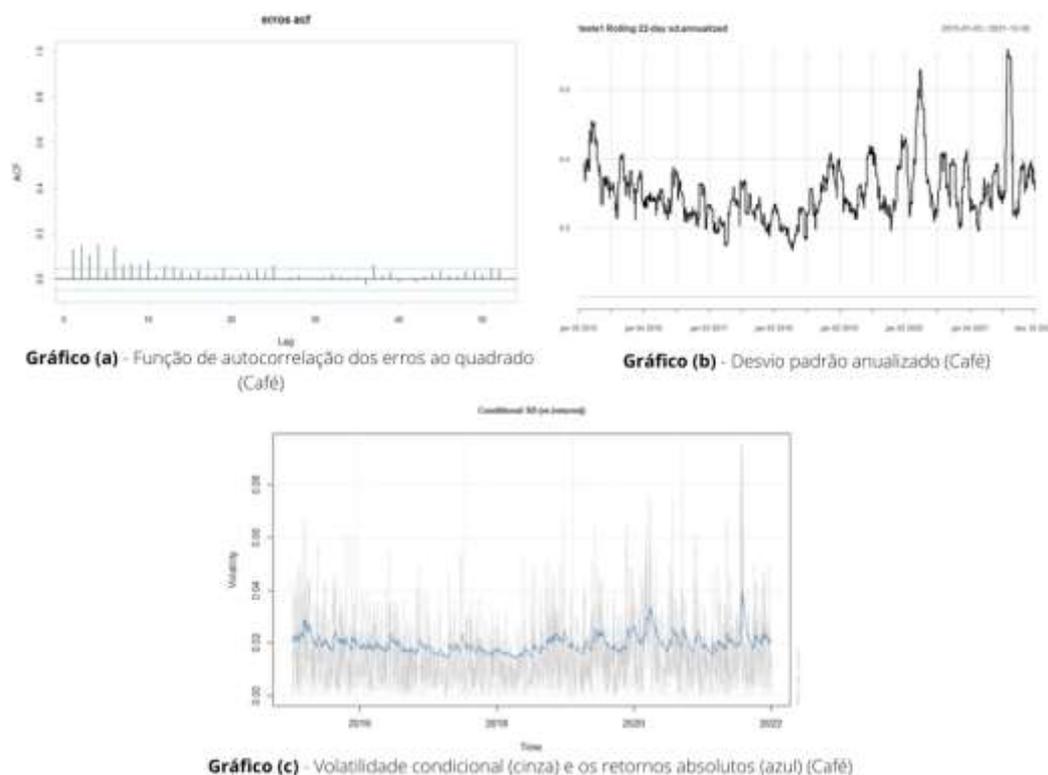


Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 2b vemos os retornos do preço do Café, demonstrando que nos últimos períodos, a partir de 2020 até final de 2021 (períodos da pandemia) os retornos se comportaram de forma atípica em relação os outros períodos, tendo variações significativas. A Figura 2d, de erros ao quadrado, representa a variância da série de retornos do preço do Café, indica que nos últimos períodos (período da pandemia) os retornos tiveram grande variação, demonstrando que durante a pandemia o preço do Café obteve um volatilidade comparada a outros períodos, efetivando um maior risco para quem negociava essa *commodity*. Na Figura 2c de função de autocorrelação dos retornos do Café indica que a série não obteve problemas de autocorrelação.

Abaixo temos a Figura 3 com os gráficos com função de autocorrelação, desvio padrão anualizado e a volatilidade condicional do preço do Café.

Figura 3 – Erros ao quadrado, Desvio padrão e Volatilidade Condicional (Café)



Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 3a de autocorrelação dos erros ao quadrado também demonstra que os erros não têm problema de autocorrelação, não necessitando ademais de tratamento da série.

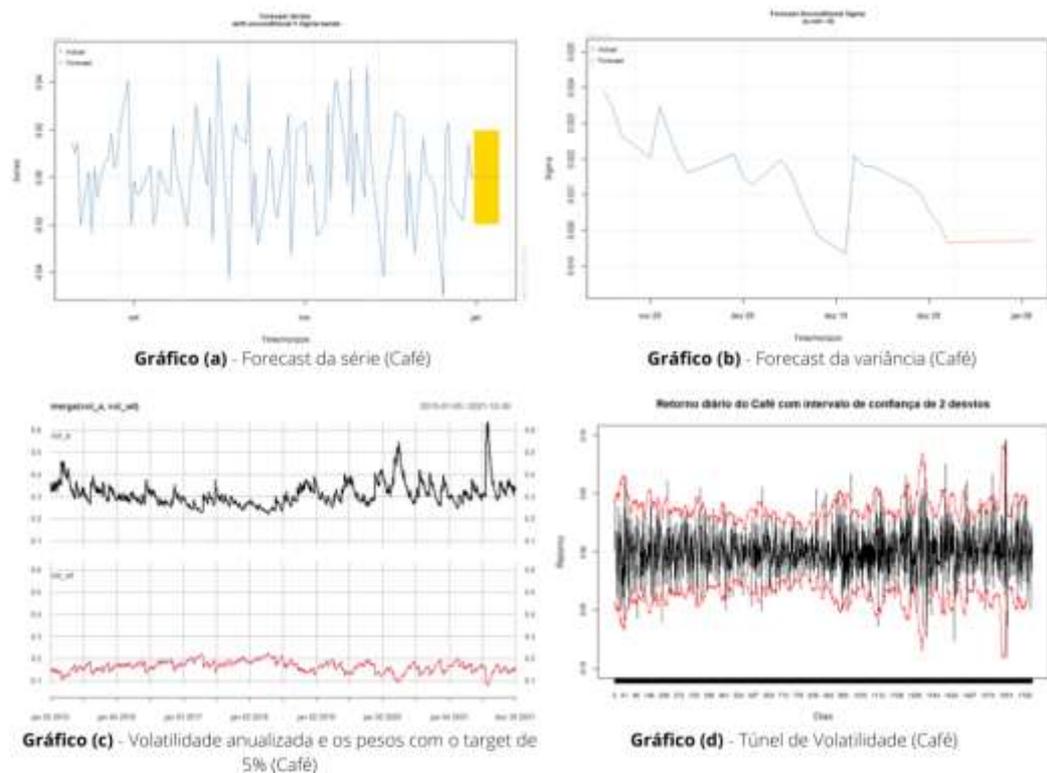
Enfim, pode-se concluir que com esses gráficos que durante a pandemia aumentou demasiadamente a variação do preço, indicando um maior risco para o mercado dessa *commodity* no período. Também os valores dos erros ao quadrado, por meio do gráfico de autocorrelação, indica que elas não são independentes no tempo. Portanto, podemos modelar a variância através de seus valores passados.

Na Figura 3b, temos o desvio padrão anualizado móvel em períodos de 22 dias, podendo comparar com os erros ao quadrado. Ele indica que a variância anualizada obteve um pico em março de 2020 e julho de 2021 (sendo essa última o maior pico de variância). Já a Figura 3c de volatilidade condicional, mostra variância extremamente alta nos anos da pandemia, indicando instabilidade no

mercado de Café durante a esse período.

Na Figura 4a é feita previsão dos retornos do Café, demonstrando certa estabilidade para os retornos para 10 dias à frente dos dados de dezembro de 2021 (10 primeiros dias de janeiro de 2022). Na Figura 4b, apresenta previsão da variância dos retornos para 10 dias à frente dos dados de dezembro de 2021, indicando também estabilidade nessa variância.

Figura 4 – Previsões retornos (Café)



Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 4c é usada no mercado financeiro para medir a relação do portfólio e da variância, ou seja, ele indica que quanto maior o nível de volatilidade em certos períodos, menor será a fração no portfólio de ativos de risco. Para fins dessa pesquisa, podemos encarar esse gráfico da linha em vermelho como um indicador que alerta para risco dessa *commodity*, ou seja, quando a linha em vermelho faz um vale para baixo significa que o preço do café chegou num nível de risco mais elevado que o resto do período. No caso do café, pelo gráfico, vemos que em meados de março de 2020 esse risco até então teria chegado a seu pico máximo, demonstrando como aquela primeira onda da pandemia impactou negativamente o mercado de Café. No mesmo gráfico, vemos que logo

em 2021 o pico máximo de preço para o café superou o pico visto em 2020, demonstrando que no ano de 2021 a pandemia teve ainda mais impacto negativo no risco desse mercado.

Complementando, podemos também construir um túnel de volatilidade (ou envelope de volatilidade na Figura 4d) sendo útil para uma análise qualitativa dos retornos em conjunto com o desvio padrão em janela móvel.

Na Figura 4d confirma o que percebemos em outros gráficos, que durante os cinco anos (2015 a 2021) a volatilidade do preço do Café obteve um pico em meados de maio de 2021, sendo que o segundo maior pico da volatilidade foi em março de 2020, demonstrando que nesses períodos teve aglomerações de retornos, indicando período de crise onde retornos mais extremos ficam bastante distantes da média. Conclui-se que o período da onda da COVID-19 em 2021 foi mais severo nos impactos aos preços dessa *commodity* do que o início da pandemia.

Com a análise acima, conclui-se que nos anos de 2020 e, principalmente, 2021 (períodos da pandemia de COVID-19), o preço do café obteve os maiores níveis de volatilidade, acarretando, no caso do café, um maior nível de seu preço comparando todo o período analisado. Assim, vemos que o período da pandemia, de fato, é o período em que os preços do café, além da volatilidade, houve um choque positivo em seus preços. Antes de se obter qualquer conclusão de que apenas a crise de COVID-19 influenciou esse resultado, há de se frisar que não necessariamente as medidas de contenção para prevenir a propagação do vírus podem, de fato, ter influenciado os preços dessa *commodity*, mas diversos outros fatores que vão além da pandemia, que serão abaixo expostos de diversas fontes e autores.

Como mostra a pesquisa de Leal *et al.* (2022), dada a importância da *commodity* Café - uma das mais comercializadas pelo agronegócio, em que o Brasil é o maior produtor e exportador - o mercado em volta dessa cultura vem sendo amplamente explorado com estudos, devido à sua vulnerabilidade a fatores externos e imprevisíveis, como a pandemia de COVID-19 ocorrida a partir de 2020. Esse estudo teve como objetivo identificar os reflexos causados pela pandemia nos custos, preços e processo de gestão realizado na cafeicultura, por meio de entrevistas em uma fazenda produtora de café na região do Triângulo

Mineiro. Foi entrevistado o gestor da propriedade, com observação local e testes estatísticos sobre os dados de custo de produção da propriedade nas safras de 2016 a 2021. Os resultados de Leal *et al.* (2022) destacam aspectos externos ao mercado brasileiro, principalmente a apreciação do dólar durante a pandemia, que causou um impacto significativo em aspectos de custos, preço e gestão da atividade. Devido à apreciação do dólar, os custos de defensivos, fertilizantes, maquinários, peças e manutenção e óleo diesel foram os itens mais afetados, inferindo forte relação com o mercado internacional, sendo os custos mais impactados aqueles cotados em dólar, assim como o preço de venda do café. Corroborando assim, com o fato de que não foram diretamente as medidas adotadas na pandemia que influenciaram o preço e os custos da produção do café, mas em grande medida o fator indireto causado pela pandemia da apreciação do dólar. Para o fator apreciação do dólar durante a pandemia, Borensztein, Reinhart (1994); Pimentel, Luporini e Modenesi (2016), Oliveira (2022) e Monteiro e Penna (2021) apontam como um dos principais fatores influenciadores nos preços das *commodities*.

Merladete (2022), em uma análise de mercado, apresenta alguns fatos que podem explicar a alta volatilidade do café em 2021 encontrada em nossos resultados. Com dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), o autor afirma que o ano de 2021 bateu recordes nominais das séries históricas de preços dos cafés arábicos e robustos. Na safra 2021/22, já no primeiro semestre, as cotações foram impulsionadas pela perspectiva de menor produção dessa safra, também causada pela seca durante a maior parte do desenvolvimento dos cafezais, limitando assim o potencial produtivo da temporada. Já no segundo semestre de 2021, a alta nos preços do café (especialmente do café arábica) foi ainda maior, sendo reforçada por novas preocupações com a oferta do grão e com a logística mundial da cadeia. O autor também cita o fenômeno natural La Niña, ocorrido no Vietnã e na Colômbia, que manteve os agentes em alerta e as cotações do café em alta. Os fatores de oferta e demanda na literatura para influência nos preços das *commodities* foram muito mencionados por Black (2013), Ianchovichina e Martin (2019), Prates (2007) e Oliveira (2022).

Ainda segundo o autor, a logística estava sendo prejudicada desde 2020,

devido à pandemia de COVID-19. A Cepea relatou problemas de falta de espaço e de contêineres em navios, resultando em atraso e até cancelamento de embarques.

Ribeiro (2022) também relata problemas climáticos, envolvendo uma seca em 2021, para explicar a alta nos preços do café nesse ano. Ele explica que a menor produção causou uma queda nos estoques, atrelada a duas quebras de safra após uma safra recorde em 2019/2020. Além disso, a estação chuvosa foi menor do que a média histórica, prejudicando o crescimento das plantas. Portanto, a demanda interna e externa foram fatores de pressão nos preços do café, além da variação do dólar nesse ano.

Brainer (2022) confirma o que os autores acima relatam em relação aos fatores que causaram a elevação do preço do café nesse período: "bienalidade negativa, com reflexos na menor produção dos cafezais; condições climáticas adversas, como geadas, altas temperaturas, secas e crise hídrica, que afetaram inclusive as lavouras irrigadas; além de relatos de que muitos produtores podaram suas árvores a taxas acima da média". Além disso, Brainer (2022) acrescenta o fator da desvalorização do Real frente ao Dólar que resultou no recorde histórico do valor da produção do café brasileiro em 2021, o que também contribuiu para o aumento dos preços dos insumos.

A Organização Internacional do Café (2021), em seu relatório de outubro de 2021, salienta que os preços do café alcançaram seus níveis mais altos em diversos anos, marcando uma recuperação significativa em relação aos níveis baixos dos últimos três anos cafeeiros. Além disso, a estimativa de produção para o ano cafeeiro da safra de 2020/2021 ficou 8,6% acima da média dos últimos 10 anos cafeeiros, mostrando uma tendência altista na recuperação dos preços do café na safra desse ano. Essa recuperação deixa para trás três anos consecutivos de níveis baixos, refletindo uma mudança substancial nas condições do mercado em 2021.

6.2. Volatilidade do Milho

Batista e Brum (2022) indicam que é uma visão parcial considerar que apenas os tradicionais fundamentos estruturais do mercado são prioritariamente relevantes para a causa do aumento nas cotações internacionais das

commodities. Para eles, a participação de importantes agentes que negociam posições de futuros nas Bolsas de Chicago e Nova York contribui significativamente na determinação dos preços internacionais dessas *commodities*.

Para o milho, Batista e Brum (2022), em sua análise bibliográfica, chegaram à conclusão de que os principais fatores que influenciam a cotação do milho são o crescimento populacional e econômico de países emergentes, também conhecidos como "Efeito-China", o uso de contratos de derivativos, como contratos futuros, e os custos de produção, principalmente influenciados pelos custos do petróleo e do etanol. Segundo Fama (1970, apud BATISTA; BRUM, 2022), esses fatores apresentam significância de 43% na amostra de 14 autores estudados.

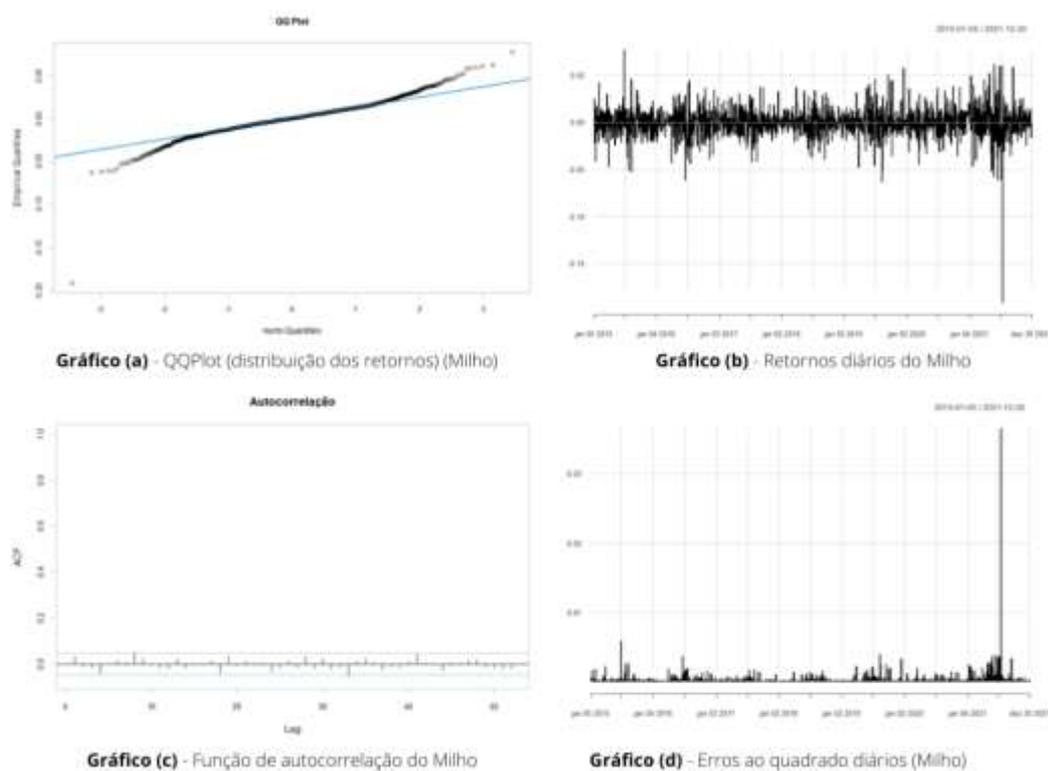
O efeito China pressiona o equilíbrio da oferta e demanda por milho devido ao crescimento das economias emergentes. Além disso, os custos de produção e transporte do milho vêm aumentando com o tempo, encarecendo todo o processo produtivo, e esses aumentos se refletem nos preços do milho (BATISTA; BRUM, 2022).

Batista e Brum (2022) apontam que os fatores climáticos, que influenciam diretamente os níveis produtivos e, conseqüentemente, a quantidade ofertada de milho, apresentam 21% de significância nos estudos analisados. Além disso, os autores atribuem à amostra 14% de significância para fatores influenciadores do preço do milho, como os níveis mundiais de estoque de milho, as informações e relatórios divulgados pela USDA (*United States Department of Agriculture*) e as variações cambiais, principalmente a cotação do dólar. Ainda, os autores afirmam que existe uma relação direta entre os níveis físicos de estoque mundial e a precificação do milho, uma vez que a oferta escassa diante da demanda tende a elevar os preços. Ademais, as variações do dólar têm influência direta no preço do milho, uma vez que este é cotado nessa moeda. As flutuações podem desestimular tanto o consumo quanto a oferta, afetando, conseqüentemente, o seu preço.

Na Figura 5a, permite avaliar a distribuição empírica dos quantiles e a relação da distribuição teórica. Portanto, isso mostra se os retornos do Milho seguem uma distribuição normal, portanto, apesar dos *outliers* que afetam a

variância (volatilidade), podemos considerar que esses retornos seguem de fato uma distribuição normal, se adequando ao requisito de normalidade do modelo.

Figura 5 – Normalidade, retornos e autocorrelação (Milho)



Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 5b mostra os retornos do preço do Milho. Dá para perceber que no mês de julho de 2021 o retorno foi extremamente discrepante, indicando ser um *outlier*. O gráfico também demonstra que nos últimos períodos, a partir de 2020 até final de 2021 (períodos da pandemia) os retornos se comportaram de forma atípica em relação os outros períodos, tendo variações significativas. A Figura 5d de erros ao quadrado, representa a variância da série de retornos do preço do Milho, indica que nos últimos períodos (período da pandemia) os retornos tiveram grande variância, demonstrando que o período da pandemia impactou de forma negativa o preço do Milho, representando um maior risco para a para os atores que negociavam essa *commodity durante esse período*. Na Figura 5c de função de autocorrelação dos retornos do Milho demonstra que a série não apresentou problema de autocorrelação.

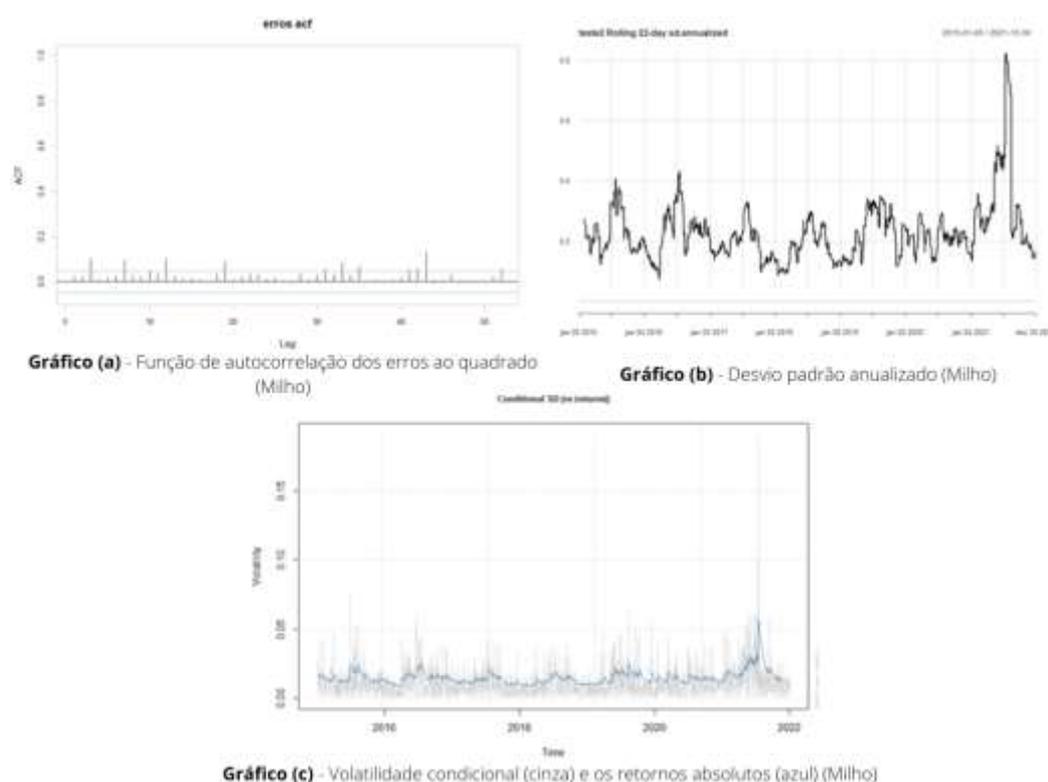
A autocorrelação dos erros ao quadrado do retorno do preço do Milho,

apresentada na Figura 6a, também indica que não há problema de autocorrelação nos erros, podendo assim aplicar o modelo sem tratamentos adicionais.

A partir desses gráficos, podemos concluir que o período da pandemia resultou em um aumento significativo na variação dos preços, o que indica um risco maior para o mercado dessa *commodity* durante esse período. Além disso, o gráfico de autocorrelação dos erros ao quadrado mostra que eles não são independentes ao longo do tempo. Portanto, podemos utilizar seus valores passados para modelar a sua variância.

A Figura 6 mostra os gráficos de autocorrelação dos erros ao quadrado, desvio padrão anualizado e volatilidade condicional.

Figura 6 – Erros ao quadrado, Desvio padrão e Volatilidade Condicional (Milho)

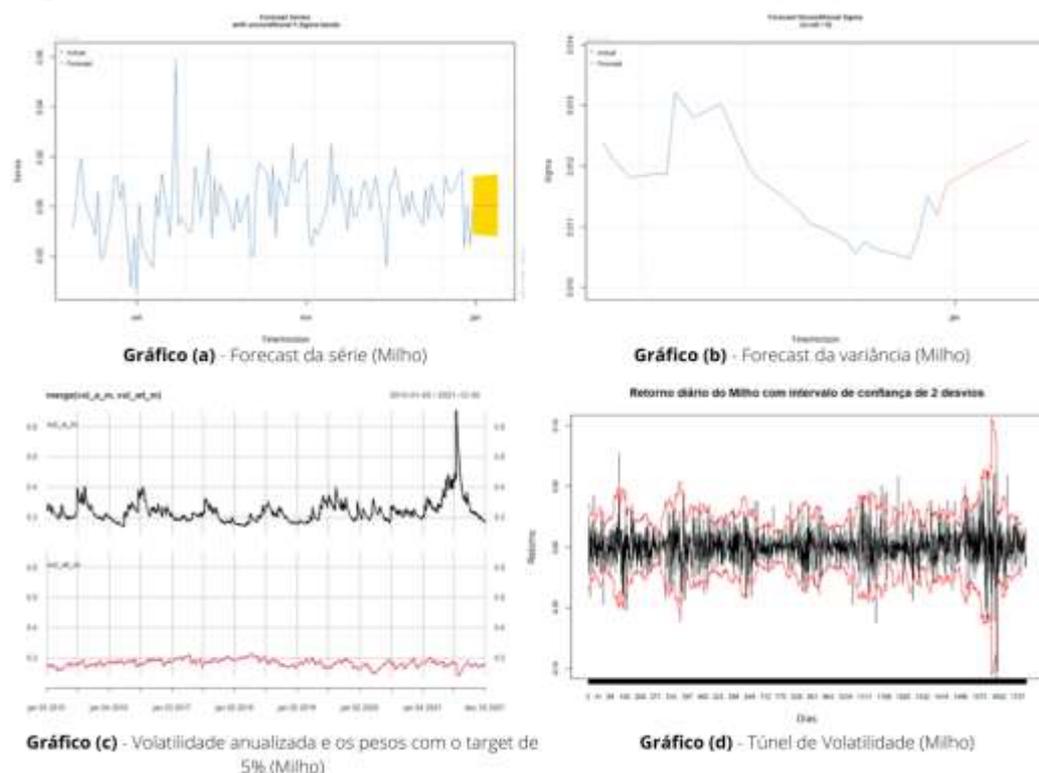


Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 6b, temos o desvio padrão anualizado móvel em períodos de 22 dias, podendo comparar com os erros ao quadrado. Ele indica que a variância anualizada obteve pico em julho de 2021. Já a Figura 6c de volatilidade condicional, mostra variância extremamente alta nos meses da pandemia, indicando instabilidade no mercado de Milho causado nesse período.

Na Figura 7a é feita previsão dos retornos do Milho, demonstrando certa estabilidade para os retornos para 10 dias à frente dos dados de dezembro de 2021 (10 dias iniciais de janeiro de 2022). A Figura 7b, apresenta previsão da variância dos retornos para 10 dias à frente dos dados de dezembro de 2021, indicando aumento nessa variância prevista.

Figura 7 – Previsões retornos (Milho)



Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 7c, é possível observar que o risco para o mercado do Milho atingiu o pico máximo em meados de março de 2020, indicando o impacto negativo da primeira onda da pandemia. Além disso, no mesmo gráfico, percebe-se que em 2021 o pico máximo de risco para o preço do Milho superou o risco observado em 2020. Isso evidencia que a pandemia teve um impacto negativo ainda maior no risco do mercado de Milho durante o ano de 2021.

Para complementar a análise, é possível construir um túnel de volatilidade (ou envelope de volatilidade na Figura 7d), que é útil para uma análise qualitativa dos retornos juntamente com o desvio padrão em janela móvel. Ao observar outros gráficos, percebe-se que durante os cinco anos entre 2015 e 2021, a volatilidade do preço do Milho atingiu o pico em meados de maio de 2021,

indicando um período de crise em que os retornos mais extremos ficaram bastante distantes da média. Conclui-se que a onda de COVID-19 de 2021 teve impactos mais severos nos preços dessa *commodity* do que o início da pandemia em 2020. Além do período da pandemia, percebe-se que os picos de volatilidade em 2015 e 2016 foram ainda maiores do que o pico de volatilidade do início da pandemia em 2020. Isso evidencia que as crises desses períodos tiveram um impacto ainda mais significativo nos preços do milho do que a pandemia em 2020.

No estudo de Almeida *et al.* (2016), foi estimado por meio de um modelo ARCH os efeitos que os preços do milho da CBOT (contratos futuros do derivativo da *commodity* milho nos EUA), a taxa de câmbio e a volatilidade do período anterior tiveram nos preços do milho cotados na BM&FBOVESPA no período de 2011 a 2015. Os resultados indicaram que essas variáveis tiveram efeitos positivos e negativos na cotação do milho negociado na BM&FBOVESPA nesse período. Quando as taxas de câmbio eram baixas, os preços da *commodity* milho na BM&FBOVESPA tendiam a aumentar, enquanto que quando as taxas de câmbio eram altas, os preços da *commodity* milho tendiam a diminuir. Além disso, ocorria um aumento nos preços da *commodity* milho na BM&FBOVESPA quando os preços da CBOT estavam altos.

De acordo com uma reportagem de mercado da GlobalFert (2015) sobre a safra de 2015/2016, houve uma instabilidade no mercado de soja e milho devido à situação climática e à volatilidade do dólar, o que afetou os preços dos fertilizantes. A reportagem destacou os problemas causados pelo clima, que atrasaram o plantio da safra, bem como questões relacionadas à disponibilidade de crédito. Já em 2020 e 2021, fica evidente que a pandemia indiretamente provocou oscilações no mercado, incluindo no mercado de *commodities*. Isso afetou principalmente a cadeia de suprimentos, os custos de produção dessas culturas, mas também fatores que a literatura mostra como altamente decisivos nos preços dessas *commodities* como câmbio, petróleo e a transmissão de preços de mercados relevantes. Os seguintes autores mais destacaram a ação do preço do petróleo na influência dos preços das *commodities* agrícolas em geral: Black (2013); Bini, Canever e Denardim (2015); Margarido, Turolla e Bueno (2014), Nazlioglu, Erdem e Soytaş (2012) e Silva Castro e Gilio (2016)

Portalete *et al.* (2015) aponta, em relação ao choque no preço do milho na

safras de 2014/2015, que um dos responsáveis foi a apreciação do dólar causada pelo cenário político da época. Isso acabou por prejudicar a formação de expectativas de agentes econômicos externos em relação à solidez da economia brasileira. Os autores também explicam que a valorização do dólar em relação ao real tem vantagens e desvantagens. No lado das vantagens, os setores exportadores ganham mais competitividade internacionalmente, especialmente as *commodities* como o milho. Além disso, as indústrias voltadas para o mercado interno ganham competitividade em relação aos concorrentes estrangeiros. Por outro lado, a valorização do dólar gera pressão sobre a inflação, encarecendo produtos importados.

Ainda, Portalete *et al.* (2015) afirmam que na safra de 2015/16, o fator primordial para a pressão no preço do milho foram os números divulgados pelo USDA no relatório mensal de oferta e demanda. Esse relatório revisou para cima a produção de milho dos Estados Unidos nessa safra, de 343,7 para 347,6 milhões de toneladas. Além disso, houve uma revisão para cima nos estoques de milho do país, saindo de 40,6 para 43,53 milhões de toneladas. Gelinski Júnior *et al.* (2015) citam a divulgação de informações como estoques, produção e consumo das *commodities* como fator preponderante na influência de seus preços.

Guth (2019), em análise para a Conab, compara o que ocorreu nas safras de milho de 2015/16 e 2018/2019, argumentando que na safra de 2015/16 ocorreu uma perda inesperada de produção, gerando um sério problema para o abastecimento interno de cadeias produtivas importantes, como a de aves e suínos. Ele indica que havia um risco disso se repetir na safra de 2018/2019. Gelinski Júnior *et al.* (2015) também argumentam que as mudanças na quantidade de criação de suínos, aves e bovinos, que são alimentados com ração feita de *commodities* agrícolas como milho, têm um impacto direto no consumo dessas *commodities*, afetando em seus preços.

Ainda Agrosafra (2016) diz que a recuperação dos estoques mundiais de milho e o aumento da área de plantio nos EUA causaram uma redução nos preços do milho em dólar a nível internacional no ano em questão. Isso pode ter aumentado a demanda da indústria americana de etanol de milho e estabilizar os preços em médio prazo. No Brasil, o alto volume de milho exportado reduziu os estoques nacionais e causou um aumento exponencial nos preços entre janeiro e

maio de 2016. No entanto, com o início da colheita do milho safrinha em junho, a oferta interna aumentou e houve uma leve redução nos preços.

Em análise de Coêlho (2021) com dados do USDA de 2021 da cadeia do milho, é possível constatar que a pandemia não afetou negativamente os números da produção agrícola, já que todas as variáveis registraram estabilidade ou aumento entre os anos-safra de 2018/2019 e 2020/21. Contudo, algumas variações na produção mundial ocorreram nesse período devido a problemas climáticos, como tempestades de vento e seca severa nos Estados Unidos e Argentina, além da quebra da safra na Ucrânia, que era o quarto maior produtor mundial na época. Esses eventos climáticos contribuíram para uma pequena variação na produção mundial entre os anos-safra de 2018/19 e 2019/20. Desde julho de 2020, os preços externos do milho mantiveram-se em alta, influenciados pelo dólar valorizado e pela demanda externa aquecida, especialmente da China, que vinha recuperando seu plantel após a peste suína africana em 2018. No entanto, a estabilidade do dólar no período em questão e a queda dos preços internacionais teve uma diminuição em relação a diferença entre os preços de exportação e os internos, tornando a venda para o mercado interno mais vantajosa. Além disso, fatores como o clima seco nas principais regiões produtoras dos EUA e do Brasil podem ter de influenciar essa tendência à estabilidade.

Segundo Sobrinho e Malaquias (2023) As medidas de contenção da COVID-19 tiveram efeitos imediatos nas cadeias agroalimentares, gerando incerteza no escoamento de insumos, produção agrícola, processamento agroindustrial e problemas logísticos. O temor de restrições de abastecimento pressionou os preços dos produtos agrícolas, o que afetou principalmente as *commodities* como soja e milho.

6.3. Volatilidade da Soja

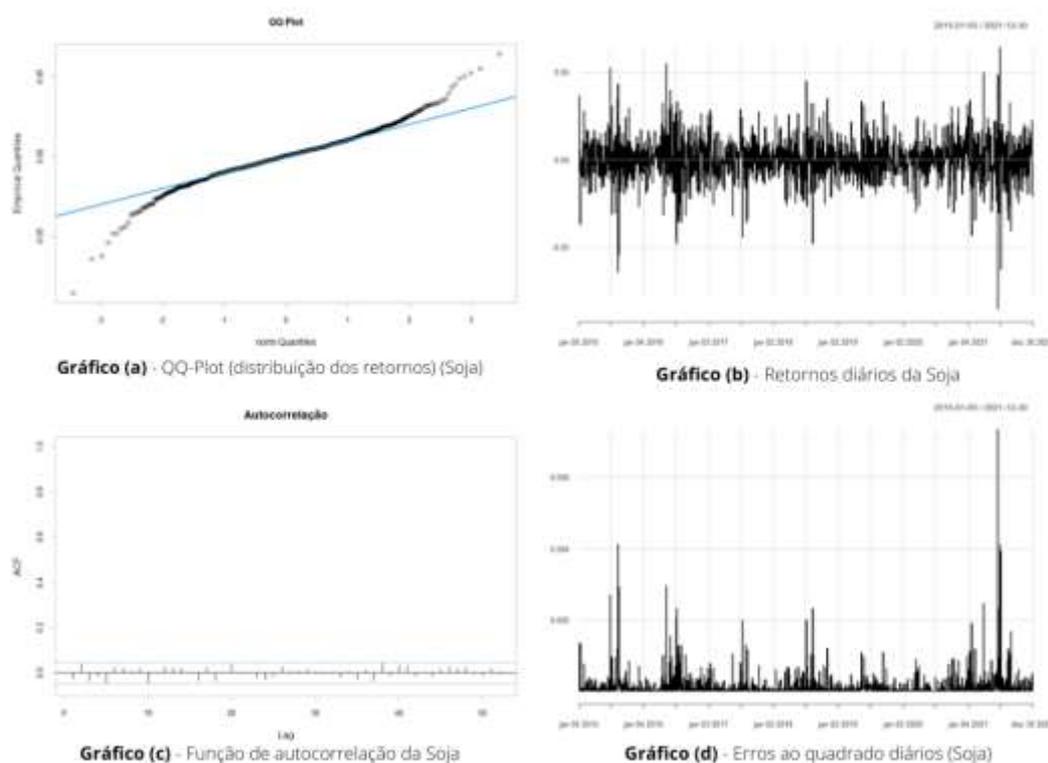
Batista e Brum (2022), em sua análise bibliográfica, apontam como principais causas na determinação do preço da soja nos últimos tempos o crescimento econômico e populacional de países emergentes e subdesenvolvidos, o chamado “Efeito China”, e também o uso de derivativos e

contratos futuros nos mercados de bolsas internacionais. De acordo com a análise bibliográfica, os aspectos influenciadores dos preços cotados da soja nas bolsas internacionais possuem significância de 41% da amostra de dezessete autores analisados, sendo que os custos de produção aparecem logo em seguida, com 35% de significância da amostra utilizada. Ainda em relação aos custos, o aumento do preço dos combustíveis (petróleo) e biocombustíveis (etanol) se destacam como principais fatores na formação de preços da soja. Os altos valores dos combustíveis e biocombustíveis impactam diretamente as produções, influenciando na quantidade ofertada pelos produtores e fornecendo consequências nos estoques mundiais. Na análise, as variações cambiais e os fatores climáticos aparecem com relevâncias de 24% e 18%, respectivamente.

Batista e Brum (2022), concluem que os níveis dos estoques mundiais, os efeitos especulativos dos mercados financeiros e a divulgação de informações relevantes por parte do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) e outras organizações afetam os preços cotados da soja nas bolsas internacionais.

Na Figura 8a, é possível avaliar a distribuição empírica dos *quantis* e a relação com a distribuição teórica, permitindo verificar se os retornos da Soja seguem uma distribuição normal. Observa-se nas Figura 8a e 8b que os dados apresentam alguns *outliers* que podem afetar a variância (volatilidade), porém pode-se considerar que esses retornos seguem uma distribuição normal.

Figura 8 – Normalidade, retornos e autocorrelação (Soja)

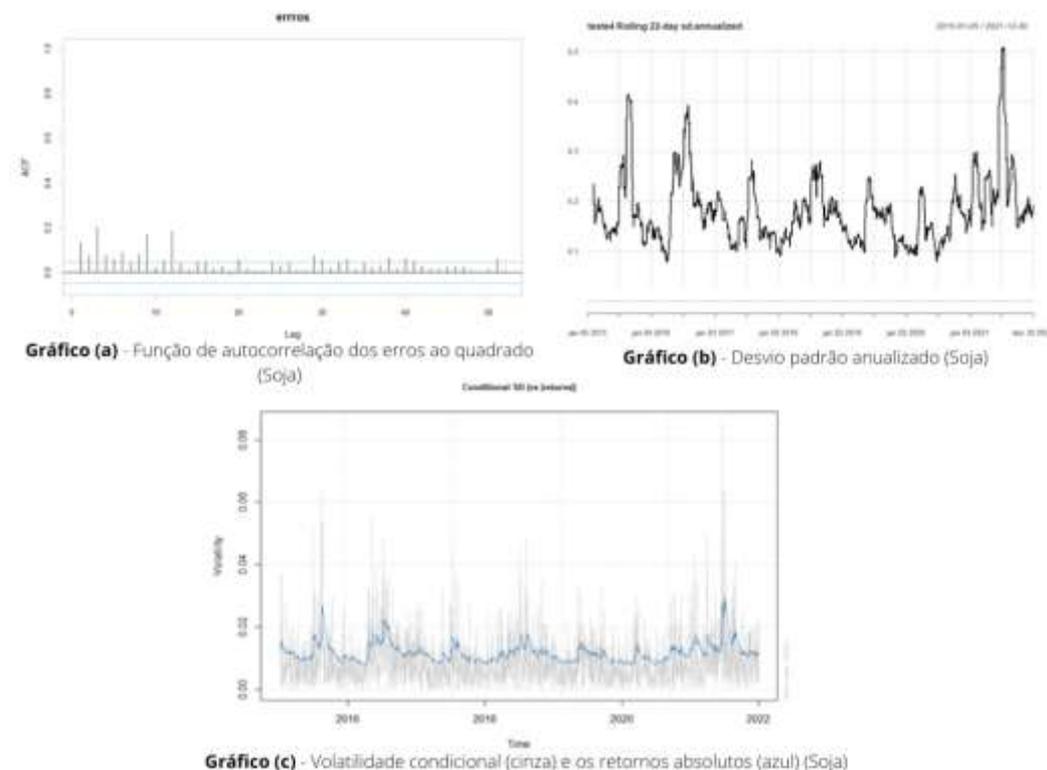


Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 8b ilustra os retornos do preço da Soja, evidenciando que nos últimos períodos, de 2020 até o final de 2021 (período da pandemia), os retornos apresentaram um comportamento atípico em relação aos outros períodos, com variações anormais. Já a Figura 8d, que apresenta os erros ao quadrado, representa a variância da série de retornos do preço da Soja, indicando que nos últimos períodos, especialmente em 2021, houve uma grande variância nos retornos, o que demonstra que a pandemia afetou negativamente o preço da Soja, aumentando o risco para quem negociava essa *commodity*. Também, na Figura 8c, mostra a função de autocorrelação dos retornos da Soja, demonstrando que a série não apresentou esse problema.

A Figura 9a apresenta a análise de autocorrelação dos erros ao quadrado para a série temporal do preço da Soja. Os resultados indicam que não há problema de autocorrelação nos erros, o que significa que podemos aplicar modelos de séries temporais sem a necessidade de fazer transformações na variável retorno do preço da Soja.

Figura 9 – Erros ao quadrado, Desvio padrão e Volatilidade Condicional quadrado (Soja)



Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 9b apresenta o desvio padrão anualizado móvel em janela de 22 dias, permitindo a comparação com os erros ao quadrado. É possível observar que a variância anualizada alcançou o pico em julho de 2021. Porém, em 2020, o pico de variância não está entre os maiores, com os anos de 2015 e 2016 sendo os segundo e terceiro maiores picos do desvio padrão do preço da Soja.

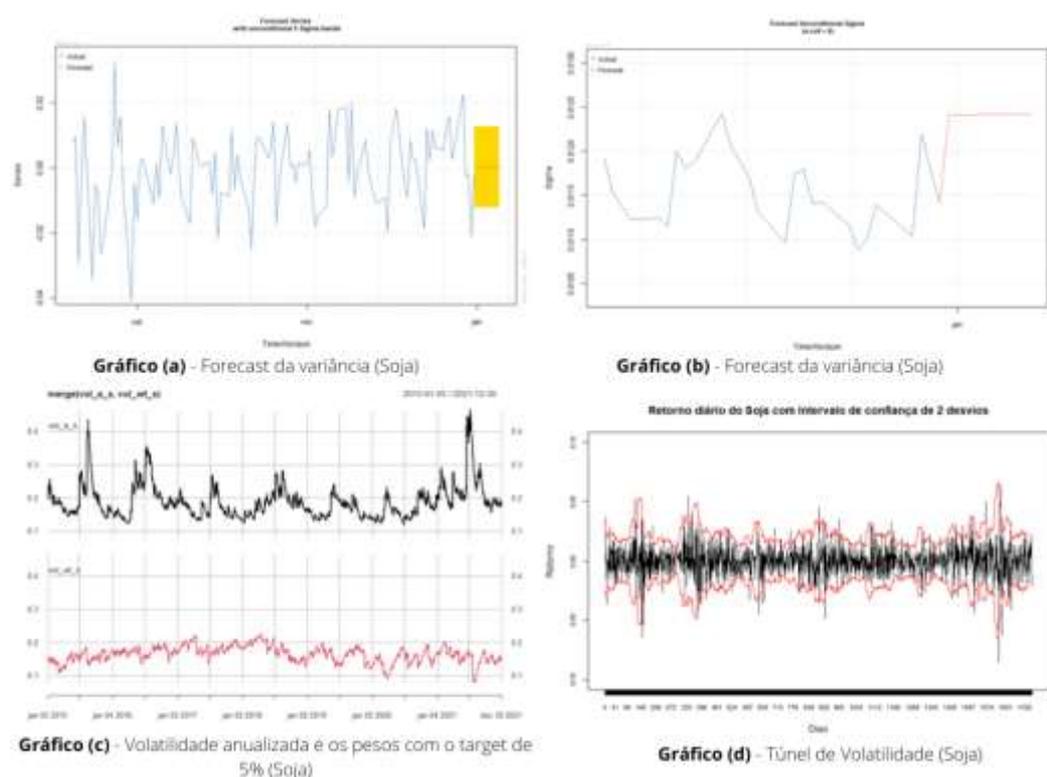
A Figura 9c representa a volatilidade condicional do preço da Soja e demonstra que houve uma variação extremamente alta em 2021, durante o período da pior onda da pandemia, o que indica uma instabilidade no mercado dessa *commodity* causada pela pandemia. No entanto, também é possível observar mais dois picos de variância que ocorreram fora do período da pandemia, em 2015 e 2016.

A partir desses gráficos, é possível concluir que a pandemia causou um aumento significativo na variação do preço da Soja, tornando o mercado mais arriscado durante esse período. Além disso, a análise dos erros ao quadrado por meio do gráfico de autocorrelação demonstra que esses erros não são

independentes no tempo, o que sugere que a variância pode ser modelada com base em seus valores passados.

Na Figura 10a é realizada uma previsão dos retornos da Soja, mostrando que há certa estabilidade para os retornos nos próximos 10 dias após os dados de dezembro de 2021 (ou seja, nos primeiros 10 dias de janeiro de 2022). Já na Figura 10b, há a previsão da variância dos retornos para os próximos 10 dias após os dados de dezembro de 2021, que também indica estabilidade nessa variância.

Figura 10 – Previsões retornos (Soja)



Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 10c é possível observar que o risco para o preço da Soja atingiu o pico máximo em meados de março de 2020, evidenciando o impacto negativo da primeira onda da pandemia nesse mercado. No mesmo gráfico, é possível verificar que em 2021 o pico máximo de risco para o preço da Soja superou o risco visto em 2020, indicando que a pandemia teve um impacto ainda mais negativo nesse mercado durante o ano de 2021.

Complementando, é possível construir um túnel de volatilidade, conforme a Figura 10d, que pode ser útil para uma análise qualitativa dos retornos em

conjunto com o desvio padrão em janela móvel. Esse gráfico confirma o que foi percebido em outros gráficos, que durante os cinco anos (2015 a 2021) a volatilidade do preço da Soja obteve um pico em meados de maio de 2021, sendo que o segundo maior pico da volatilidade foi em 2015 e em terceiro em 2016. Isso demonstra que nesses períodos houve aglomeração de retornos, indicando um período de crise em que retornos mais extremos ficam bastante distantes da média. Conclui-se que a onda de COVID-19 de 2021 teve um impacto mais severo nos preços dessa *commodity* do que o início da pandemia. No entanto, o impacto da pandemia de 2020 foi menor na volatilidade registrada em 2015 e 2016 para o preço da Soja.

Ferreira e Vegro (2015) reportam um aumento dos preços de fertilizantes pagos pelos agricultores em 2015, frisando que houve uma queda de entrega de fertilizantes nos cinco primeiros meses desse ano (queda de 12,0% em relação a 2014). Esse declínio tem explicação nos seguintes fatores:

- a) menor antecipação de compras pelos agricultores para a safra 2015/16, especialmente, para soja; b) aumento nos preços pagos de fertilizantes pelos agricultores, em função da valorização do dólar e repasse aos preços de diversos fertilizantes importados; c) a elevação da taxa de juros básico da economia; e d) queda dos preços recebidos pelos agricultores para algumas culturas, como o algodão (FERREIRA; VEGRO, 2015).

Ainda Ferreira e Vegro (2015), em suas análises da safra 2015/16, estimavam um aumento dos custos de produção para os agricultores. Eles fundamentavam essa estimativa na elevação dos preços de insumos agrícolas dependentes de importações que ocorria na época, dentre eles os fertilizantes, além da elevação das taxas de juros praticadas pelo crédito rural estabelecidas no Plano Safra daquele ano.

Severo e Soprana (2015), em suas análises de mercado para a safra 2015/2016 da soja, reportam que os analistas indicavam um aumento de 10% a 30% no preço dos insumos durante a safra em questão. Esse aumento se deve à redução na utilização de insumos na safra de soja e aos preços defensivos formados em dólar, o que fica mais caro para o produtor brasileiro devido ao atual câmbio. Além disso, 70% dos fertilizantes são importados, o que faz com que os custos da safra aumentem. O dólar valorizado pode tanto contribuir para o

aumento da renda dos produtores como onerar ainda mais os custos da safra. O aumento dos custos de produção estimado é de 29,5% em 2015/2016. Além disso, a alta de juros no Crédito Rural pesou no bolso dos produtores.

Segundo Faria (2021) a produção de grãos no Brasil foi impactada negativamente em 2021 devido a problemas climáticos. Apesar do recorde na produção nacional de soja na safra 2020/21, os altos preços no mercado foram mantidos devido à demanda firme tanto no mercado interno quanto no internacional. No primeiro semestre de 2021, houve um recuo de 2,3% na quantidade exportada de produtos do complexo de soja brasileira, mas um aumento de 24,9% no valor em comparação com o mesmo período de 2020, gerando US\$ 29,2 bilhões em divisas. O déficit hídrico durante a fase de desenvolvimento da segunda safra do milho em muitas das principais regiões produtoras, juntamente com massas de ar frio no Sul e Centro-Sul do país, foram fatores determinantes para a queda na produção e produtividade durante o ciclo da safra 2020/21.

6.4. Previsão mensal dos preços das *commodities* Milho, Café e Soja para o período de 01/01/2020 até 31/12/2021

O Modelo ARIMA é um método que combina técnicas de diferenciação, autoregressão e média móvel para modelar séries temporais.

Os modelos de média móvel usam observações passadas, semelhante a um modelo de regressão, mas com as variáveis dependentes sendo valores do passado. O modelo tem notação de $MA(q)$, que é composto por uma média ponderada dos erros de previsão passados.

Os modelos autoregressivos também usam valores passados, mas de uma forma diferente dos modelos de média móvel. Eles utilizam uma combinação linear dos valores passados da mesma variável, sendo notados como $AR(p)$.

O modelo $ARIMA(p,d,q)$ possui os parâmetros:

- p é a ordem do modelo autoregressivo;
- d é o grau de diferenciação;
- q é a ordem do modelo de média móvel.

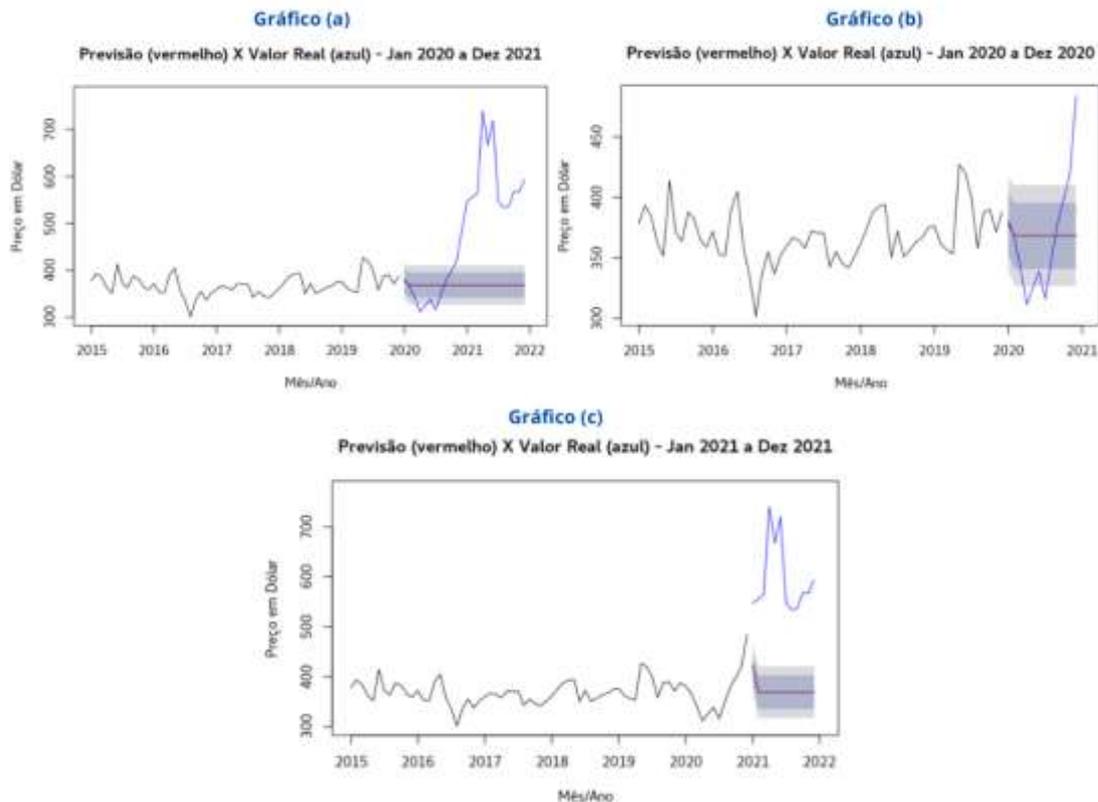
Os parâmetros do melhor modelo são escolhidos de forma a minimizar os erros de previsão.

Os gráficos de previsão de preços das *commodities* em estudo (apresentadas nas Figuras 11, 12 e 13) foram feitas no Software R mas com a utilização dos modelos adequados gerado pelo Software SPSS (Modelo ARIMA) e levando em conta os seguintes cenários: 1 – Gráfico (a): preço real da *commodity* de jan 2015 a dez 2019 (linha azul) e previsão do modelo de jan 2020 a dez 2021 (linha vermelha); 2 - Gráfico (b): preço real da *commodity* de jan 2015 a dez 2019 (linha azul) e previsão do modelo de jan 2020 a dez 2020 (linha vermelha); e 3 - Gráfico (c): preço real da *commodity* de jan 2015 a dez 2020 (linha azul) e previsão do modelo de jan 2021 a dez 2021 (linha vermelha).

A seguir, apresentamos a previsão dos preços das *commodities*. As séries de comparação (valores reais) estão representadas em azul, enquanto as linhas da previsão dos modelos estão em vermelho. Além disso, foram gerados intervalos de confiança para as previsões, destacados nas áreas cinza dos gráficos (sendo o cinza mais claro para a área de 95% de confiança e o cinza mais escuro para a área de 85% de confiança). Esses intervalos de confiança no modelo indicam que, com base nele, há uma probabilidade de 95% e 85% de os valores reais estarem dentro desse intervalo. Se os valores reais ultrapassarem essas margens, significa que pode ter ocorrido algum evento atípico que fez com que os preços não se enquadrassem nessas margens. Portanto, o modelo, ao levar em consideração as informações de tendência e sazonalidade, proporciona um alto grau de confiança nessas margens, desde que não ocorram eventos atípicos no mercado.

O modelo que melhor ajustou ao preço do Milho foi: ARIMA(0,0,1). Segue abaixo o resultado da aplicação do modelo de previsão:

Figura 11 - Cenários Previsão Preço Milho

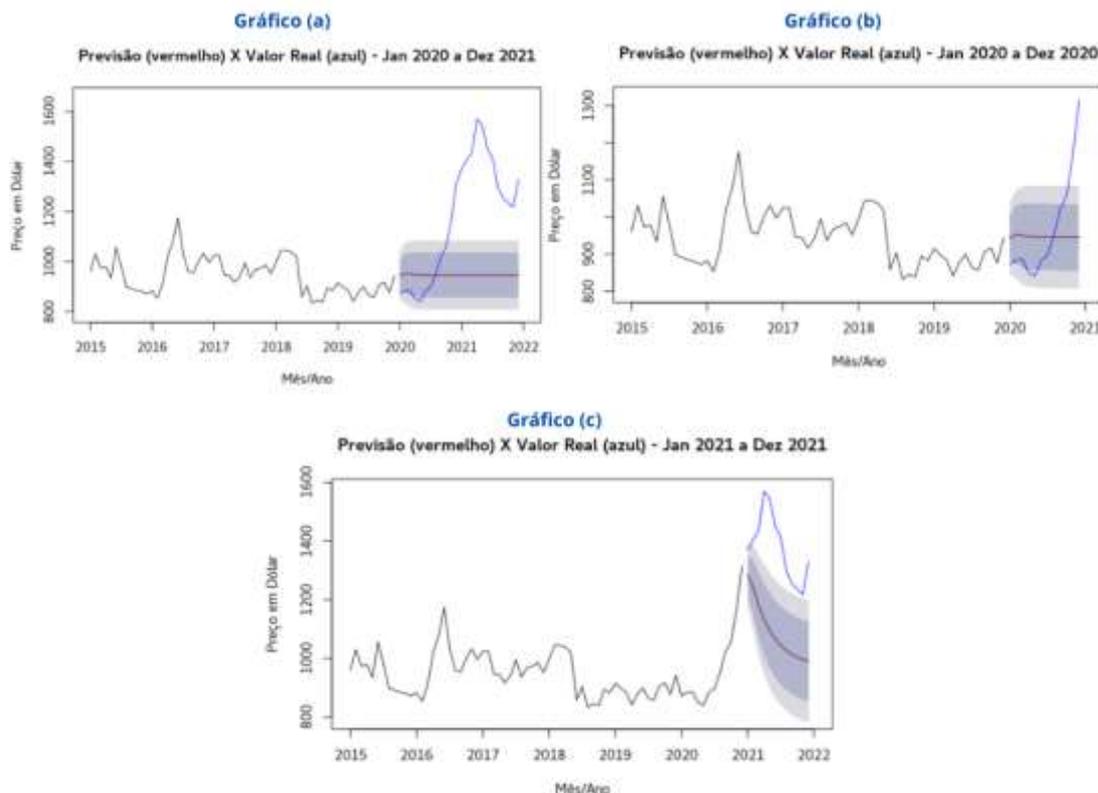


Fonte: Dados da pesquisa

No caso do milho, o parâmetro " q " refere-se às médias móveis ($q = 1$), o que torna o modelo menos sujeito a componentes aleatórios. Na Figura 11 (a e b), as previsões (representadas pelas linhas vermelhas) seguem uma linha reta da média, sem mostrar uma tendência claramente definida. Os intervalos de confiança são rompidos abruptamente no final de 2020, indicando que a maior parte dos valores reais estava dentro do intervalo de confiança até então. A partir do início de 2021, observamos que o intervalo de confiança e a previsão se distanciaram consideravelmente dos valores reais, evidenciando que o preço do milho sofreu um choque devido a um aumento excessivo no preço naquele ano. No que diz respeito à previsão exclusivamente para o cenário de 2021, é possível afirmar que a previsão conseguiu captar fracamente, de certa forma, a tendência de queda especificamente mais ao final do ano.

O modelo indicou que para a previsão dos preços Soja e Café o modelo mais apropriado é o ARIMA(1,0,2).

Figura 12 - Cenários Previsão Preço Soja

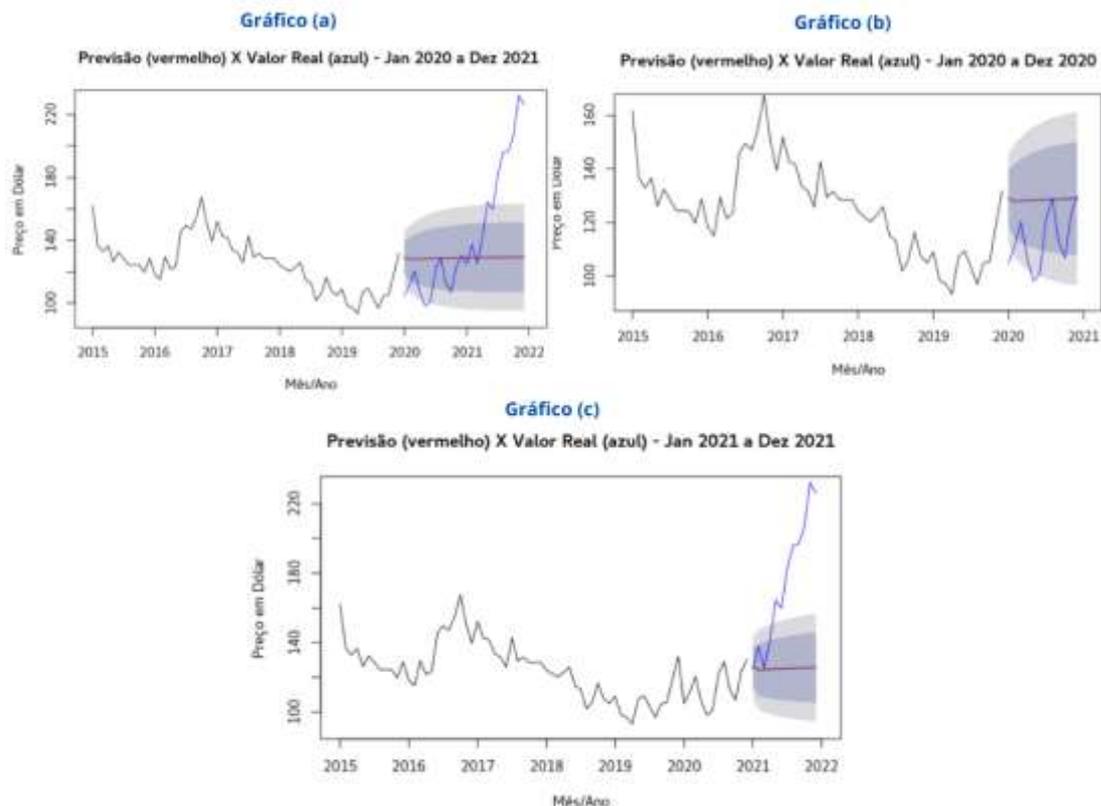


Fonte: Dados da pesquisa

Para a Soja e o Café o melhor modelo ajustado dá importância para a média móvel também, com o peso do modelo autoregressivo mais expressivo ($q = 2$).

A Figura 12 apresenta a previsão e o preço real da soja. As Figuras 12a e 12b mostram um padrão em que a linha de previsão segue uma média reta e os intervalos de confiança formam um túnel de valores relativamente constantes. Isso indica que o modelo não capturou adequadamente os fatores de tendência e sazonalidade da série. Assim como no caso do milho, fica evidente que os valores reais da soja também sofreram um choque positivo no final de 2020 e ao longo de 2021. De maneira geral, os preços do milho e da soja seguem um padrão semelhante. Ambos iniciam um aumento acentuado no final de 2020, continuando essa tendência até meados de 2021, e sofrem uma queda abrupta a partir desse ponto até o final do ano. A novidade na previsão da soja pelo modelo é que ele foi capaz de captar a tendência de queda em 2021.

Figura 13 - Cenários Previsão Preço Café



Fonte: Dados da pesquisa

Por fim, na Figura 13, apresenta-se o modelo de previsão de preços para o café, que exibe um comportamento semelhante ao do milho e soja. Observa-se que o preço do café também sofreu um choque positivo em 2021, que se estendeu ao longo do ano. A maior parte dos valores reais em 2020 se manteve dentro dos intervalos de confiança, porém, no início de 2021, ocorreu uma ruptura desses intervalos, confirmando um aumento significativo no preço do café durante esse período.

6.4.1. Considerações sobre os resultados das previsões

O trabalho de Tessmann (2018) sobre estimação de transmissão de volatilidade entre os ativos que compõem o mercado de *commodities* agrícolas (algodão, café, açúcar, soja, trigo, aveia, milho e arroz) e *commodities* energéticas

(gás natural e petróleo) calcula a duração do contágio que há entre as *commodities* após uma delas ter sofrido algum choque. Os resultados mostram que existe uma conexão de 25,25% entre os mercados de duas classes de *commodities*: petróleo e grãos. O petróleo desempenha uma posição central na interação entre o milho e a soja, porque tanto o milho quanto a soja são utilizados na produção de biocombustíveis e, portanto, competem no mercado de energia. Como resultado, o preço dessas *commodities* pode afetar outras *commodities* agrícolas, como trigo e aveia, que são utilizadas como insumos nas fazendas. Além disso, as *commodities* agrícolas também apresentam relação entre si, pois competem por terras aráveis e podem ser substitutos próximos na demanda. Isso significa que se o preço de uma *commodity* agrícola subir, os produtores podem optar por produzir mais dessa *commodity* em detrimento de outras, o que pode afetar os preços das outras *commodities*. A divisão do índice em períodos permite observar como um choque em um determinado ativo pode afetar os demais ativos do mercado. À medida que os dias se passam, os efeitos do choque vão sendo suavizados, o que significa que os preços dos ativos podem se ajustar para absorver o impacto do choque. O autor finaliza, dizendo que isso é comum em outros mercados além do mercado de *commodities*.

Agrosafra (2016) cita o La Niña, que é um fenômeno natural de resfriamento das águas do Oceano Pacífico, como componente afetou as safras de inverno em 2016 e de verão em 2016/17. Uma das consequências desse fenômeno é a irregularidade das chuvas, o que pode levar a veranicos. Além disso, existiu a preocupação de que ocorreria geadas tardias nos cultivos de inverno, impactando negativamente a safra de 2016. Sendo assim, a cotação da soja na CBOT se manteve alta em maio e junho de 2016 devido às perdas na safra 2015-2016 no Brasil e na Argentina, juntamente com uma demanda internacional aquecida. No Brasil, os preços foram ainda mais elevados em junho devido à desvalorização do real frente ao dólar.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados iniciais indicam que, durante o período da pandemia de COVID-19, as *commodities* analisadas experimentaram alta volatilidade nos preços. No caso do milho e da soja, os resultados mostram que os picos de volatilidade em 2015 e 2016 foram mais intensos do que o pico observado no início da pandemia em 2020, evidenciando que essas duas *commodities* foram mais instáveis em crises anteriores. Para as três *commodities*, a onda de COVID-19 em 2021 gerou o maior pico de volatilidade de toda a série histórica analisada.

É profundamente importante ressaltar que os fatores que podem ter influenciado essa volatilidade não necessariamente estão diretamente relacionados à pandemia em si. Fatores como o câmbio, os custos de produção, os fenômenos climáticos e os problemas na cadeia de suprimentos (que foram diretamente impactados pela pandemia) são importantes para entender a volatilidade de preços das *commodities*. Isso fica evidente quando comparamos o ano de 2021 com os anos de 2015 e 2016, que apresentaram os maiores picos de volatilidade para o milho e a soja. Em uma análise de mercado, é possível identificar possíveis causas para essas flutuações de preços.

Os resultados da análise de volatilidade desta dissertação apontam para alta volatilidade nos anos de 2015, 2016 e 2021. Apesar dos fatores iniciais terem sido diferentes - como a pandemia em 2021 e a crise brasileira em 2015/2016 -, as causas dessas crises sempre geram efeitos nos preços das *commodities* em geral. Entre as causas amplamente debatidas no referencial e na discussão, estão: apreciação do dólar; oferta e demanda das *commodities* agrícolas e outros fatores que as afetam; o chamado Efeito-China; preços das *commodities* energéticas, como petróleo, biocombustíveis, diesel e outras; divulgação de informações pelas agências responsáveis pelo setor agrícola dos países produtores; e transmissão de preços de mercados importantes. Dessa forma, essas crises não necessariamente afetaram os preços das *commodities*, mas foram os estopins para que alguns desses fatores mencionados surgissem e permanecessem em um determinado período de tempo. Em relação aos fatores que não são causados por essas crises, como os fatores climáticos, são previsíveis e considerados como algo que o mercado espera e que apenas tenta

amenizar quando ocorrem.

Essa dissertação foi um estudo com aplicação de séries temporais na análise de volatilidade com uso de modelos da família ARCH e de previsão de preços com modelos ARIMA, tendo limitações apresentadas por Slack, Chambers e Johnston (2009) que afirmam que esses modelos de séries temporais apenas consideram as observações passadas na realização de previsões, sendo que não consideram as variações causais.

Como visto anteriormente sobre a importância da previsibilidade dos preços de *commodities*, em que Ribeiro (2013) diz essa previsibilidade ajuda tanto os produtores, como os compradores a tomarem as melhores decisões sobre o melhor momento de comprar e de vender a *commoditie* para que consigam controlar melhor o seu risco. Também muitas metodologias se mostram eficientes para estudo de previsibilidade de preços. Portanto, como sugestões para outras pesquisas o uso de modelos de Rede Neurais (RNAs) e Modelos Lineares Dinâmicos, valendo a pena também aplicação de metodologias para avaliação da eficiência desses modelos em casos específicos, como no mercado de *commodities*.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAG. **Associação brasileira do agronegócio 2015**. Disponível em: <<http://www.abag.com.br/media/pdfs-congresso/2015/abag-congresso-final-1609.pdf>>. Acesso em maio 2022.

Agrosafra. **Gerência Técnica e Econômica**. 2016. Disponível em: <<http://paranacooperativo.coop.br/PPC/attachments/article/109972/Informativo%20Agrosafra%2015-09-2016.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

AL-ABRI, A. S.; GOODWIN, B .K. **Re-examining the exchange rate passthrough into import prices using non-linear estimation techniques: Threshold cointegration**. *International Review of Economics & Finance*, v.18, pp. 142-16, 2009.

ALBUQUERQUE, C. R.; PORTUGAL, M. S. **Testing nonlinearities between Brazilian exchange rate and inflation volatilities**. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v. 60, n.n.4, p. 325-351, 2006.

ALEEM, A; LAHIANI, A. **A threshold vector autoregression model of exchange rate pass-through in Mexico**, *Research in International Business and Finance*, n.30, pp. 24-23, 2014.

ALMEIDA, M.; FERREIRA, G.; GUARESCHI, A.; SEIDLER, P. **EFEITO DA VOLATILIDADE PREÇO DO MILHO**. 4º SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO 6 e 7 de Outubro, 2016 – Porto Alegre, RS. 2016.

AMBROSANO L. **Avaliação de plantas oleaginosas potenciais para cultivo na safrinha [dissertação]**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012.

ARAÚJO, M.J. **Fundamentos do Agronegócio**. 2ª edição. São Paulo: Editora Atlas S.A 2007. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=427793&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22ARAUJO%22&qFacets=autoria:%22ARAUJO%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=10>>. Acesso em: 15 de jun. 2022.

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. – São Paulo : Atlas, 2014.

BALCOMBE, K., & RAPSOMANIKIS, G. **Bayesian estimation and selection of nonlinear vector error correction models: the case of the sugar-**

ethanol-oil nexus in Brazil. *American Journal of Agricultural Economics*, 90(3), 658-668. 2008. Disponível Em: <<https://academic.oup.com/ajae/article/90/3/658/61542/Bayesian-Estimation-and-Selection-ofNonlinear>>. Acesso em: 03 fev. 2023.

BALDWIN, R.; WEDER DI MAURO, B. **Economics in the Time of COVID-19**. A VoxEU.org. CEPR Press Book, 2020.

BARROS, G.S.C. **O agronegócio, a pandemia e a economia mundial**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), Piracicaba, junho de 2020. Disponível em: <<https://cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/o-agronegocio-a-pandemia-e-a-economia-mundial-1.aspx>>. Acesso em: 30 de out. de 2022.

BARROS, G. S. C.; ADAMI, A. **Maior volume e dólar alto sustentam faturamento recorde neste ano**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), Piracicaba, outubro de 2020. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/export-cepea-maior-volume-e-dolar-alto-sustentamfaturamento-recorde-neste-ano.aspx>>. Acesso em: 03 de nov. de 2022.

BASTOS, E. K. X. **Boletim de Expectativas**. Carta de Conjuntura número 48, Terceiro Trimestre de 2020. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada – IPEA. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/200717_boletim_julho_2020.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2022.

BATISTA, G.; BRUM, A. L. **REVISÃO DA LITERATURA ACERCA DAS VARIÁVEIS QUE IMPACTAM A PRECIFICAÇÃO DE COMMODITIES AGRÍCOLAS NO BRASIL E NO MUNDO**. Evento: XXVII Jornada de Pesquisa – Salão do Conhecimento – Unijuí, outubro de 2022.

BESSADA, O. **O mercado de derivativos financeiros**. Rio de Janeiro: Record, 2000.

BEZERRA, A. R. G. *et al.* **Importância econômica**. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Org.). *Soja: do plantio à colheita*. Viçosa: Editora UFV, 2015.

BINI, A. D.; CANEVER, M. D.; DENARDIM, A. A. **Correlação e causalidade entre os preços de commodities e energia**. *Nova Economia*, Belo

Horizonte, v. 25, n. 1, p. 143-160. Janeiro-abril, 2015.

BLACK, C. **Eventos relacionados ao superciclo de preços das commodities no século XXI**. Índice Econômico, Porto Alegre, v. 40, n. 2, p. 67-78, 2013.

BLOOM, D. E.; KUHN, M.; PRETTNER, K. **Health and Economic Growth**. IZA Discussion Papers, [S.I.], n. 11.939, 2018. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/193233/1/dp11939.pdf>>. Acesso em: 1 mar. 2022.

BOLLERSLEV, T. **Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity**. Journal of Econometrics, v. 31, n. 3, p. 307–327, abr. 1986.

BOLSA DE MERCADORIAS E FUTUROS – BM&F. **Conheça a BM&F**. São Paulo: BM&F, 2005.

BORENSZTEIN, E., & REINHART, C. M. **The Macroeconomic Determinants of Commodity Prices**. IMF Staff Papers, 41(2), 236-261, 1994.

BOX, G. E. P.; & JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1970.

BRAINER, M. S. C. P. **Café – Aspectos Conjunturais de Aumento do Preço**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - Banco do Nordeste - Caderno Setorial ETENE ANO 7, Nº 223. Maio, 2022.

BRANDÃO, A. S.; ALVES, E. R. A. **Commodities agrícolas e preço do petróleo**. Revista de Política Agrícola, ano 22, n. 1, p. 43-54, jan./fev./mar. 2013.

BRESSER-PEREIRA, L. C. **The Dutch disease and its neutralization: a ricardian approach**. Revista de Economia Política, v. 28, n.1 (109), p. 47-71, jan./mar. 2008.

Brfertil. **BRASIL NO RANKING DOS PRINCIPAIS PRODUTORES DE MILHO**. 2022. Disponível em: <<https://brfertil.com.br/brasil-no-ranking-dos-principais-produtores-de-milho/>>. Acesso em: 04 abr. 2023.

BROCKWELL, P. J.; DAVIS, R. A. **Introduction to Time Series and Forecasting**. Springer, 2016.

BUSSIÈRE, M. **Exchange Rate pass through to trade prices: The role of non-linearities and asymmetries**, Working paper series, European Central Bank, n.822, 2007.

CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. **Efeitos das variações cambiais**

sobre os preços da carne de frango no Brasil entre 2008 e 2012. Revista de Economia e Sociologia Rural, Piracicaba, v. 51, n. 3, p.575-590, 2013.

CAMPBELL, J. Y.; LO, A. W. C.; MACKINLAY, A. C. **The econometrics of financial markets.** Vol. 2. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1997.

CARNEIRO, Carla Maria. **Processo Produtivo do Café: Torrefação e qualidade.** Universidade Federal de Uberlândia, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/31531>>. Acesso em: 7 maio 2022.

CARVALHO, A.; NEGRI, J. A. D. **Estimação de equações de importação e exportação de produtos agropecuários para o Brasil – 1977 a 1998.** (Texto para discussão n. 698). Brasília: Ipea, 2002.

CARVALHO, A. C.; RODRIGUES, P. da S.; CARVALHO, D. F. **Risco, incerteza e expectativa na dinâmica dos eventos de uma economia capitalista na perspectiva de Keynes e Knight.** Revista de Economia Política e História Econômica, v. 41, n. 14, p. 05-25, jan. 2019.

CARVALHO, B. N.; SILVA, A. K. S.; LOBATO, T. C.; FIGUEIREDO, A. M. **Análise de volatilidade nos retornos dos preços spot e futuro do café arábica no período de 2007 a 2017.** Revista de Economia v. 43 | n. 81 | p. 295-312 | 2022.

CARVALHO, J. C.; PAVAN, L. S.; HASEGAWA, M. M. **Transmissões de volatilidade de preços entre Commodities agrícolas brasileiras.** Revista de Economia e Sociologia Rural, 58(3): e193763, 2020.

CASHIN, P.; CÉSPEDES, L. F.; SAHAY, R. **Commodity currencies and the real exchange rate.** Journal of Development Economics, v. 75, n. 1, p. 239-268, 2004.

CASTRO JÚNIOR, L. G. **Comercialização de produtos agrícolas no complexo agroindustrial.** 1. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

CEPAL-FAO. **Cómo evitar que la crisis del Covid-19 se transforme en una crisis alimentaria:** Acciones urgentes contra el hambre en América Latina y el Caribe. Informe Covid-19 – Cepal/FAO, jun. 2020.

CEPAL-OIT. **El trabajo en tiempos de pandemia:** desafíos frente a la enfermedad por coronavirus (Covid-19). Coyuntura Laboral en América Latina y el Caribe, n.22, Santiago, 2020.

CHEN, S. T.; KUO, H. I.; CHEN, C. C. **Modeling the relationship between**

the oil price and global food prices. Applied Energy, v. 87, n. 8, p. 2517-2525, Aug. 2010. DOI: 10.1016/j.apenergy.2010.02.020.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho.** Brasília, DF: Embrapa/CNPMS, 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/protilp/artigos/Circ_78.pdf>. Acesso em 26 de jun. 2022.

COELHO, J. D. **MILHO: PRODUÇÃO E MERCADOS.** Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE. Caderno Setorial ETNE – ANO 6/N. 182, 2021.

COIBION, O., GORODNICHENKO, Y., & WEBER, M. (2020). **The Cost of the COVID-19 Crisis:** Lockdowns, Macroeconomic Expectations, and Consumer Spending. National Bureau of Economic Research Working Paper 27141. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w27141>>. Acesso em: 1 mar 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/index.php/busca?searchword=milho&searchphrase=all&limitstart=0>>. Acesso em: 06 maio 2022.

CONAB. **Primeiro levantamento da safra 2019/20 de grãos indica produção de 245 milhões de toneladas.** 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3080-primeiro-levantamento-da-safra-2019-20-de-graos-indica-producao-de-245-8-milhoes-de-t>>. Acesso em: 12 de jun. 2022.

CONFORTI, P. **Price transmission in selected agricultural markets.** Commodities and Trade Division; FAO Commodity and Trade Policy Research Working Paper. March, 2004.

CONT, R. **Empirical properties of asset returns:** stylized facts and statistical issues. Quantitative Finance. v. 1. p 223-236, 2001.

COPETTI, L. S.; VIEIRA, K. M.; CORONEL, D. A. **Transmissão das variações da taxa de câmbio para os preços de exportação da soja no Brasil e na Argentina.** XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2012.

COPETTI, L. S.; CORONEL, D. A. **Transmissão da Variação da Taxa de Câmbio para os Preços de Exportação Brasileiros do Grão de Soja: Um Estudo Comparativo do Dólar e do Euro**. Desenvolvimento em Questão, vol. 18, núm. 50, Enero-Marzo, ISSN: 1678-4855 2237-6453. 2020.

CORRÊA, A. L.; RAÍCES, C. **Derivativos Agrícolas**. Santos - SP: Editora Comunicar, 2017.

COSTA, S. S. **Pandemia e desemprego no Brasil**. Rev. Adm. Pública, Rio de Janeiro, v. 54, n. 4, p. 969-978, ago. 2020.

CRUZ JR., J. C.; SILVA, O. M. **Pass-through da taxa de câmbio nos preços de exportação dos produtos agropecuários brasileiros: 1994-2003**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER), Cuiabá - MT, 2004.

CUNHA, A. M.; LÉLIS, M. T. C.; SANTOS, C. C. R.; PRATES, D. M. **A intensidade tecnológica das exportações brasileiras no ciclo recente de alta nos preços das commodities**. Revista Indicadores Econômicos FEE, Porto Alegre, v. 39, n. 3, p. 47-70, 2011.

CUNHA, A. S. S. **O impacto da pandemia COVID-19 nas empresas inseridas em Cadeias de Valor Globais**. Dissertação Mestrado em Economia e Gestão Internacional na Faculdade de Economia da Universidade do Porto. Cidade do Porto - Portugal, 2021.

DANTAS, F. C.; TABOSA, C. M. **MODELAGEM DA VOLATILIDADE CONDICIONAL DO RETORNO DO MELÃO CEARENSE**. Revista de Economia e Agronegócio – REA. v. 19, n. 3, 2021.

DEATON, A., & MUELLBAUER, J. **Economics and consumer behavior**. Cambridge University Press, 1980.

DE JESUS, D. P.; OLIVEIRA, F. A.; MAIA, S. F. **Avaliação da Razão Ótima e Efetividade do Hedge das Commodities Agrícolas Negociadas na B3 com o Uso do Modelo Garch-Bekk**. REVISTA EVIDENCIAÇÃO CONTÁBIL & FINANÇAS. João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 61-81, Maio/Ago. 2021. ISSN 2318-1001.

DELATTE, A; LOPEZ-VILLAVICENCIO, A. **Asymmetric exchange rate passthrough: Evidence from major countries**. Journal of Macroeconomics, n.34, pp. 833-844, 2012.

DELGADO, G. C. **Especialização primária como limite ao**

desenvolvimento. Desenvolvimento em Debate, v.1, n.2, p.111-125, janeiro–abril e maio–agosto de 2010.

DOMINGUES, M. S. D., BERMANN, C., & SIDNEIDE MANFREDINI, S. **A produção de soja no Brasil e sua relação com o desmatamento na Amazônia.** Revista Presença Geográfica, v.1, n.1, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A história da soja.** 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 28 abr. 2022.

Embrapa. História da soja. Site Embrapa. 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2021/22).** Embrapa Soja. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 03 abr. 2023.

Enders, W. **Applied econometric time series.** John Wiley & Sons, 2014.

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

FAO. **Policies for the effective management of food price swings in Africa.** The transition of international maize price signals in eastern and southern Africa. Technical Brief 2. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.

FARIA, A. S. **AGRO EM DADOS | AGOSTO 2021.** 2021.

FARHI, M. **Derivativos financeiros:** hedge, especulação e arbitragem. Revista Economia e Sociedade, Campinas, (13): 93-114, dez. 1999.

FERREIRA, C. R. R.P. T.; VEGRO, C. L. R. **Fertilizantes:** aumento dos preços pagos pelos agricultores em 2015. Instituto de Economia Agrícola – Análises e Indicadores do Agronegócio, v. 10, n. 7, julho, 2015.

FIESP. **Os 10 países que mais produzem milho.** Sindicato da Indústria do Milho, Soja e seus derivados no Estado de São Paulo. 2022. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/sindimilho/noticias/os-10-paises-que-mais-produzem-milho/>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

FRAGA, G. J. *et al.* **O pass-through das variações da taxa de câmbio para os preços de exportação de soja.** Revista Análise Econômica, Porto

Alegre, n. 49, p. 193-210, 2008.

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para produção agrícola sustentável no Paraná.** Embrapa Soja: Londrina: Embrapa Soja. Documento/Embrapa Soja. ISSN 1516-781X; n 327, 2011, 52p.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Apostila. Fortaleza: UEC, 2002.

FUTURES INDUSTRY INSTITUTE. **Curso de futuros e opções.** São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2002.

GARBADE, K. D. & SILBER, W. L. **Price Movements and Price Discovery in Future and Cash Markets.** Review of Economic and Statistics, 65 (2), May, 289-297, 1983.

GARDEBROEK, C., & HERNANDEZ, M. A. **Do energy prices stimulate food price volatility? Examining volatility transmission between US oil, ethanol and corn markets.** Energy Economics, 40, 119-129, 2013.

GAZZONI, D. L. **Perspectivas do manejo de pragas - Soja: manejo integrado de insetos e outros Artrópodes-praga.** Brasília: Embrapa, p. 789-829, 2012.

GELINSKI JÚNIOR, E. *et al.* **Avaliando a operacionalização de contratos futuros de commodities agrícolas.** Custos e @gronegócio on line - v. 11, n. 2 – Abr/Jun - 2015.

Gil, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL-PAREJA, S. **Exchange rates and European countries' export prices: an empirical test for asymmetries in pricing to market behaviour.** Weltwirtschaftliches Archive, v. 136, 2000.

GlobalFert. **Safra 15/16 de soja e milho tende a ser arriscada devido ao clima e redução de crédito para compra de fertilizantes.** Out. 2015. Disponível em: < <https://globalfert.com.br/noticias/culturas/safra-15-16-de-soja-e-milho-tende-a-ser-arriscada-devido-ao-clima-e-reducao-de-credito-para-compra-de-fertilizantes/>>. Acesso em: 21 fev. 2023.

GLOSTEN, L. R.; JAGANNATHAN, R.; RUNKLE, D. E. **On the Relation Between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return**

on Stocks. The Journal of Finance, v. 48, n. 5, p. 1779–1801, dez. 1993.

GOGOI, A. **Investigating the long-run relationship between crude oil and food commodity prices.** Dissertation (MSc) – School of Economics, University of Nottingham, Nottingham. 2012. Disponível em: <https://www.academia.edu/3356644/Investigating_the_Long-run_relationship_between_Crude_Oil_and_Food_Commodity_prices>. Acesso em: 5 dez. 2022.

GOMES, M. F. **Formação de Preços de Commodities no Brasil.** Dissertação de Mestrado, FGV - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Área de Concentração: Economia de Empresas. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2002.

GUIMARAES, M. F.; NOGUEIRA, J.M. **A experiência norte-americana com o seguro agrícola: lições ao Brasil?** Revista de Economia Rural. Brasília, v. 47, n. 1, Mar. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032009000100002&script=sci_arttext>. Acesso em: 2 mar. 2023.

GUTH, T. L. F. **Conab - Análise Mensal – Milho – JUNHO/JULHO DE 2019.** 2019.

Hamilton, J. D. **Time series analysis (Vol. 2).** Princeton university press. 1994.

HANNAN, E. J.; RISSANEN, J. **Recursive Estimation of Mixed Autoregressive-Moving Average Order.** Biometrika, v. 69, n. 1, p. 81–94, 1982.

HARRI, A.; NALLEY, L.; HUDSON, D. **The relationship between oil, exchange rates, and commodity prices.** Journal of Agricultural and Applied Economics, v. 42, n. 2, p. 501-510, Aug. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/46534254_The_Relationship_between_Oil_Exchange_Rates_and_Commodity_Prices>. Acesso em: 03 jun. 2023.

HERVE, O. **Which factors drive which volatility in the grain sector? Price volatility and farm income stabilization: Modelling outcomes and assessing market and policy based responses.** 123rd EAAE Seminar. Dublin, February 23-24, 2012.

HERWARTZ, H. **Conditional Heteroskedasticity.** In: LÜTKEPOHL, H.; KRÄTZIG, M. (Eds.). Applied Time Series Econometrics. 1a ed. Cambridge/MA: Cambridge University Press, 2004. p. 197–220.

HIERONYMUS, T. A. **Economics of futures trading**. New York: Ed. Commodity Research Bureau, 1976.

HIRAKURI, M. H., & LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E), 2014.

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros e de opções**. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1994.

HULL, J. **Fundamentos dos mercados futuros e de opções**. Tradução de Marco Aurélio Teixeira. 4. ed. São Paulo: BM&F, 2005.

HULL, J. C. **Opções, Futuros e Outros Derivativos**. 9. ed. Porto Alegre : Bookman, 2016.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: Principles and Practice**, 2nd Edition, OTexts, 2018.

IANCHOVICHINA, E., & MARTIN, W. **Trade, food prices, and agriculture**. In Handbook of International Trade Agreements (pp. 1-29). Springer, Cham, 2019.

IMAI, N. *et al.* **Report 3: transmissibility of 2019-nCoV**. British Medical Journal Publishing Group, [S.l.], 2020. Disponível em: <<https://www.imperial.ac.uk/media/imperialcollege/medicine/sph/ide/gidafellowships/Imperial-2019-nCoV-transmissibility.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2022.

ISHIZAWA, D. K. **Modelos de volatilidade Estatística**. Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Estatística da universidade federal de São carlos- PPGEs/ UFSCar como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Estatística. São carlos - SP: UFSCar, out. 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4525/2117.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 de abr. 2023.

IZERROUGENE, B; COSTA-MATA, H. T. **Dólar, petróleo e novas práticas de comércio internacional**. *Economía, sociedad y territorio*, v. 11, n. 37, p. 707-728, 2011.

KOTZÉ, A. A. **Stock Price Volatility: a primer**. Doornfontein, Johannesburg - RSA: Financial Chaos Theory, 2005.

KRETER, A. C.; SOUZA JUNIOR, J. R. de C. **Economia Agrícola**. Carta de Conjuntura número 48, Terceiro Trimestre de 2020. IPEA, 2020. Disponível

em:

<https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/200825_cc_48_economia_agricola.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2022.

LEAL, T. A. B.; DUARTE, S. L.; SOARES, G. F. **Reflexos da pandemia da Covid-19 na gestão do agronegócio**. 19º Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade. São Paulo, 2022.

LEAL, T. A. B.; DUARTE, S. L.; DUARTE, D. L.; FEHR, L. C. F.A. **Reflexos da pandemia da Covid-19 no agronegócio do café**. XXIX Congresso Brasileiro de Custos – João Pessoa, PB, Brasil, 16 a 18 de novembro de 2022.

LIMA, A. V. **AVALIAÇÃO DO PREÇO FUTURO DE COMMODITIES COMO PREDITOR DO MERCADO À VISTA**. Artigo apresentado ao programa de Mestrado do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa – IDP como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre. BRASÍLIA – DF, 2020.

LIN, Q. *et al.* **A conceptual model for the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in Wuhan, China with individual reaction and governmental action**. International Journal of Infectious Diseases, [S.l.], v. 93, p. 211-216, 2020.

LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. **On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models**. Biometrika, v. 65, n. 2, p. 297–303, 1 ago. 1978.

LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 115p.

LUDOVICO, S. N. **PREVISÃO DE INDICADORES DIÁRIOS DE PREÇOS NO MERCADO FUTURO DE COMMODITIES AGRÍCOLAS UTILIZANDO APRENDIZAGEM DE MÁQUINA**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria, área de concentração em Estatística Aplicada e Biometria da Universidade Federal de Alfenas, MG, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Estatística Aplicada e Biometria - Linha de Pesquisa: Matemática Aplicada e Modelagem Matemática. Alfenas/MG, 2020.

LÜTKEPOHL, H.; KRÄTZIG, M. **Applied Time Series Econometrics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

MAHDAVI, S. **The response of the US export prices to changes in the dollar's effective exchange rate**: further evidence from industrial level data. *Applied Economics*, v, 34, 2002.

MAKRIDAKIS, S. **Forecasting, planning and strategy for the 21st century**. New York: The Free Press, 1990.

MAKRIDAKIS, S., WHEELWRIGHT, S. C., & HYNDMAN, R. J. **Forecasting**: methods and applications (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons, 1998.

MANKIW, N. G. **Macroeconomia**. tradução Ana Beatriz Rodrigues. – 8. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2015.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Exportação**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/exportacao>>. Acesso em: 18 mar. 2022.

MARGARIDO, M. A.; TUROLLA, F. A.; FERNANDES, J. M. **Análise da elasticidade de transmissão de preços no mercado internacional de soja**. *Pesquisa & Debate*, SP, v. 12, n. 2(20), p. 5-40, 2001.

MARGARIDO, M. A.; TUROLLA, F. A.; BUENO, C. R. F. **The world market for soybeans**: price transmission into Brazil and effects from the timing of crop and trade. *Nova Economia*, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 241-270, 2007.

MARGARIDO, M. A.; TUROLLA, F. A.; BUENO, C. R. F. **Análise da volatilidade e transmissão de preços entre os mercados internacionais de petróleo e soja**. *Organizações Rurais e Agroindustriais*, Lavras, v. 6, n. 1, p. 123-138, 2014.

MARQUES, P.V.; MELLO, P.C.; MARTINES FILHO, J.G. **Mercados futuros agropecuários**: exemplos e aplicações para o mercado brasileiro. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 240p.

MARTINS, L.C.; BINOTTO, Erlaine. **Educação ambiental, sustentabilidade e agronegócio**: uma questão dialógica. Junho 2015. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/EL/article/view/6175>>. Acesso em: 29 de out. de 2022.

MARTINS, Floriano J.; VAZ, Flávio Tonelli; Juliano S. M.; MUSSE, Juliano Sander; BISPO, Carlos Roberto. **Crise Financeira Mundial**: impactos sociais e no mercado de trabalho Brasília: ANFIP, 2009. 200p.

MATTEI, L. **A política econômica brasileira diante da Covid-19.** Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas, UESB Vitória da Conquista/BA, ano XVII, v.17, n.30, p.172-83, jul./dez. 2020.

MELO, E. S.; FERREIRA, D. M.; TURRA, S. **VOLATILIDADE DOS PREÇOS DE EXPORTAÇÃO DA SOJA E DO MILHO NO ESTADO DO PARANÁ E A PANDEMIA DA COVID-19: UM ESTUDO TEMPORAL** Gestão e Desenvolvimento em Revista V. 8, N. 2, jul-dez/2021, p. 133-152.

MELO, E. M.; MATTOS, L. B. **Análise da volatilidade da base do café arábica para a mesorregião do sul de Minas Gerais.** Revista Economia & Gestão, v. 12, n. 29, p. 124-140, 2012.

MENEZES, I. D. R. **REVISÃO DA LITERATURA EMPÍRICA ACERCA DAS VARIÁVEIS QUE IMPACTAM A PRECIFICAÇÃO DE COMMODITIES AGRÍCOLAS: SOJA, MILHO, CAFÉ E BOI GORDO.** Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação – UnB. Brasília, 2015.

MERLADETE, A. **2021 foi marcado pelos altos preços do café.** AGROLINK. 2022. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/2021-foi-marcado-pelos-altos-precos-do-cafe_460699.html>. Acesso em: 10 abr. 2023.

MIGUEL, B.; PELLICER, L. **União Europeia define um salto histórico em seu modelo orçamentário para frear a crise da Covid-19.** El País – Economía. Disponível em: <<https://brasil.elpais.com/economia/2020-07-21/ue-define-um-salto-historico-em--seu-modelo-orcamentario-para-frear-a-crise-da-covid-19.html>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Estatísticas de Comércio Exterior.** 2020. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior>>. Acesso em: 15 mar. 2023.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Boletim MacroFiscal da SPE:** maio de 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/boletim-macrofiscal/2020/boletim-macrofiscal-maio-2020-v12.pdf/view>>. Acesso em: 01 fev. 2022.

MIRANDA, R. A. **Uma história de sucesso da civilização:** A Granja, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MORATOYA, E. E. **TRANSMISSÃO E VOLATILIDADE DE PREÇOS DAS COMMODITIES AGRÍCOLAS: SOJA E MILHO**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio – PPAGRO da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – EA/ UFG, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronegócio. Goiânia, 2014.

MORETTIN, P. A. **Econometria Financeira: Um Curso em Séries Temporais Financeiras**. São Paulo: Editora Blucher, 2008.

MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M.C. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2004.

MORGAN, C. W., RAYNER, A. J. & ENNEW, C. T. **Price Instability and Commodity Future Markets**. World Development, 22, (11), 1729-1736, 1994.

MONTEIRO, V. B.; PENNA, C. M. **Diagnóstico para a desindustrialização do Brasil: doença holandesa ou custo Brasil?** Brazilian Journal of Development: Curitiba, v.7, n.6, p. 58706-58733, jun. 2021.

MONTGOMERY, D. C., JENNINGS, C. L., & KULAHCI, M. **Introduction to Time Series Analysis and Forecasting**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2008.

MORTATTI, C. M.; MIRANDA, S. H. G.; BACCHI, M. R. P. **Determinantes do comércio Brasil-China de commodities e produtos industriais: uma aplicação VECM**. Economia Aplicada, v. 15, n. 2, p. 311-335, 2011.

NAZLIOGLU, S.; ERDEM, C.; SOYTAS, U. **Volatility spillover between oil and agricultural commodity markets**. Energy Economics. Volume 36, March 2013, Pages 658-665.

NEPOMUCENO, A. L., *et al.* **Características da soja**. Agência Embrapa de Informação. 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_24_271020069131.html>. Acesso em: 07 fev. 2022.

NEVES, L. F. P.; SOUZA, V. G. S. **ESTUDO DA IMPORTÂNCIA DO AGRONEGÓCIO EM MEIO A CRISES**. Revista de Gestão e Estratégia – RGE, Vol.3, Nº. 1, 2021. p. 2.

NOGUEIRA, F. T. P.; AGUIAR, D. R. D.; LIMA, J. E. **Integração espacial no mercado brasileiro de café arábica**. Nova Economia, v. 15, n. 2, p. 91-112. Belo Horizonte, maio-agosto, 2005.

NOGUEIRA JÚNIOR, R, P. **Inflation Environment and Lower Exchange Rate Pass-Through in Brazil: Is There a Relationship?** Revista Brasileira de Economia, v. 64, n. 1, pp. 49–56, 2010.

NOGUEIRA JÚNIOR, R. P.; LEÓN-LEDESMA, M. **Exchange rate passthrough into inflation: the role of asymmetries and nonlinearities**, School of Economics Discussion Papers, University of Kent, Working Paper 08- 01, 2008.

NOGUEIRA JÚNIOR, R, P, LEÓN-LEDESMA, A, M. **Does exchange rate pass-through respond to measures of macroeconomic instability.** Journal of Applied Economics, Vol. 14, n. 1, pp. 167-180, 2011.

OLIVEIRA, A. C. S.; CAMPOS, R. T.; CASTRO, I. S. B; TREMPIERI NETO, N. **Análise dos efeitos das taxas de câmbio, de juros e da renda mundial sobre as exportações brasileiras de mel.** Revista Econômica do Nordeste, v. 46, n. 3, p. 61-78, 2015.

OLIVEIRA, Clarice. **Preço da Soja e do Milho Durante a Pandemia da Covid-19 e seus Impactos no Mercado Nacional da Carne.** Ciências Agrárias: Agronomia, Repositório Institucional. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2274>. Acesso em: 28 fev. 2023.

OLIVEIRA NETO, O. J.; FIGUEIREDO, R. S. **Análise das operações de hedge do boi gordo no mercado futuro da BM&F para o estado de Goiás.** Revista Gestão e Planejamento, Salvador, v. 9, n. 1, p. 77-93, 2008.

OLIVEIRA NETO, O.J. **Análise das operações de hedge do boi gordo no mercado futuro da BM&F para o Estado de Goiás.** Dissertação (Mestrado em Agronegócio). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008. 96p.

OMS. **Q&As on COVID-19 and related health topics.** 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub>>. Acessado em: 10 jun. 2022.

Organização Internacional do Café. **Relatório sobre o mercado cafeeiro.** outubro, 2021.

PÁCOLA, J. H. V. **Análise de volatilidade e risco do mercado transoceânico à vista de minério de ferro via modelos ARMA-GARCH e medidas de risco VaR e CVaR.** Dissertação submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para

obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica. Belo Horizonte - MG, ago. 2016.

PEREIRA, V.; DE LIMA, J.; BRAGA, M.; MENDOÇA, T. **Volatilidade condicional dos retornos de commodities agropecuárias brasileiras**. Revista de Economia, Paraná: Editora UFPR, v. 36, n. 3, p. 73-94, set./dez 2010.

PIMENTEL, D. ; LUPORINI, V. ; MODENESI, A. **Assimetrias no repasse cambial para a inflação: Uma análise empírica para o Brasil (1999 a 2013)**. Estudos Econômicos, v. 46, p. 343-372, 2016.

PIOT-LEPETIT, I.; M'BAREK R. **Methods to Analyse Agricultural Commodity Price Volatility**. New York: Springer, 2011.

POLLARD, P.S; COUGHLIN, C. **Size Matters: Asymmetric Exchange Rate Pass-Through at the Industrial Level**. Federal Reserve Bank of St. Louis, Working paper, 2003..

PONTES, H. L. J., DO CARMO, B. B. T., & PORTO, A. J. V. **Problemas logísticos na exportação brasileira da soja em grão**. Sistemas & Gestão, v.4, n.2, p. 155-181, 2009.

PORTALETE, L. C. *et al.* **Acompanhamento de Safra Milho - 2014/2015**. Informativo Sistema Famasul – Agricultura – Circular Técnica n. 119. Agosto, 2015.

PRATES, D. M. **A alta recente dos preços das commodities**. Revista de Economia Política, v. 27, n. 3, p. 323-344, 2007.

REVISTA CAFEICULTURA. **A história do café – A importância sócio-econômica**. 2006. Disponível em: <<http://revistacafeicultura.com.br/?mat=5548>> . Acesso em: 11 jun. 2022.

RIBEIRO, R. J. P. **Modelos de previsão de preços de commodities**. **Modelos de previsão de preços de commodities**. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação Universidade Nova de Lisboa, nov. 2013.

RIBEIRO, A. P. **Preço do café deve ter novas altas e indústria faz misturas para reduzir repasse**. Agência TradeMap. 2022. Disponível em: <<https://trademap.com.br/agencia/minhas-financas/preco-do-cafe-deve-ter-novas-altas-e-industria-faz-misturas-para-reduzir-repasse>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: FAPESP, 1998.

ROUBINI, N. **A Greater Depression? Project Syndicate**, [S.l.], p. 1-5, 24 mar. 2020. Disponível em: <<https://www.project-syndicate.org/commentary/coronavirus-greater-great-depression-by-nourielroubini-2020-03>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

SANTOS, Miltom. **Por uma globalização: do pensamento único à consciência universal**. 13. ed. Rio de Janeiro, 2006.

SANTILLI, Juliana. **Agrobiodiversidade e direitos dos agricultores**. São Paulo: Peirópolis, 2009.

SAY, R. S. **The analysis of financial time series**. New York: J. WILEY, 2002.

SCHNEIDER, S.; CASSOL, A.; LEONARDI, A.; e MARINHO, M. M. **Os efeitos da pandemia da Covid-19 sobre o agronegócio e a alimentação**. ESTUDOS AVANÇADOS, 2020.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SERRA, T. **Volatility spillovers between food and energy markets: A semiparametric approach**. Energy Economics, 33(6), 1155-1164, 2011. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988311000867>. Acesso em: Fev. 2023.

SERRA, T.; GIL, J. M. **Price volatility in food markets: can stock building mitigate price fluctuations?** Agricultural & Applied Economics - AgEcon Search, 2012.

SERRA, T., ZILBERMAN, D., & GIL, J. M. **Price volatility in ethanol markets**. European Review of Agriculture Economics, 38(2), 259-280, 2011.

SERRA, T., & GIL, J. M. **Price volatility in food markets: can stock building mitigate price fluctuations?** European Review of Agricultural Economics, 40(3), 507-528, 2013. Disponível em: <<https://academic.oup.com/erae/article/40/3/507/485162/Price-volatility-in-foodmarkets-can-stock>>. Acesso em: 03 fev. 2023.

SEVERO, K.; SOPRANA, P. **Sete desafios para a Safra de Soja 2015/2016**. Canal Rural. Junho, 2015. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/programas/sete-desafios-para-safra-soja-2015-2016-56886/>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SHINTANI, M; TERADA-HAGIWARA, A; YABU, T. **Exchange rate passthrough and inflation: A nonlinear time series analysis**, Journal of International Money and Finance, v. 32, pp. 512-527, 2013.

SILVA, A. F.; CASTRO, N. R.; GILIO, L. **Correlação entre preços do petróleo e de commodities agrícolas**. Novas perspectivas. Revista de Política Agrícola. Ano XXV – No 2 – Abr./Maio/Jun. 2016.

SILVA, A. M. C.; ZAFANELI, P. H. F.; SILVA, W. V.; ROCHA, D. T. **HEDGE FINANCEIRO PARA OPERAÇÕES EM DÓLAR AMERICANO**. Revista Estudos do CEPE, Santa Cruz do Sul, n38, p.21-41, jul./dez. 2013.

SILVA. Mygre Lopes; SILVA. Rodrigo Abbade. **Economia brasileira pré, durante e pós- pandemia do COVID19: Impactos e Reflexões**. Universidade Federal de Santa Maria. Observatório Socioeconômico da COVID-19, julho de 2020. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/820/2020/06/Textos-paraDiscuss%C3%A3o-07-Economia-Brasileira-Pr%C3%A9-Durante-e-P%C3%B3s-Pandemia.pdf>> Acesso em: 04 nov. 2022.

SILVA, M. S.; LIMA, J. E.; LEAL, P. Q. **Análise da volatilidade multivariada das exportações brasileiras de grão e derivados da soja**. Revista Debate Econômico, v.3, n.1, jan-jun. 2015.

SILVA NETO, L. A. **Derivativos**. São Paulo: Atlas, 1998.

SILVA, W. S. DA; SÁFADI, T.; CASTRO JÚNIOR, L. G. DE. **Uma Análise Empírica da Volatilidade do Retorno de Commodities Agrícolas Utilizando Modelos ARCH: Os casos do café e da soja**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 43, n. 1, p. 119–134, 2005.

SOBRINHO, E. J. MALAQUIAS, R. F. **PREÇOS DE COMMODITIES DURANTE PERÍODOS DE PANDEMIA: ENTENDENDO O EFEITO DE VARIÁVEIS REGIONAIS**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional G&DR. V. 19, N. 1, P. 144-160, Taubaté - SP, Jan-Abril/2023. ISSN: 1809-239X.

SOENDERGAARD, N.; GILIO, L.; DE SÁ, C. D.; JANK, M. S. **Impactos da covid-19 no agronegócio e o papel do Brasil. Parte I: Cadeias produtivas e segurança alimenta**. Insper-Centro do Agronegócio Global. Texto para discussão, n.2, jun. 2020. Disponível em: <<https://www.insper.edu.br/wp-content/uploads/2020/06/impactos-da-covid-19-no-agronegocio-e-o-papel-do->

brasil-vf-a.pdf>. Acesso em: 03 de nov. de 2022.

SOUZA, D. K. F. **O IMPACTO DA PANDEMIA DE COVID-19 NA VOLATILIDADE DOS PREÇOS AGRÍCOLAS BRASILEIROS: UM ESTUDO PARA SOJA, MILHO E ALGODÃO.** Métodos e Pesquisa em Administração v. 6, n. 1, p. 39-52, 2021.

STRANGE, R. **The 2020 Covid-19 pandemic and global value chains.** Journal of Industrial and Business Economics, 47(3), 455-465, 2020. doi:10.1007/s40812-020-00162-x.

TÁVORA, F. L. **Impactos do novo Coronavírus (covid-19) no Agronegócio Brasileiro.** Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas Legislativas, abr. 2020. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudoslegislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td274>>. Acesso em: 20 mai. 2022.

TESSMANN, M. S. **TRANSMISSÃO DE VOLATILIDADE ENTRE COMMODITIES NO CURTÍSSIMO, CURTO, MÉDIO E LONGO PRAZO.** Dissertação submetida ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Economia – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS. Pelotas, 2018.

TORRES, D. A. P. **Segurança alimentar e volatilidade de preços Uma discussão com base no projeto Foodsecure.** Revista de política Agrícola. Ano XXVI – No 116 2 – Abr./Maio/Jun. 2017.

TRAUER, Eduardo *et al.* **O Conhecimento e a Cadeia Produtiva do Café.** Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação. set. 2017. Disponível em: <<https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/235/94>>. Acesso em: 28 mar. 2022.

USDA – United States Department of Agriculture. **Farm and Foreign Agricultural Services.** 2013. Disponível em: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?contentidonly=true&contentid=missionarea_FFAS.xml>. Acessado em: 23 fev. 2023.

VALE, N. K. A. **Trajectoria da produtividade da soja em função da variabilidade das chuvas no estado de Goiás.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás - UFG, Programa de Pós-Graduação em

Agronegócio. 63 f, 2017.

VARIAN, H. **Microeconomia – Princípios básicos**. Tradução da 6. Ed., Rio de Janeiro, 2003.

WAQUIL, P. D.; MIELE, M.; SCHULTZ, G. **Mercados e Comercialização de Produtos Agrícolas**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2010.

Warren Magazine. **Índice Vix**: entenda melhor o “índice do medo” e seu impacto na prática. Abril, 2020. Disponível em: <https://warren.com.br/magazine/indice-vix/?gclid=Cj0KCQjwn4qWBhCvARIsAFNAMijEilUksXkMUY5n1g25pTgU0SRh-7q9symzwVtXY0_SC30i4TgJmKEaAtbmEALw_wcB>. Acesso em: 04 jul. 2022.

WORKING, H. **Futures trading and hedging**. American Economic Review, n. 3, 1953.

WU, F., GUAN, Z.; MYERS, R. J. **Volatility spillover effects and cross hedging in corn and crude oil futures**. Journal of Futures Markets, 31(11), 1052-1075, 2011. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fut.20499/abstract> Zhang, Z., Lohr, L., Escalante, C., & Wetzstein, M. (2009). Ethanol, corn>. Acesso em: 10 jun. 2023.

ZHANG, Z., LOHR, L., ESCALANTE, C., & WETZSTEIN, M. **Ethanol, corn, and soybean price relations in a volatile vehicle-fuels market**. Energies, 2(2), 320-339, 2009. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1996-1073/2/2/320>>. Acesso em: 03 fev. 2023.