



Pedro Dargham Simionato

**Volatilidades dos preços do milho em cenário de
tendência de alta:**
Uma análise para o Brasil

Limeira
2021



Pedro Dargham Simionato

Volatilidades dos preços do milho em cenário de tendência de alta:

Uma análise para o Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Henrique Dario Capitani

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Renata Eleuterio da Silva - CRB 8/9281

Si45v Simionato, Pedro Dargham, 1998-
Volatilidades dos preços do milho em cenário de tendência de alta uma
análise para o Brasil / Pedro Dargham Simionato. – Limeira, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Daniel Henrique Dário Capitani.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Milho - Comércio. 2. Preços. 3. Volatilidade. I. Capitani, Daniel Henrique
Dário, 1983-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências
Aplicadas. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Titulação: Bacharel em Engenharia de Produção

Data de entrega do trabalho definitivo: 14-12-2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao professor Daniel Henrique Dário Capitani por aceitar o desafio de me orientar neste trabalho, dados a conjuntura atual que vivemos, e me ajudar a trazer temas relacionados ao agronegócio na minha formação acadêmica.

Agradeço aos meus colegas de graduação por toda a parceria e apoio mútuo durante os meus anos na FCA – Unicamp. Cada um deles foi essencial na minha trajetória.

Gostaria também de agradecer a Universidade Estadual de Campinas a qual me recebeu em 2017 e me proporcionou todas as experiências necessárias para o amadurecimento pessoal e profissional. Por fim, mas não menos importante, agradeço à comunidade de Limeira – SP pelo grande acolhimento e pelos anos que ficarão para sempre em minha memória.

“Por paz e confiança pode-se ganhar o dia. Apesar de todas suas perdas”

(Immigrant Song, Led Zeppelin)

Resumo

O presente estudo tem como objetivo analisar alguns fatores que impactam nas volatilidades históricas dos preços do milho no Brasil. Seguindo a análise fundamentalista, foram estudados fatores relacionados à oferta e demanda do cereal, tanto a nível nacional quanto global, incluindo diversos fatores relacionados à dinâmica das *commodities* agrícolas. Os dados empíricos constituíram nos preços pagos aos produtores rurais de milho de diferentes praças. Após o deflacionamento dos preços nominais, analisou-se as estatísticas descritivas dos dados históricos. A partir disso, analisou-se, por alguns critérios, as volatilidades nos preços físicos e, na sequência, procurou-se explicar os motivos que contribuem para as formações dos preços do milho e conseqüentemente, suas volatilidades. No contexto de flutuações, o trabalho traz também parâmetros determinantes da viabilidade das operações de *hedge*, analisando as flutuações de preços de cada praça em relação aos preços futuros dos contratos negociados na B3. A análise apontou para uma boa efetividade das operações de *hedge* no gerenciamento de risco relacionado aos preços do milho. Assim, a análise de teorias clássicas dos modelos de *hedge* indicou a importância dessa estratégia no gerenciamento de risco.

Palavras-chave: Milho; Preços; Mercados Futuros; Volatilidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Níveis de produção dos principais países produtores de milho na safra 19/20	14
Figura 2	Nível de contribuição (%) dos principais países exportadores nas exportações mundiais, para todos os anos-safra	16
Figura 3	Série histórica dos preços do milho baseado no indicador ESALQ/BM&FBOVESPA, deflacionados pelo IPCA/IBGE	18
Figura 4	Preços mensais do milho em diferentes praças	26
Figura 5	Preços mensais do milho nas demais praças	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dados das últimas safras de milho	12
Tabela 2	Produção histórica de milho por região brasileira	13
Tabela 3	Exportações de milho dos quatro principais exportadores atualmente (milhões de toneladas)	15
Tabela 4	Contratos futuros de milho BM&FBOVESPA x CBOT	20
Tabela 5	Síntese estatística dos preços mensais para as praças estudadas, para o período de jan/2010 até nov/2021	28
Tabela 6	Parâmetros para validação da teoria clássica do <i>hedge</i>	30
Tabela 7	Razão de <i>hedge</i> para as praças estudadas	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1	O mercado de milho no Brasil	11
2.2	Dinâmica dos preços das <i>commodities</i> agrícolas	18
2.2.1	Gerenciamento de risco na agricultura	19
2.3	Volatilidades nos mercados agrícolas	20
3	METODOLOGIA	22
3.1	Séries de preços utilizadas e períodos de análise	22
3.2	Tratamento de dados	23
3.3	Análise das volatilidades históricas	23
3.4	Estratégias e razão de <i>hedge</i>	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	Mercado interno	25
4.2	Volatilidades e a viabilidade da estratégia de <i>hedge</i>	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS	33

1) Introdução

Por definição, *commodities* são mercadorias em estado bruto ou de simples industrialização, negociadas em escala mundial. Em uma *commodity*, a diferenciação entre o mesmo produto advindos de produtores diferentes é baixa e seus preços são diretamente afetados pela demanda e a capacidade de oferta global (KINGSMANN, 2017).

As *commodities* são classificadas de várias maneiras pelo mercado, como, por exemplo agrícolas, minerais e industriais, sendo que alguns grupos podem passar por subdivisão. As *commodities* agrícolas, por exemplo, podem ser divididas em grãos (soja, milho e trigo), proteínas (carne, leite e derivados) e *softs* (açúcar, café, suco de laranja e algodão) (BOTELHO, 2021).

Com a estimativa da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o crescimento da população mundial até o ano de 2050, com o alcance de 9,55 bilhões, a produção agrícola destinada à alimentação humana sem desnutrição ou escassez deve dobrar até esse período. Também, o aumento da produção de carnes ao redor do mundo exige o plantio de grãos em grandes extensões de terras, principalmente das culturas da soja e milho, os principais componentes da ração alimentar de bovinos, aves, suínos, peixes e outros animais. Somados a isso, a forte demanda da agroindústria e a produção de biocombustíveis vêm contribuindo significativamente para o aumento da demanda mundial por grãos e óleos vegetais (ARAÚJO, 2017).

Nesse contexto, ressalta-se a importância das *commodities* agrícolas, sobretudo os grãos. Nesta conjuntura, encontra-se o milho, *commodity* foco deste estudo. O milho é um produto importante para a economia brasileira. Dada a sua versatilidade de utilização, é usado desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia, tendo o maior consumo representado pela nutrição animal. Além disso, está presente em diversos elos da cadeia de produção agropecuária brasileira. Pela sua versatilidade de uso, importância na produção animal e pelo aspecto social, o milho é um dos principais produtos do setor agrícola brasileiro, sendo a segunda cultura agrícola mais cultivada no Brasil, com mais de 20 milhões de hectares cultivados, tanto na safra de verão, como de inverno (milho segunda safra), e uma produção superior a 100 milhões de toneladas na safra 2019/20 (CONAB, 2021).

Destaca-se, sobretudo, o expressivo aumento na produção de segunda safra ao longo da década de 2010, que possibilitou ao país não somente exportar milho, como consolidar-se como o terceiro maior exportador mundial a partir de 2015 (USDA, 2021). Esse fato salienta o aumento da importância do produto no mercado, dado que o consumo mundial aumentou nos últimos anos. Sendo estimado em mais de 1,1 bilhão de toneladas para a safra mundial atual (USDA, 2021). Dentre os principais fatores, tem-se a forte demanda chinesa por proteínas animais e, conseqüentemente, ração animal, e a demanda por etanol nos Estados Unidos. Desse modo, os preços apresentam uma tendência de alta nos anos mais recentes.

Tendo isso, uma característica marcante no mercado de *commodities* agrícolas é a volatilidade histórica de preços. Dado que esses produtos são caracterizados por um ciclo de entre o plantio e a colheita. Entretanto, como as *commodities* agrícolas são demandadas ao longo de todo o ano, a oferta nos demais meses tem de ser suprida apenas com estoques. (Botelho, 2021). Ademais, com a crescente integração de mercados, cada vez mais os preços sofrem influências de fatores externos, ocorrendo um transbordamento de volatilidade (SILVEIRA; MATTOS, 2015).

A formação do preço do milho está atrelada, portanto, a diversas questões. Dentre os fatores exógenos ao mercado doméstico e internacional da *commodity*, pode-se citar, principalmente, os fatores macroeconômicos, como o crescimento da atividade produtiva e seus impactos sobre o consumo, e variações nas taxas de câmbio. Além, destas, também há influências de questões condicionadas às incertezas produtivas, de origem edafoclimáticas e naturais, que podem levar a quebra de safra. Os preços também se relacionam, com grande importância, à oferta e demanda do produto relacionada ao desenvolvimento das cadeias do setor agropecuário e à conjuntura econômica atual.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar o processo de formação dos preços do milho brasileiro e suas volatilidades, em especial nos últimos anos, em que o preço tem sofrido uma tendência de alta. Ainda, especificamente, o estudo objetiva avaliar a relação do milho com outras culturas e as influências que seus preços podem sofrer de outras *commodities* nos mercados físicos e futuros doméstico e internacional, bem como de variáveis financeiras, como a taxa de câmbio.

1.1 Justificativa

As incertezas relacionadas à oferta e demanda geram diferentes riscos à atividade agropecuária, sendo o risco de preços os que podem mais impactar a rentabilidade financeira dos produtores (AMARAL, 2014). Neste sentido, a compreensão do comportamento dos preços e suas volatilidades históricas é fundamental para aqueles envolvidos na cadeia produtiva.

Em específico, a análise da volatilidade dos preços de milho é importante em decorrência da atual conjuntura do setor no Brasil, cada vez mais dinâmico, produtivo e mais integrado no mercado internacional de grãos. Ademais, a compreensão dos elementos que ditam os preços de milho permite elucidar questões da dinâmica dos setores de proteínas animais e de energia (NUNES; ARAÚJO, 2021).

2. Revisão de literatura

2.1 O mercado de milho no Brasil

O milho é a segunda cultura agrícola mais cultivada no país, atrás somente da soja, ocupando mais de 20 milhões de hectares na safra 2020/21, dos quais 76% na segunda safra (CONAB, 2021). Considerando o avanço da segunda safra nos últimos

20 anos, passando de 18% da área total para os atuais 76%, o Brasil atingiu o recorde de produção na safra 2019/20, com mais de 100 milhões de toneladas colhidas, crescimento superior a 140% em comparação com o início do século, o que inseriu o país como terceiro maior produtor e exportador mundial. O aumento da produção se deu, também, em decorrência do aumento de produtividade, que passou dos 3,1 ton/ha (2,1 ton/ha) no milho 1ª safra (2ª safra) em 2000/01, para 6,1 ton/ha (5,5 ton/ha) na safra 2019/20 (CONAB, 2021).

De acordo com projeções do MAPA (2021), estima-se que a produção brasileira seja superior a 124 milhões de toneladas em 2030/31, com limite superior em 149 milhões de toneladas. A crescente demanda de milho para a produção de etanol e as exportações são duas importantes forças para estímulo da produção de milho nos próximos anos (MAPA, 2021).

Os dados mais recentes de produção de milho no Brasil podem ser visualizados na *Tabela 1*, a seguir:

Tabela 1 - Dados das últimas safras de milho

Safra Milho	Área (mil ha.)	Produtividade (kg/ha.)	Produção (mil ton.)
2014/15	15692,90	5395,58	84672,40
2015/16	15922,50	4178,41	66530,60
2016/17	17591,70	5561,87	97842,80
2017/18	16616,40	4857,23	80709,50
2018/19	17492,90	5719,06	100042,70
2019/20	18527,30	5537,04	102586,40
2020/21*	19867,70	4316,00	85749,00

Fonte: Conab (2021) *Estimativa

Observa-se que a produção vinha em uma crescente, havendo quebras nas safras 2017/18 e na safra 2020/21. No caso da última, houve um aumento de 7,1% em área cultivada tendo as últimas projeções. Impulsionada por conta das grandes demandas interna e externa, a expansão da área não levou a uma estimativa de aumento de produção, dadas as incertezas com os fatores climáticos para a segunda safra. O atraso das chuvas nos principais estados produtores e as mudanças para o plantio da soja causaram uma quebra de safra. O plantio do milho primeira safra foi transferido para o período da segunda safra do cereal. Dado o clima desfavorável o aumento de área cultivada não compensou a quebra de safra e assim a estimativa de produção foi reduzida (COÊLHO, 2021).

Com relação à distribuição geográfica da produção, destaca-se que o Mato Grosso é o maior estado produtor de milho do Brasil, seguido do Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais, se considerada a safra 2020/21. (CONAB, 2021) A *Tabela 2* apresenta os dados por macroregião.

Tabela 2– Produção histórica de milho por região brasileira

Ano/UF	Centro-Oeste	Norte	Sul	Sudeste	Nordeste	Brasil
2014/15	39.582,10	2.561,00	25.225,00	11.061,20	6.243,10	84.672,40
2015/16	28.244,40	1.966,80	23.089,70	9.794,30	3.435,40	66.530,60
2016/17	48.873,70	2.702,10	27.137,80	12.447,90	6.681,30	97.842,80
2017/18	41.451,20	2.446,60	19.236,50	11.129,40	6.445,80	80.709,50
2018/19	52.825,90	3.076,30	25.310,30	12.153,40	6.676,80	100.042,70
2019/20	56.836,00	3.518,70	21.663,10	11.764,00	8.804,60	1.025.856,40
2020/21*	48.470,10	3.466,50	15.984,70	9.393,10	8.829,90	85.749,00

Fonte: Conab (2021). *Estimativa

Destaca-se o Centro-Oeste como grande região produtora, uma vez que seus três estados (não considerando o Distrito Federal) estão entre os quatro maiores produtores do país. Se considerado somente o estado do Mato Grosso, observa-se que a produção supera o nível das demais regiões do Brasil, se consideradas isoladamente (CONAB, 2021). A possível razão desta diferença se dá pelo uso de parte das áreas destinadas à lavoura de soja no verão para a produção de milho de segunda safra, condição esta não muito favorável nos estados da região Sul, que concentram a maior parte da produção de milho nas safras de verão, concorrendo com outras lavouras, como soja e arroz.

Vindo de duas safras recordes, como mostrado na Tabela 2, e também dentro de um cenário promissor para o agricultor nacional, o Brasil é um importante país no contexto internacional do mercado de milho. Em níveis de produção, atualmente o Brasil é o terceiro maior produtor mundial, atrás somente de Estados Unidos e China, que concentram mais da metade da produção (USDA, 2021). Na Figura 1, a seguir, mostra-se a participação dos países na produção mundial de milho na safra 2019/20.

Figura 1: Níveis de produção dos principais países produtores de milho na safra 19/20



Fonte: USDA (2021)

A despeito da significativa participação dos EUA e China na produção mundial, a produção brasileira tem ganhado espaço nos últimos anos, ultrapassando e se distanciando de tradicionais produtores, como a União Europeia, Argentina e Ucrânia. Entretanto, destaca-se que dentre os principais *players*, o Brasil tem se destacado por seus excedentes na produção, dada que sua produção tem superado seu consumo doméstico, diferentemente do que ocorria até meados de 2010.

Neste sentido, no contexto do consumo interno, os maiores mercados consumidores são constituídos por China e Estados Unidos, sendo que o segundo ainda consegue excedentes, enquanto a primeira é importadora líquida. Na sequência, entre os mercados consumidores, tem-se a União Europeia e o Brasil como terceiro e quarto maiores consumidores, respectivamente (USDA, 2021). Percebe-se, portanto, que os principais produtores são atualmente os principais consumidores. Entretanto, dado a crescente demanda do grão em países como China, visto o aumento da demanda por proteínas animais, e Estados Unidos, a exemplo o grande consumo do grão para a produção de proteína animal e de etanol, ressalta-se o aquecimento do mercado internacional ao redor desse produto. Sendo o cereal mais produzido no planeta, o milho é um dos principais produtos presentes no comércio internacional de *commodities* agrícolas (Florêncio, 2020).

O destino do milho brasileiro é diversificado, mas no contexto das exportações o Brasil figura-se como o segundo maior exportador mundial para a safra 2021/22, atrás somente dos Estados Unidos (USDA, 2021). O país historicamente se caracteriza como consumidor de boa parte de sua produção. Entretanto, a partir do final da década de 2000 e início de 2010 ganhou força no comércio internacional e se consolidou como um dos mais competitivos nas exportações de milho (FERREIRA; CAPITANI, 2017). Apesar disso, o mercado externo é relativamente concentrado, destacando-se a transmissão de fatores exógenos na formação dos preços da *commodity* no mercado brasileiro (FLORÊNCIO, 2020).

Com base no fluxo das exportações no mercado internacional, têm-se que ele é predominantemente liderado por quatro países (EUA, Brasil, Argentina e Ucrânia). Tais países contribuíram com 74% das exportações na safra 2020/21 (USDA, 2021). A Tabela 3, abaixo, retrata o fluxo das exportações desses quatro países em comparação com as exportações totais desde 2010, incluindo as estimativas do relatório de oferta e demanda mundial de Novembro/21 do USDA (*United States Department of Agriculture*).

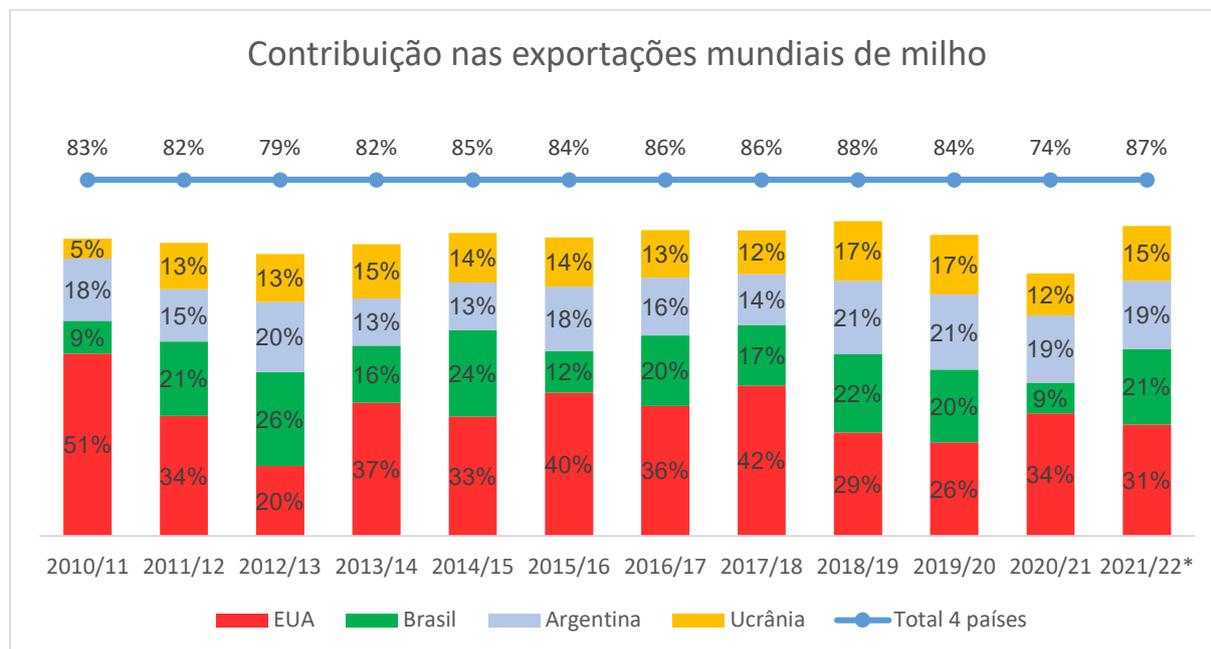
Tabela 3: Exportações de milho dos quatro principais exportadores atualmente (milhões de toneladas)

Ano	EUA	Brasil	Argentina	Ucrânia	Mundo
2010	47	8	16	5	91
2011	39	24	17	15	117
2012	19	25	19	13	95
2013	49	21	17	20	131
2014	47	34	19	20	142
2015	48	14	22	17	120
2016	58	32	26	21	160
2017	62	25	21	18	147
2018	52	40	37	30	181
2019	45	35	36	29	172
2020	70	18	39	24	203
2021*	64	43	39	32	203

Fonte: USDA (2021). *Projetado

De forma a melhor ilustrar essa razão de concentração no mercado internacional de milho, apresenta-se, na Figura 2, como tem se dado a participação de cada um dos principais exportadores desde o ano de 2010.

Figura 2: Nível de contribuição (%) dos principais países exportadores nas exportações mundiais, para todos os anos-safra



Fonte: USDA (2021) *Projetado

Como ilustrado na Figura 2, o Brasil ganhou muito espaço no mercado internacional de milho a partir de 2010, embora ele tenha permanecido concentrado no período. É possível observar que o país teve uma participação média de 20% do fluxo mundial de milho, com destaque para os anos de 2012/13 e 2014/15, reflexos do aumento do consumo interno americano para a produção de etanol, bem como a seca no ano de 2014, que reduziram as exportações americanas e beneficiaram as brasileiras. Nota-se, ainda, que, na maioria dos anos, o Brasil superou a Argentina, se figurando com o segundo maior exportador mundial. Entretanto, no ano safra 2020/21 o Brasil teve a menor contribuição dentre os quatro países. Ressalta-se que houve a diminuição dos volumes exportados no primeiro quadrimestre de 2021, em relação aos últimos anos (COÊLHO, 2021).

Dentre diversos fatores, a diminuição nos volumes de exportações do cereal se deu por conta dos problemas presentes no pico da entressafra brasileira nesse período, muito por conta dos aspectos edafoclimáticos decorrentes do atraso da colheita da soja por conta do regime de chuvas, o que contribuiu para o atraso do plantio do milho em diversas regiões do país. Também, com extrema importância, pode-se citar os preços no mercado interno, os quais atingiram níveis históricos no ano de 2021 (CEPEA, 2021), o que tornou a venda para o mercado interno mais vantajosa no período. Além disso, problemas decorrentes da quebra de safra 2020/21 também contribuíram para o aumento dos preços internos e consequentemente diminuição das exportações.

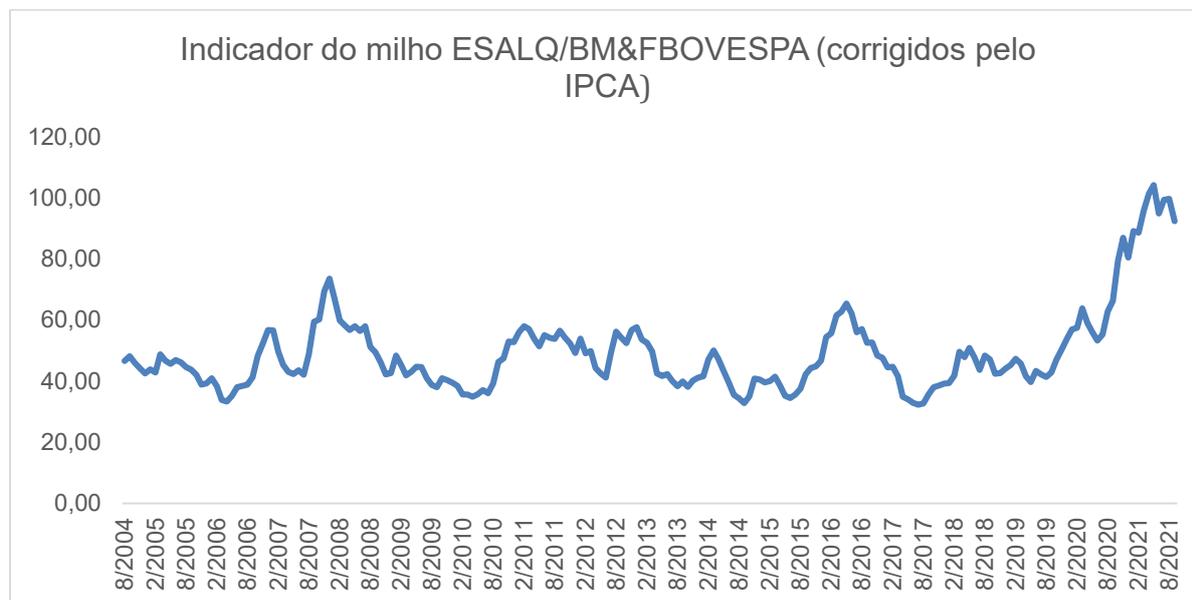
Todavia, ressalta-se que o Brasil possui diferenças em relação aos outros países exportadores. Principalmente em relação à Ucrânia e Argentina, visto que nesses países, historicamente, 60% da produção do milho é destinada ao mercado externo (FLORÊNCIO, 2020), tornando essas duas nações dependentes das exportações para escoamento do cereal. Como o Brasil apresenta um forte mercado interno, em especial pela sua grande produção de proteína animal e pelo porte de sua população, a queda nos níveis das exportações não representou um enfraquecimento do mercado do cereal, já que o contexto relacionado ao passado recente decorreu dos problemas edafoclimáticos e pela tendência de alta nos preços internos, que aqueceu as exportações de carnes bovinas, suínas e de aves (BÔTELHO, 2021).

Como grande produtor, exportador e consumidor, o Brasil apresenta um mercado de milho complexo. Dentre diversos aspectos, as cotações e preços do cereal são de extrema importância para a compreensão da dinâmica desse mercado. Um dos aspectos principais relacionado ao preço é a volatilidade. Como fator que corrobora para a volatilidade dos preços, têm-se a relação entre oferta e demanda, já que mercados com menores volatilidades apresentam ofertas e demandas estáveis, as quais não se modificam consideravelmente entre períodos diferentes. Assim, produtos com instabilidades nas ofertas e demandas são mais presentes em mercados com alta volatilidade de preços (PIOT-LEPETIT; M'BAREK, 2011).

Nos mercados agrícolas, as especificidades produtivas e a dinâmica das comercializações tornam a atividade mais exposta a riscos em relação a outros setores da economia (ARAÚJO, 2017). Assim, os preços das *commodities* agrícolas estão inseridos no contexto de gerenciamento dos riscos do mercado agropecuário, sendo o milho uma *commodity* que apresenta volatilidades históricas.

A Figura 3, abaixo mostra a série histórica dos preços do milho entre 2004 a 2021, a qual apresentou-se com comportamento volátil, como era de se esperar. O preço em questão é calculado com base no indicador ESALQ/BM&FBOVESPA. Esse indicador consiste na média aritmética dos preços do milho amarelo, com especificações determinadas, tendo referência na praça de comercialização da região de Campinas – SP (CEPEA, 2004).

Figura 3 – Série histórica dos preços do milho baseado no indicador ESALQ/BM&FBOVESPA, deflacionados pelo IPCA/IBGE



Fonte: CEPEA/ESALQ/USP (2021).

Pela Figura 3 percebe-se que o indicador apresenta volatilidades históricas e está em tendência de alta nos tempos recentes. Como aspecto importante no ano de 2021, nota-se o valor médio real de R\$ 104,31/sc, sendo este o mais alto da série histórica. Dentre diversos fatores já citados e que serão discutidos posteriormente nesse estudo, percebe-se que os preços do milho tiveram comportamentos jamais antes vistos, não somente com picos de alta, mas com tendências altistas em prazos longos e com perspectivas de aumento ou estabilização das cotações. Mesmo com grandes volatilidades, os preços do cereal apresentam outras características considerando o longo prazo.

2.2 Dinâmica dos preços de *commodities* agrícolas

Para a compreensão de volatilidades históricas nos preços das *commodities* agropecuárias deve-se analisar o contexto em que atividade está incluída, dadas as peculiaridades do setor agrícola. Essa atividade é marcada por uma especificidade, a qual garante diferenças em relação ao setor industrial e também ao prestador de serviços. Um fator importante para a atividade agropecuária é a forte dependência da natureza, a qual é extremamente dinâmica, dado que a oferta de recursos naturais e os processos biológicos são aspectos que estão fora do controle humanos e atuam diretamente como variáveis no processo produtivo do setor agrícola (BUAUANIN; SILVEIRA, 2017).

As dependências dos recursos naturais ressaltam a necessidade da gestão de risco. Como a produção agrícola é caracterizada como uma “fábrica a céu aberto”, a atividade é diretamente exposta ao regime de chuvas, excesso ou falta delas, aos

fatores climáticos, à presença de pragas e também a fatores relacionados ao solo. Tal ponto faz com que a atividade econômica agrícola possa ser afetada por custos adicionais, ocasionando oscilações no processo produtivos, o que leva, em muitos casos, a diferenças consideráveis nos fluxos de despesas e receitas (tanto negativas, quanto positivas). Muitos desses aspectos levam a problemas na disponibilidade de produção e conseqüentemente na capacidade de oferta, fazendo com que o mercado oscile de acordo com as conjunturas específicas (BUAUANIN; SILVEIRA, 2017).

Neste sentido, o problema da atividade agropecuária consiste em se tomar estratégias de produção em um cenário cuja oferta é incerta, em detrimento a uma demanda relativamente elástica. Soma-se a este fator a integração cada vez maior entre diferentes mercados em âmbito global, cada qual com suas próprias especificidades de oferta e demanda (WAQUIL, 2005). Assim, a gestão do risco se torna cada vez mais importante e, segundo Buaianin e Silveira (2017), perpassa pelo risco de preços (resultantes das incertezas na oferta e demanda das *commodities*), risco de crédito (relacionado ao risco temporal entre a tomada de recursos, custos ao longo da produção e receitas advindas da venda da produção final), riscos naturais (incertezas relacionadas aos fatores edafoclimáticos) e riscos de mercado e institucionais.

2.2.1 Gerenciamento de risco na agricultura

Como forma de comercialização das *commodities* agrícolas, tendo as incertezas e riscos aos produtores rurais, existem as bolsas de comercialização, em que os produtores podem negociar os preços de produtos agrícolas antes do término de sua safra, podendo garantir uma margem de preço para gerenciar riscos que podem surgir na atividade agrícola, assim como compradores podem objetivar mitigar riscos de aumentos nos preços. Nesse contexto, existem os contratos a termo e futuros. O contrato a termo é customizado entre duas partes, com prazos, padrão de qualidade e especificações estabelecidas entre o produtor e comprador, com vencimento em um período futuro, não sendo a posição reversível (B3, 2015).

Já o contrato futuro é um objeto de negociação que consiste em um contrato padrão, com volumes e valores pré definidos, além também da determinação do local de referência para a formação do preço do papel. Sendo assim o contrato futuro é basicamente um acordo de compra e venda a ser liquidado em uma data futura, o qual permite ganhos e perdas baseados em uma ativo de referência, tendo então negociação de um derivativo, ou seja, um ativo que deriva de outro, como *commodities*, índices e câmbio (BESSADA, 2005).

Um dos contratos futuros com maior liquidez na Bolsas de Valores é o contrato futuro de milho. Contrato que serve de instrumento para proteção para compra e venda do produto físico e para efeitos de especulação de partes não interessadas, as quais visam à obtenção de lucros (BESSADA, 2005).

Para as negociações dos contratos futuros de milho, as Bolsas de Futuros mais comuns são a *Chicago Board of Trade* (CBOT), nos Estados Unidos e a B3, localizada no Brasil. Em muitos casos, as negociações dessas duas bolsas servem de referência

para o mercado físico brasileiro, sobretudo em relação aos preços (MARQUES; MELLO; MARTINES FILHO, 2008). Assim como forma de mitigar riscos de possíveis queda no mercado, o *hedger* brasileiro que visa mitigar riscos de preço no mercado de milho pode usar, também, as negociações na Bolsa de Chicago. Segundo Silveira e Mattos (2018), os preços brasileiros nos mercados spot e futuros desenvolveu, recentemente, uma relação de volatilidades no longo prazo com os preços negociados na bolsa de Chicago.

Os contratos futuros de milho negociados nas bolsas brasileira e americana possuem diferenças quanto ao seu desenho e especificação técnica. A Tabela 4 a seguir caracteriza os dois contratos.

Tabela 4: Contratos futuros de milho BM&FBOVESPA x CBOT

Contrato	BM&FBOVESPA	CME
Ativo	Milho a granel com 14% de umidade, máximo de 2% de impureza na peneira de 5 mm, até 6% de ardidos e 12% de avariados	No. 2 Amarelo na paridade
Tamanho do contrato	450 sacas de 60 kg.	5000 bushels - Padrão. 1000 bushels - Mini
Cotação	R\$/saca	U\$/bushel
Meses de vencimento	Janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro.	Março, maio, julho, setembro e dezembro.
Data de vencimento	Sétimo dia útil anterior ao último dia útil do mês de vencimento	Segundo dia útil após o último dia de negociações do mês de entrega

Fonte: CME;BM&FBOVESPA (2020)

Observa-se que os contratos apresentam diferenças entre si. O contrato futuro do milho na B3 é constituído por 450 sacas de 60 kg, enquanto o contrato negociado na CME tem o tamanho de 5.000 *bushels*, sendo que cada *bushel* equivale a 25,401 kg. O contrato negociado na CME apresenta, portanto, volume superior ao contrato brasileiro. Sendo assim, os contratos da CME podem também serem negociados na forma de Mini Contratos de 1.000 *bushels*. Quanto ao vencimento de cada contrato, o contrato futuro de milho negociado na B3 possui maior quantidade de meses em que há vencimento em relação ao contrato negociado na CME. Isso, dentre outros fatores, deve-se ao fato de que a colheita do milho no meio Oeste americano não ocorrer durante os meses de inverno (no hemisfério norte), diferentemente do Brasil, onde é possível produzir e colher o cereal durante o inverno e verão (AMARAL, 2014).

2.3 Volatilidade nos mercados agrícolas

No mercado de produtos agropecuários os preços são comumente caracterizados por flutuações sazonais e cíclicas. Tais instabilidades provocam riscos para os produtores rurais e também para os compradores de *commodities* agrícolas. Assim, é importante para todas as pontas da cadeia produtora o conhecimento do padrão de volatilidade dos preços das *commodities*, de forma que sejam implementadas políticas e estratégias comerciais para o gerenciamento de risco. No mercado do milho, a análise empírica pode ser uma ferramenta importante no estudo das volatilidades de preços.

Os preços do milho brasileiro estão sujeitos a diversos fatores de influência que foram analisados por diferentes autores. Caldarelli e Bacchi (2012), por exemplo, analisaram a dinâmica de formações dos preços do cereal no Brasil sob a ótica de um Modelo de Autoregressão Vetorial com Correção de Erros (VEC), com identificação a partir do procedimento de Sims-Bernanke. O trabalho afirmou a forte influência de variáveis macroeconômicas, como a taxa de juros, nas volatilidades do preço da *commodity*. Como importante componente influenciador nos preços, o estudo mostrou a interação entre os mercados de milho e soja, já que ambos são complementares nas relações de oferta e demanda, tendo o milho um cereal que complementa a oferta de grãos no Brasil e também como um produto capaz de substituir a demanda por soja.

Como estudo da relação entre as volatilidades dos preços do milho e da soja no Brasil, Cruz Júnior, Capitani e Silveira (2018) examinaram a transmissão de volatilidades entre os preços físicos e futuros nos mercados do Brasil e do Estados Unidos. Como metodologia de análise das relações entre as séries de preços, o estudo foi composto pelos preços nos mercados entre os anos de 1996 e 2014, com a divisão em duas grandes amostras para a análise. Destaque-se uma quebra estrutural das volatilidades dos preços mais acentuada no ano de 2007, explicada, dentre diversos fatores, pelo ciclo de alta das *commodities* no período, e pelo aumento da demanda norte-americana por milho para a produção de etanol a partir daquele ano. Destaca-se, também, o avanço da colheita de milho de inverno brasileiro, melhorando a posição do país como grande produtor a partir desse período. O trabalho apontou que, após o ano de 2007, a relação dos preços nos mercados entre os dois países se tornou mais integrada, tanto para os preços à vista, quanto no mercado futuro

No mercado de alimentos, as volatilidades dos preços dos produtos agropecuários é um fator de alta importância, dada a evolução do mercado agrícola brasileiro e a estabilização do país como uma grande potência global produtora de alimentos. No estudo de Pessoa, Barreto e Araújo (2021) foram analisadas as correlações temporais dos preços das *commodities* agrícolas frango, soja e milho. O estudo concluiu correlações maiores entre os preços do frango e a partir de séries de tempo maiores. Já em séries amostrais menores, o estudo concluiu que a correlação entre os preços da proteína animal e soja são maiores em relação ao milho. Os autores apontam que o fato do milho ser uma fonte de energia em dietas na produção de proteínas avícolas, torna-se um produto indispensável na cadeia produtiva de

frango. Tal fato pode ser um dos motivos para explicar a maior correlação dos preços do milho com esta proteína no longo prazo.

Como forma também de estudar as volatilidades mensais dos preços das *commodities* agrícolas, Campos e Campos (2007) utilizaram modelos ARCH e GARCH para estudar a volatilidade das *commodities* soja, café, milho e boi gordo. O trabalho mostrou que estes produtos são caracterizados por consideráveis acentuações nas volatilidades de preços. Outro ponto importante presente no estudo é de que a somatória dos coeficientes de reação e persistência das volatilidades consistiram em valores próximos ou maiores que 1, o que demonstra que mudanças bruscas nas flutuações dos preços causam impactos no longo prazo nas volatilidades dos preços desses produtos.

Souza (2021) também utilizou modelos de Heterocedasticidade Condicional (ARCH) para estudar as volatilidades históricas dos preços de três importantes *commodities* agrícolas no mercado brasileiro de soja, milho e algodão. O trabalho mostrou que a variabilidade dos preços desses produtos aumentou com a conjuntura econômica decorrente da pandemia do COVID-19. Tal questão é explicada, dentre outros fatores, pela incerteza econômica geral pelo avanço da pandemia ao redor do mundo, com os preços das *commodities* agropecuárias, em geral, apresentando tendências de alta. De acordo com o autor, após a confirmação do início da pandemia, o milho foi a *commodity* que apresentou maior volatilidade nos preços, frente às demais analisadas.

3. Metodologia

3.1 Séries de preços utilizadas e períodos de análise

Os dados empíricos para as análises de volatilidades consistem em séries diárias dos preços do milho com base nos mercados físicos e futuros. Primeiramente, têm-se os dados referentes ao mercado físicos de importantes praças de produção e comercialização do milho no Brasil, sendo preços pagos aos produtores e gerados pelo Cepea/Esalq/USP. Também, foram coletados os dados de um dos contratos futuros com maior liquidação na bolsa brasileira (B3) e os preços futuros dos contratos de soja na bolsa de Chicago (CBOT), para que sejam feitas análises de possíveis correlações. Os dados referentes aos preços físicos e futuros foram coletados da plataforma Eikon da Thomson Reuters Eikon.

As praças estudadas no trabalho possuem alto volume de produção e comercialização do milho no Brasil. Para o Mato Grosso, maior produtor de milho no Brasil, têm-se os dados da praça de Sorriso – MT. Tal região é conhecida como “Capital do Agronegócio” e apresenta importante papel histórico no avanço do cultivo do milho brasileiro, sendo um dos maiores municípios produtores do estado do Mato Grosso. Além de Sorriso – MT, têm-se também os preços históricos referentes a praça de Rio Verde – GO para a região Centro-Oeste. Outras praças utilizadas se referem à Cascavel-PR, região próxima a importantes *players* do mercado consumidor de milho, o que aumenta a demanda pelo milho nessa região, e também a Chapecó-SC,

região com características de oferta e demanda similares ao oeste paranaense, com grandes plantas abatedouras de suínos e aves. Ainda na região sul do país, foram coletados os dados referentes a praça de Passo Fundo – RS. Por fim, para a região Sudeste, principal consumidora, foram levantados os preços da praça da região Sorocabana, que compreende os municípios do Sudoeste paulista, além da região de Campinas, referência ao indicador de preços do Cepea/Esalq/USP.

3.2 Tratamento dos dados

As séries históricas dos preços coletados apresentam tamanho amostral e periodicidades diferentes. Desse modo, para padronização da análise foram calculadas as médias mensais de cada período, e assim, comparados os dados de cada série. Ademais, como os preços são referentes às cotações de determinado dia no mercado, todas as séries foram deflacionadas pelo índice IGP – M (FGV).

3.3 Análise das volatilidades históricas

Para a análise das volatilidades nos preços do milho, o estudo procurou se basear em análises fundamentalistas. Diferentemente dos trabalhos citados aqui anteriormente, não foram usados modelos de Heterocedasticidade Condicional (ARCH) para o tratamento dos dados empíricos. As análises consistiram em fundamentos e fatores que se relacionam com o balaço de oferta e demanda. No contexto das *commodities* agrícolas, esse tipo de análise tem como, dentre vários objetivos, identificar como as *commodities* se movimentam em ciclos relativamente longos, refletindo períodos de safra e entressafra, por exemplo. Assim, para entendimento da dinâmica de preços dos produtos agropecuários é importante identificar indicadores de tendência e volatilidades.

3.4 Estratégias e razão de *hedge*

No contexto geral, as estratégias de *hedge* consistem na manutenção de posições opostas nos mercados à vista e futuro, com o objetivo de obter uma proteção contra possíveis volatilidades nos preços. Assim, um *hedger* utiliza dessa estratégia para mitigação e gerenciamento de riscos relacionados às volatilidades nos preços (Araújo, 2017). O mecanismo do *hedge* consiste basicamente em manter uma determinada quantidade da mercadoria em estoque e assumir uma posição oposta no mercado futuro, ou vice-versa. Assim, caso os preços à vista e futuro de uma determinada mercadoria se movimentem na mesma direção, diante de uma queda das cotações, os prejuízos por conta de uma compra em preços mais altos são protegidos por conta da venda fixada no mercado futuro, antes da queda dos preços. O mesmo vale para o oposto. Em caso de alta do mercado, uma posição vendida antes do aumento dos preços pode ter suas perdas protegidas a partir da fixação de uma posição comprada no mercado futuro, antes da elevação dos preços (Araújo, 2017).

Para a análise da viabilidade do *hedge* foram calculados os parâmetros necessários para a determinação da razão de *hedge*, que visa determinar a posição ótima do *hedger* no mercado à vista e futuro. Primeiro, define-se o retorno aleatório para determinado período, como mostra a Equação 1 (GOMES, 1987):

$$R = \frac{Pt - P0}{P0} \quad (1)$$

Sendo: R = retorno do produto; Pt = Preço do produto em determinado período; P0 = Preço do produto no período anterior

Ressalta-se que a Equação 1 pode ser utilizada para os preços à vista e preços futuros. Outro parâmetro analisado consiste na variância das séries de preços. A variância foi calculada como mostra a Equação 2 (GOMES, 1987):

$$Var(R) = \frac{\sum(R - R)^2}{(n - 1)} \quad (2)$$

Sendo: R = retorno aleatório (mercados à vista e futuro); Rm = retorno aleatório médio da série de preços; n = número de amostras.

Também, foi calculada a correlação entre os preços futuros e físicos para cada praça. A correlação se dá pela Equação 3 (GOMES, 1987):

$$Correl(Rv, Rf) = \frac{\sum(Rv - Rmv)(Rf - Rmf)}{\sqrt{\sum(Rv - Rmv)^2 \sum(Rf - Rmf)^2}} \quad (3)$$

Em que: Rv = retorno aleatório do preço do produto no mercado à vista; Rmv = retorno aleatório médio do preço do produto no mercado à vista; Rf = retorno aleatório do preço do produto no mercado futuro; Rmf = retorno aleatório médio do produto no mercado futuro.

Os parâmetros analisados foram utilizados para o cálculo do risco da estratégia de *hedge*. Por definição, o *hedger* deve assumir posições opostas e de mesma magnitude nos mercados futuros e à vista (GOMES, 1987). Mas para eliminar os riscos da operação, os parâmetros listados acima precisam ser perfeitamente correlacionados, como define a Equação 4 (GOMES, 1987):

$$Var(Rv) = Var(Rf) \text{ e } Correl(Rv, Rf) = 1 \quad (4)$$

Por fim, foi calculada a razão de *hedge* a partir dos dados disponíveis. A qual se dá pela Equação 5 (GOMES, 1987):

$$h^* = \rho \frac{\sigma_v}{\sigma_F} \quad (5)$$

Em que: h^* = razão de hedge; σ_v = desvio padrão do retorno aleatório dos preços à vista (R_v); σ_F = desvio padrão do retorno aleatório dos preços futuros (R_{mf}) ; ρ = correlação entre os preços futuros e à vista ($\text{Correl}(R_v, R_f)$).

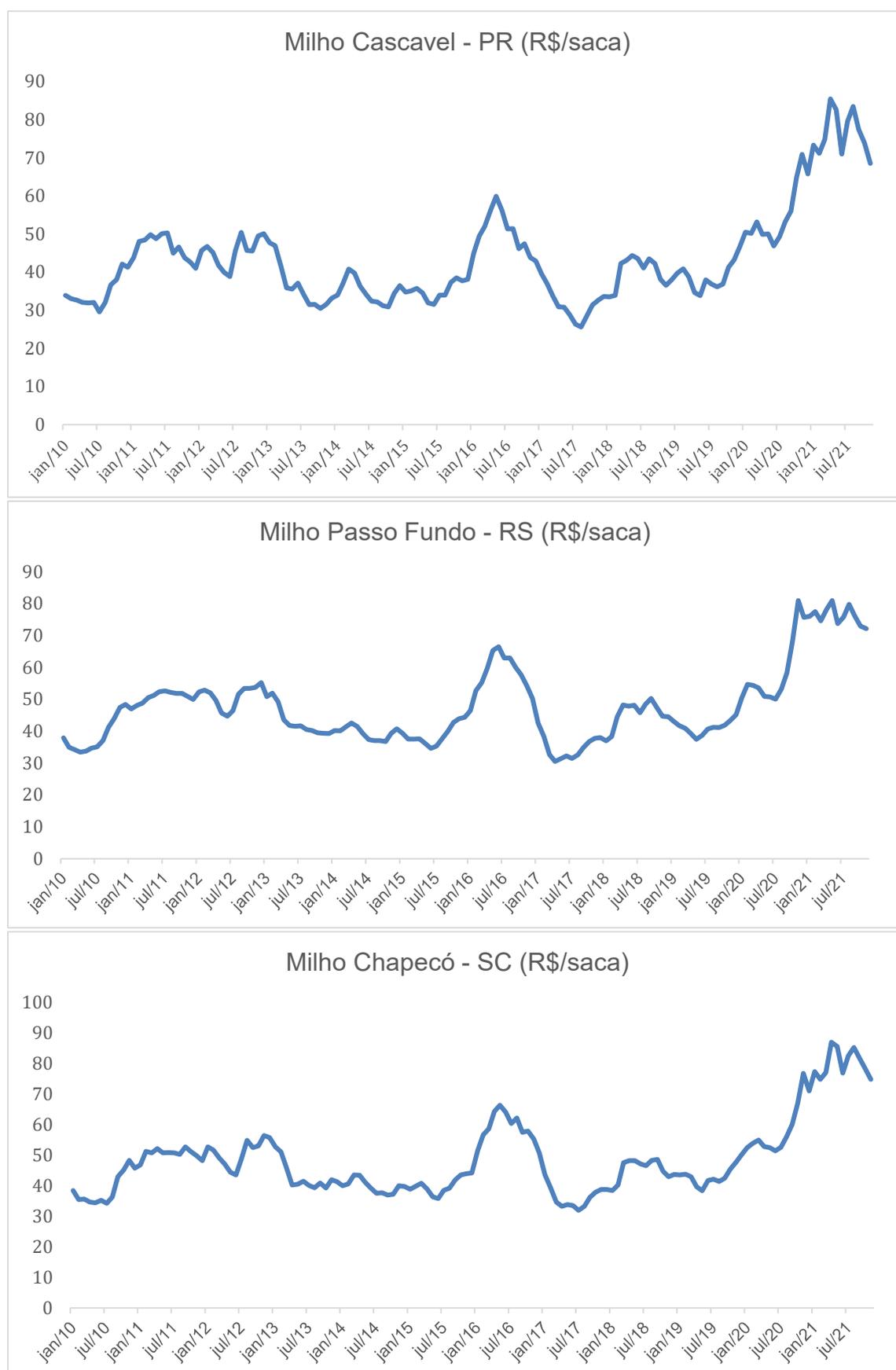
A razão *hedge* permite a estimativa da posição ótima a ser utilizada nas operações de *hedge* como forma de mitigar ao máximo os riscos de mercado. Isso é, o quanto de posição oposta o *hedger* deve considerar no mercado futuro.

4. Resultados e Discussão

4.1 Mercado interno

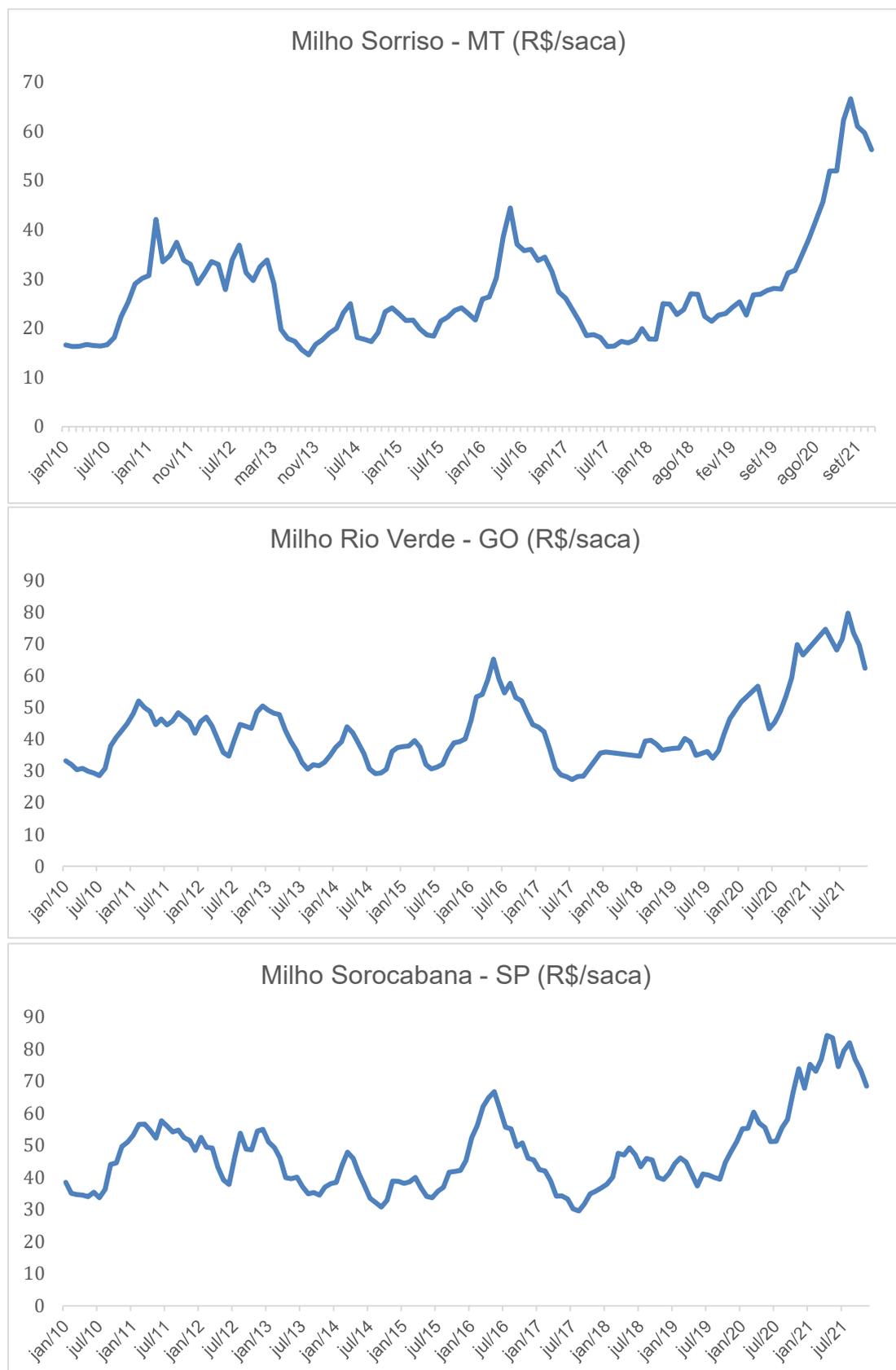
Preços diários para o milho foram obtidos como citado anteriormente, tendo para o mercado físico seis praças diferentes com preços pagos aos produtores de milho. O período estudado se dá desde o dia 04/01/2010 até a data de 24/11/2021. As séries de preços são diárias, mas para o tratamento dos dados empíricos, calculou-se o preço médio mensal para cada série. As Figura 4 e 5, a seguir ilustram e evolução histórica dos preços mensais, para todas as praças estudadas.

Figura 4: Preços mensais do milho em diferentes praças



Fonte: Cepea/Esalq, extraído de Thomson Reuters Eikon (2021).

Figura 5: Preços mensais do milho nas demais praças



Fonte: Cepea/Esalq, exteado de Thomson Reuters Eikon (2021).

Por se tratar da mesma variável (preço médio mensal do milho) percebe-se que todos os gráficos das Figuras 4 e 5 apresentaram comportamentos semelhantes. Em todas as praças percebeu-se a alta histórica em 2021, tendo os preços deflacionados. Dado também à dinâmica de precificação do milho, em todas as séries históricas os preços tiveram comportamentos voláteis.

Em geral, observa-se alguns ciclos mais bem definidos, e outros momentos que os preços apresentaram tendências ou picos. No período de 2010 a julho de 2015, os preços flutuaram em um ciclo harmônico, dentro das sazonalidades, com uma leve tendência de queda. A partir de 2015, pela alta dos preços no mercado internacional, em razão dos reflexos da seca nos EUA entre 2014/2015, os preços sobem fortemente, vindo a cair e voltar ao ciclo anterior a partir de 2016 até o meio de 2019. A partir de então, os preços começam a apresentar uma tendência de forte de alta, com um pulso significativo no primeiro semestre de 2020, em razão dos reflexos da pandemia em toda a cadeia produtiva, logística e de consumo, em âmbito internacional. Nota-se que, a partir deste momento, os preços, embora apresentem uma leve queda em 2021, situam-se em um patamar muito acima da média histórica.

A Tabela 5, a seguir, mostra síntese das estatísticas descritivas dos principais dados calculados a partir de cada série estudada, para o mercado físico.

Tabela 5: Síntese estatística dos preços mensais para as praças estudadas, para o período de jan/2010 até nov/2021

	Média	Desvio Padrão	Mediana	Máx.	Mín.
Sorriso - MT	27,12	10,39	24,55	66,63	14,61
Sorocabana - SP	47,34	12,22	45,34	84,20	29,53
Rio Verde - GO	42,57	11,06	39,99	79,71	27,33
Passo Fundo - RS	47,57	11,82	44,64	81,03	30,54
Chapecó - SC	48,36	12,17	45,27	86,98	31,97
Cascavel - PR	43,39	12,42	40,96	85,48	25,61

Fonte: Dados da pesquisa.

Pela Tabela 5 percebe-se que a máxima histórica dos preços deflacionados é significativamente maior que a média, em todos os mercados estudados. Fato que está de acordo com a tendência recente de alta. Percebe-se, também, diferenças consideráveis entre os patamares de preços entre as praças. Isso se deve, dentre vários fatores, às diferenças entre as dinâmicas de cada mercado correspondente, sendo os preços, normalmente (mas não regra geral), menores quanto maiores às distâncias das praças em relação à região de referência do contrato (Norte e Noroeste de SP).

Destaca-se que os preços na região Sul apresentam as maiores médias e também dois dos maiores preços máximos nas amostras analisadas. Historicamente, o mercado físico na região Sul do Brasil tende a ser bem aquecido. Além da presença de empresas consumidores do milho, a região apresenta o porto de Paranaguá – PR,

importante porto de escoamento da produção brasileira. Sendo assim, pela proximidade ao porto e pela alta demanda na região, os preços do milho no sul do país tendem a ser altos. Já na praça Sorocabana – SP, obteve-se também um dos maiores preços. Muito por conta de motivos parecidos com as das praças na região Sul, essa região do estado de São Paulo também é caracterizada por grandes plantas consumidoras de milho, além também de essa ser a praça mais próxima, dentre as estudadas, do porto de Santos – SP, principal canal de escoamento de grãos para o mercado externo no Brasil (Araújo, 2017).

Já nas praças do Centro-Oeste, percebe-se a presença dos menores valores obtidos a partir dos dados empíricos, sobretudo pelas maiores distâncias das regiões consumidoras, o que gera um desequilíbrio no balanço de oferta e demanda local visto que se encontram na região com os maiores níveis de produção do milho. As praças locais, de Sorriso-MT e Rio Verde-GO, também são caracterizadas como importantes comercializadoras do cereal para diversos lugares do país, principalmente para a região Sul e Sudeste, onde a alta demanda, em muitos casos, não é suprida pela oferta local. Por outro lado, o aumento do mercado interno na região, muito por conta da maior demanda do milho para proteínas animais e também pelo avanço da produção de etanol de milho nos estados do Centro-Oeste, contribuíram para o aumento da demanda e maior aproximação na relação com os preços das demais praças. Assim, mesmo com a alta oferta local, os preços deflacionados atingiram patamares jamais antes vistos nas praças de Rio Verde – GO e Sorriso – MT, assim como nas demais regiões.

4.2 Volatilidades e a viabilidade da estratégia de *hedge*

Primeiramente, foram calculados os parâmetros determinados na metodologia para determinação do nível de risco das operações de *hedge* em todas as praças estudadas. Os dados empíricos utilizados correspondem ao mesmo período usado anteriormente, de 04/01/2010 até 24/11/2021. Também, os dados analisados consistem nos preços médios mensais das séries históricas disponíveis. A Tabela 6 a seguir mostra o comparativo dos parâmetros calculados:

Tabela 6: Parâmetros para validação da teoria clássica do *hedge*

	Var (Rv)	Var (Rv) - Var (Rf)	Correl(Rv,Rf)
Sorriso - MT	0,0131	0,0086	0,6555
Sorocabana - SP	0,0057	0,0012	0,8751
Rio Verde - GO	0,0071	0,0026	0,5875
Passo Fundo - RS	0,0031	-0,0014	0,5470
Chapecó - SC	0,0036	-0,0009	0,7747
Cascavel - PR	0,0052	0,0007	0,8208
CCMC1 (Preço Futuro)	0,0045	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Por se tratar da mesma variável em todas as séries (preços do milho), a correlação entre os preços físicos e futuros é considerável para todas as praças. Entretanto, como esperado, nenhuma apresentou $\text{Correl}(R_v, R_f) = 1$. Com isso, observa-se que, ainda que os preços tenham uma alta associação linear, não são perfeitos e, conseqüentemente, há distintos patamares riscos de preços e nas operações de *hedge*. Pela Tabela 6 percebe-se que as praças que obtiveram correlação mais próxima de 1 são as praças mais próximas à região de referência do contrato futuro de milho da B3, sobretudo a praça Sorocabana-SP e Cascavel-PR, o que sugere que as dinâmicas destes mercados flutuam de uma maneira mais próxima das dinâmicas dos preços futuros e reduz as incertezas sobre os preços para seus potenciais *hedgers*. No caso da praça de Chapecó, por ser uma tradicional região abatedora de suínos e aves e grande demandante de milho, sua dinâmica tende a ser aproximar dos principais mercados consumidores, tal como a região de referência do contrato futuro. Entende-se, portanto, que o contrato futuro da B3 tem um desenho mais favorável aos *hedgers* nestas praças.

Já as praças mais distantes, sobretudo no Centro-Oeste, por dinâmicas locais, inclusive na distribuição das safras de milho e outros grãos, reduz a associação linear dos preços físicos e futuros ao longo do tempo, aumentando as incertezas para quem vende ou compra milho localmente.

Por fim, a falta de uma razão perfeita nos parâmetros comparados está muito atrelada às presenças das volatilidades de preços no mercado de milho, dado que mesmo em tendência de alta, os preços se caracterizam por movimentos de altas e baixas em períodos específicos. Tal fato corrobora com a importância das operações de *hedge* para o gerenciamento de risco e ressalta a importância de teorias e práticas

mais aprofundadas para o *hedge*, dado que, em muitos casos, as flutuações de preços não seguem tendências previsíveis.

Tendo isso, além das estratégias de *hedge*, o contexto de flutuações dos preços ressalta a importância da análise fundamentalista, já que as volatilidades podem ser atreladas também, dentre vários fatores citados anteriormente, ao balanço de oferta e demanda local, a qual depende da dinâmica de cada mercado e pelos dados empíricos analisados notou-se às diferenças nas flutuações nas praças analisadas.

Em complemento às análises, como forma então de quantificar as operações de *hedge* a partir dos dados pesquisados, e visando melhor explorar a relação entre os preços físicos e futuros, sobretudo buscando compreender o quanto o contrato futuro pode auxiliar na mitigação do risco de preços de potenciais *hedgers* nas diferentes regiões analisadas, apresenta-se, a seguir o cálculo da razão de *hedge* ótima para as praças em questão, como mostra a Tabela 7:

Tabela 7: Razão de *hedge* para as praças estudadas

	σ_R	Correl(R_v, R_f)	h
Sorriso - MT	3,3519	0,6555	0,5444
Sorocabana - SP	3,6068	0,8751	0,8312
Rio Verde - GO	2,8829	0,5875	0,5875
Passo Fundo - RS	2,8440	0,5470	0,4097
Chapecó - SC	3,0764	0,7747	0,6276
Cascavel - PR	3,3886	0,8208	0,7324
CCMC1 (Preço Futuro)	3,7975	-	-

Fonte : Dados da pesquisa

No modelo clássico para a teoria de *hedge* uma razão $h = 1$ significaria que a operação no mercado futuro deve se constituir com a mesma quantidade do volume de produto físico a ser utilizado na operação. Assim, 100% da posição do *hedger* no mercado físico deve ser tomada de forma oposta com contratos futuros (GOMES, 1987). Na prática, por conta de vários fatores já citados nesse trabalho, dificilmente alguma série de preços apresentará $h = 1$.

Pela Tabela 7 percebe-se que a região de Sorocabana – SP apresentou-se como a praça com a razão ótima de *hedge* (83%) mais próxima de 100%, o que torna essa região a mais propícia para a estratégia clássica das operações de *hedge* relacionadas aos comportamentos perfeitos (GOMES, 1987). Tal razão se explica pelo fato desta ser a praça mais próxima à referenciada no contrato futuro de milho da B3 (região de Campinas-SP). Percebe-se, também, que as outras praças com maiores valores para a razão de *hedge* são as praças de Cascavel – PR (73%) e Chapecó – SC (63%), o que já era esperado pois, como citado anteriormente, essas

três praças possuem os parâmetros mais adequados para a realização das operações de *hedge*, já que as dinâmicas de seus mercados são próximas à região de referência dos contratos da B3.

As demais regiões apresentam menores razões de *hedge*, muito por conta da correlação dos preços físicos e futuros serem as menores. No caso de Sorriso-MT e Rio Verde-GO, entende-se haver uma dinâmica regional mais particular que leva os preços a flutuarem ligeiramente em dissonância dos preços futuros, uma vez que vários fatores podem ocorrer em paralelo, como defasagem no ajuste de preços, movimentações do mercado local, custos de armazenagem e logísticos. Já no caso de de Passo Fundo – RS, além dos fatos reportados, é necessário ressaltar que esta região possui uma dinâmica particular, de não ter colheita do milho de segunda safra e, portanto, sua relação entre oferta e demanda local pode ter um comportamento distinto das demais regiões. Neste sentido, o modelo sugere um menor volume ótimo a ser *hedgado* nas regiões mais distantes, uma vez que o risco de preços é parcialmente substituído por um risco de base.

5. Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi analisar os diversos fatores presentes na dinâmica do mercado das *commodities* agrícolas e seus impactos nos preços do milho no Brasil. Ressalta-se, também, que o estudo buscou explicar a grande importância do cereal no mercado brasileiro e os motivos que culminaram nas altas históricas da *commodity*.

Para relacionar os preços com o balanço de oferta e demanda do milho (nacional e mundial) utilizou-se dados de órgãos oficiais como CONAB e USDA, autarquias com influência nos movimentos dos mercados de produtos agropecuários, em razão de seus levantamentos e divulgação de balanços de estoques e perspectivas de produção agropecuária. Consequentemente, são importantes agentes nas formações de preços.

Com relação aos preços físicos e futuros de milho no Brasil, observou-se a presença de cotações historicamente mais altas no período mais recente, atingindo seus recordes. Assim, o trabalho buscou compreender e explicar os fenômenos que poderiam explicar, conjuntamente, estas oscilações, a partir de uma análise fundamentalista.

Em geral, entende-se que, no atual contexto de incertezas, as volatilidades dos preços das *commodities* continuarão elevadas, requerendo uma maior necessidade do uso de ferramentas de gestão de risco por produtores, cooperativas, agroindústrias, *tradings* e outros agentes envolvidos nas cadeias produtivas agropecuárias, como no caso do milho.

Especificamente no caso do milho, observou-se que, em todas as séries, houve consideráveis volatilidades nos preços, mesmo para praças com dinâmicas de comercialização distintas. Individualmente, notou-se que as praças podem apresentar

padrões de curto prazo ligeiramente distintos, porém, no longo prazo, flutuam de maneira similar, o que leva as altas correlações entre elas e os preços futuros da B3. Por fim, ao se analisar as operações de hedge entre os preços físicos das praças analisadas e os preços futuros de milho da B3, observa-se que para as razões de *hedge* foram atribuídos valores variados, o que indica que cada praça apresenta uma dinâmica de mercado, assim as operações de *hedge* apresentam riscos variados para cada região. Então, o volume de milho a ser negociado nas operações vai diferir para cada região.

Pelas análises dos preços, conclui-se que a operação de *hedge* é viável a partir dos dados pesquisados, mesmo analisando somente teorias mais superficiais desses tipos de operações (modelo clássico), dado que foram encontradas correlações próximas, em algumas praças específicas, aos números considerados perfeitos para execução de um *hedge* tradicional. Entende-se que outros estudos, utilizando-se de modelos multivariados e de séries temporais, poderão contribuir com a análise e trazer maior robustez à discussão, em especial com base na recente e forte alta nos preços do milho.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, M. **O segredo do grão: o comércio de commodities agrícolas** / Marcos Araujo. 1.ed. - Curitiba: Do Autor, 2017. 300p.: il.; 30 cm ISBN 978-85-922222-0-8

AMARAL, B. H. **Análise da influência da negociação de contratos futuros sobre a volatilidade dos preços à vista da soja e do milho**. 2014. 41 p. Instituto de Economia da Unicamp, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

BESSADA, O.; BARBEDO, C.; ARAUJO, G. **Mercado de derivativos no Brasil: Conceitos, Operações e Estratégias**. São Paulo: Record, 2005.

BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, R. L. F. **manual de avaliação de riscos na agropecuária** - um guia metodológico. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Seguros, 2017. 133 p ; 21

B3, BMF&BOVESPA, CVM. **Mercados de Derivativos no Brasil: Conceitos, Produtos e Operações**. Rio de Janeiro – RJ, 2015.

BOTELHO, J. P. **O que são commodities? Mercados Agrícolas** - StoneX, 2021. Disponível em: <<https://www.mercadosagricolas.com.br/inteligencia/o-que-sao-commodities/>> Acesso em: 28 mai. 2021.

BOLSA DE VALORES, **Mercadorias & Futuros**. Volume Geral. Disponível em: <https://www.bmf.com.br/bmfbovespa/pages/boletim1/VolumeGeral/VolumeGeral.asp> Acesso em: 12 nov. 2021.

CAMPOS, K. C.; CAMPOS, R. T. **Volatilidade de preços de produtos agrícolas: uma análise comparativa para soja, café, milho e boi gordo**. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia. Londrina, Paraná. Disponível em <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/4999>. Acesso em 01 dez. 2021

CALDARELLI, C. E.; B., RUMENOS M. R. P. **Fatores de influência no preço do milho no Brasil**. Nova Economia [online]. 2012, v. 22, n. 1 [pp. 141-164. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-63512012000100005>>. Epub 20 Jul 2012. ISSN 1980-5381. <https://doi.org/10.1590/S0103-63512012000100005>. Acesso em 30 nov. 2021

CEPEA, **Metodologia Milho**. Disponível em <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/metodologia/metodologia-de-precos-domilho-esalq-bm-fbovespa.aspx>> . Acesso em 3 out. 2021

COÊLHO, J. D. **Milho: produção e mercados**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 5, n.140, nov. 2020.(Caderno Setorial ETENE, n.140)

CONAB, **Boletim da Safra de Grãos. 11º Levantamento – Safra 2020/21**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em 31 ago. de 2021

CRUZ JR J. C, CAPITANI, D.H. D.; SILVEIRA, R. L. F. 2018. **The Effect of Brazilian Corn and Soybean Crop Expansion on Price and Volatility Transmission**. Economics Bulletin, 38: 2273- 2283. Disponível em : <https://ideas.repec.org/a/ebl/ecbull/eb-17-00408.html> . Acesso em 23 nov. 2021

FERREIRA, B., CAPITANI, D.H.D. **Competitividade do milho brasileiro no mercado internacional**. Revista de Política Agrícola, Local de publicação (editar no plugin de tradução o arquivo da citação ABNT), 26, Out. 2017. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1274/1057>>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FIORÊNCIO, M. C.; LIMA, M. D. F. **Exportações de milho do Brasil: o papel da taxa de câmbio**. 2020. 56 f.: il.

FGV, IBRE. IGP – M **Índice Geral de Preços – Mercado, Metodologia**. 2016 . Disponível em < <http://www.ipeadata.gov.br/doc/METODOLOGIA%20IGP-M.pdf>>. Acesso em 01 dez. 2021

GOMES, F. C. Determinação da razão de hedge: um estudo sobre as teorias de hedging. **Revista de Administração de Empresas** [online]. 1987, v. 27, n. 4, pp. 38-44. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-75901987000400006>>. Epub

19 Jun 2013. ISSN 2178-938X. <https://doi.org/10.1590/S0034-75901987000400006>. Acesso em 9 dez. 2021

IOT-LEPETIT, I.; M'BAREK, R. **Methods to Analyse Agricultural Commodity Price Volatility**. In: PIOTLEPETIT, I.; M'BAREK, R. (Eds.). . *Methods to Analyse Agricultural Commodity Price Volatility*. New York: Springer Science & Business Media, 2011. p. 1–11.

KINGSMANN, J. **Commodity Conversations: An Introduction to Trading in Agricultural Commodities (English Edition)**. 2017. ISBN 1976211549

MATTOS F. L.; SILVEIRA R. L. F. The Expansion of the Brazilian Winter Corn Crop and Its Impact on Price Transmission. **International Journal of Financial Studies**. 2018; 6(2):45. <https://doi.org/10.3390/ijfs6020045>

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeção do Agronegócio: Brasil 2020/21 a 2030/31, Projeções de longo prazo. MAPA, 2021**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2020-2021-a-2030-2031.pdf/view>. Acesso em: 29 set. 2021.

NUNES, J. E. de O.; SILVA, J. M. da .; ARAÚJO , L. da S. .; MOREIRA, G. R. .; STOSIC, T. .; STOSIC, B. Analysis of the visibility graphs of the Brazilian soybean, corn and chicken meat market . **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e39210111478, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i1.11478. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11478>. Acesso em: 28 sep. 2021.

PESSOA, R. V. S.; BARRETO, I. D. de C.; ARAÚJO, L. da S.; MOREIRA, G. R.; STOSIC, T.; STOSIC, B. Correlations in time series of chicken, soy and corn prices. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. e20610414019, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i4.14019. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14019>. Acesso em: 1 dec. 2021.

USDA, **Wasde Report**. Disponível em <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde>> Acesso em 25 set. de 2021

USDA, **Wasde Report Data**. Disponível em < <https://www.usda.gov/oce/commodity-markets/wasde/historical-wasde-report-data> > Acesso em 14 nov. 2021.

WAQUILL, P. D. **Mercados e comercialização de produtos agrícolas**. Disponível:: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/56447>. Acesso em 23 nov. 2021