

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

EVERTON ANDO TECEDOR

**EFETIVIDADE DO *HEDGE* DO MILHO NO MERCADO LOCAL UTILIZANDO
CONTRATOS FUTUROS CBOT**

SÃO PAULO
2023

EVERTON ANDO TECEDOR

**EFETIVIDADE DO *HEDGE* DO MILHO NO MERCADO LOCAL UTILIZANDO
CONTRATOS FUTUROS CBOT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia e Mercados da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir Fernandes Maciel

SÃO PAULO
2023

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Mackenzie
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T255e	<p>Tecedor, Everton Ando.</p> <p>Efetividade do Hedge do Milho no mercado local utilizando contratos futuros CBOT : [recurso eletrônico] / Everton ando Tecedor. 1006 KB ; il.</p> <p>Dissertação (Mestrado Profissional em Economia e Mercados) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2023.</p> <p>Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Dr. Vladimir Fernandes Maciel. Referências Bibliográficas: f. 55-57.</p> <p>1. Mercados Futuros. 2. Efetividade Do Hedge. 3. Cointegração. 4. Causalidade De Granger. 5. Cashflow Hedge. ?. I. Maciel, Dr. Vladimir Fernandes, <i>orientador(a)</i>. II. Título.</p>
-------	--

Bibliotecário(a) Responsável: Jaqueline Bay Inácio Duarte - CRB 8/9509

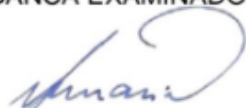
EVERTON ANDO TECEDOR

EFETIVIDADE DE HEDGE DO MILHO NO MERCADO LOCAL UTILIZANDO
CONTRATOS FUTUROS CBOT

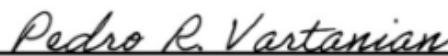
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia e Mercados da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial à obtenção de título de Mestre em Economia.

Aprovado em 10 de fevereiro de 2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Vladimir Fernandes Maciel
Universidade Presbiteriana Mackenzie



Prof. Dr. Pedro Raffy Vartanian
Universidade Presbiteriana Mackenzie



Prof. Dr. Claudio Ribeiro de Lucinda
Universidade de São Paulo (USP)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Wilson Tecedor, Marisa Ando Tecedor (em memória) e minha mãe de coração Izildinha Aparecida Ribeiro, pela inspiração, pelo auxílio e pela paciência até este presente momento.

À minha esposa, Mônica Matias Tecedor, por me ajudar, inclusive, com a dissertação, sendo também paciente e amorosa neste período do mestrado.

À Universidade Presbiteriana Mackenzie, pela oportunidade de cursar o Mestrado Profissional e a todos os professores, alunos e funcionários.

Ao orientador Prof. Dr. Vladimir Fernandes Maciel, pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência e pela empatia no período da dissertação.

Aos professores Dr. Pedro Raffy Vartanian e Dr. Paulo Rogério Scarano que no período do mestrado foram coordenadores do curso de Mestrado Profissional em Economia.

Aos amigos do mestrado: Adrielli Toledo, Ademar Silva e Clayton Calixto pela ajuda no período mais crítico do mestrado, quando tive um problema de saúde.

Aos meus amigos e familiares, pelo entendimento e pela paciência de entender o processo que requer o período do mestrado.

Escolheremos o nosso próximo mundo através daquilo que aprendermos neste. Não aprender nada significa que o próximo mundo será igual a este, com as mesmas limitações e pesos de chumbo a vencer.

(Richard Bach)

RESUMO

A cadeia produtiva do milho é uma das mais relevantes no agronegócio brasileiro, sendo também um insumo básico para a avicultura e a suinocultura. As *commodities* de milho, ao redor do mundo, têm uma volatilidade muito alta no preço. Sendo assim, para a proteção das flutuações de preços, compradores e vendedores utilizam-se do mecanismo de proteção, o *hedge*. O presente estudo visa verificar a eficiência do hedge do mercado local, utilizando Futuros de Milho negociados na bolsa de Chicago (*Chicago Board of Trade* – CBOT). Para cumprir o objetivo da avaliação utilizou-se testes econométricos. Os modelos utilizados foram testes de raiz unitária, teste de causalidade de Granger e teste de cointegração. Os resultados indicam que a causalidade existente é de que o preço do Milho *Spot* (Campinas/SP) sofre influência do preço do Futuro CBOT, mas a eficiência da utilização do derivativo Futuro CBOT para hedge no mercado local é insatisfatória.

Palavras-chave: mercados futuros; efetividade do *hedge*; cointegração e causalidade de *granger*; milho; *cashflow hedge*.

ABSTRACT

The corn production chain is one of the most relevant in Brazilian agribusiness, and this is a basic input for poultry and pig farming. Corn commodities around the world have very high price volatility. Therefore, for the protection of price fluctuations, buyers and sellers use the protection mechanism, the hedge. The present study aims to verify the efficiency of the local market hedge, using Corn Futures traded on the Chicago Stock Exchange (Chicago Board of Trade). To fulfill the objective of the evaluation, econometric tests were used. The models used were unit root tests, Granger causality test and Cointegration test. The results indicate that the existing causality is that the price of Spot Corn (Campinas-SP) is influenced by the price of the CBOT Future, but the efficiency of using the CBOT Future derivative for hedging in the local market is unsatisfactory.

Keywords: Futures Markets. Hedge effectiveness. Cointegration and Granger Causality. Corn. CashFlow Hedge.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média do número de contratos negociados diretamente para os diferentes meses de vencimento entre 2004 e 2015.....	16
Tabela 2 – Produção histórica dos principais produtores mundiais de 2015 a 2021.....	18
Tabela 3 – Dados de produtividade de milho por região de 2014/16 a 2020/21 (mil toneladas)	20
Tabela 4 – Consumo de milho no mercado brasileiro por grupos de 2017 a 2021 (mil toneladas)	21
Tabela 5 – Estatística descritiva da série de preço futuro CBOT e preço à vista do milho.....	46
Tabela 6 – Resultado dos testes de raiz unitária para série de preços (diária) para os preços à vista e futuro CBOT milho em reais no período de 2004 até 2020.	47
Tabela 7 – Resultado dos testes de raiz unitária para série de preços (diária na base logarítmica) para os preços à vista e futuro CBOT milho em reais no período de 2004 até 2020	47
Tabela 8 – Resultado dos testes de raiz unitária para série de preços (diária, de primeira diferença) para os preços à vista e futuro CBOT milho em reais no período de 2004 até 2020	48
Tabela 9 – Teste de causalidade do milho <i>Spot</i> em relação ao futuro CBOT	48
Tabela 10 – Teste de causalidade do futuro CBOT em relação ao milho <i>Spot</i>	49
Tabela 11 – Razão ótima de <i>hedge</i> estimado com futuro CBOT <i>Corn</i>	50
Tabela 12 – Efetividade e razão ótima de <i>hedge</i> para series de preços diários por primeira diferença de futuros CBOT e milho <i>Spot</i> entre novembro de 2004 a dezembro de 2020	51
Tabela 13 – Estatística descritiva do frango resfriado do período 10/2017 a 12/2021	58
Tabela 14 – Correlação do milho à vista x frango resfriado do período 10/2017 a 12/2021 ...	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Período das safras do milho no Brasil (colheita e plantio).....	19
Quadro 2 – Estrutura e modelo de negociação futuro BMF.....	25
Quadro 3 – Estrutura e modelo de negociação futuro CBOT.....	26
Quadro 4 – Melhores práticas de risco de mercado para gestão de <i>commodities</i>	27
Quadro 5 – Resultantes de ganhos e perdas, caso o valor do milho tenha aumento	28
Quadro 6 – Resultante de ganhos e perdas, caso o valor do milho tenha diminuído	28
Quadro 7 – Modelos de <i>Hedge Accounting</i>	30
Quadro 8 – Comentários sobre os artigos de apoio para a formação de preço do milho e da efetividade do <i>hedge</i> , utilizando métodos econométricos.	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual de produção de milho por safra no ano de 2021.....	19
Gráfico 2 – Representatividade da produção por região de 2014/15 a 2021/21.....	20
Gráfico 3 – Série de preços de milho à vista (sacas de 60 kg) e frango resfriado de outubro de 2017 a dezembro de 2020.....	22
Gráfico 4 – Série de preço <i>Spot</i> milho BRL e futuro CBOT BRL.....	46
Gráfico 5 – Histograma: distribuição da diferença entre preço à vista contra o <i>hedge</i> estimado	51
Gráfico 6 – Box-Plot do milho à vista e do futuro CBOT do período de 11/2004 a 12/2020..	58

LISTA DE ABREVIATURAS

LPU	Lei do Preço Único
CBOT	Chicago Board of Trade
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
KG	Quilograma
BM&F	Bolsa de Mercadoria e Futuros
CME	Chicago Mercantile Exchange
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
DF	Teste de Dickey-Fuller
DW	Durbin Watson
EU	União Europeia

SUMÁRIO

2 O MERCADO DO MILHO	18
2.1 PRODUÇÃO MUNDIAL DO MILHO	18
2.2 PRODUÇÃO INTERNA DE MILHO	18
2.3 CONSUMO DO MILHO NO MERCADO BRASILEIRO	20
2.4 EXPORTAÇÃO DO MILHO BRASILEIRO.....	22
3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE <i>HEDGE</i> NO MERCADO DE <i>COMMODITIES</i>	23
3.1 RISCO DE BASE.....	23
3.2 CONTRATO FUTURO	23
3.2.1 Futuro BMF MILHO	25
3.2.2 <i>Future</i> CBOT Corn	26
3.3 <i>NON DERIVABLE FORWARD CBOT CORN</i> (NDF)	27
3.4 RISCO DE MERCADO PARA <i>COMMODITIES</i>	27
3.3.1 Exposição	28
3.4.2 <i>Value at risk</i>	29
3.4.3 <i>Stress Test</i>	29
3.5 <i>HEDGE ACCOUNTING</i>	30
4 METODOLOGIA ECONOMETRICA E REVISÃO DA LITERATURA DOS ARTIGOS SOBRE FORMAÇÃO DO PREÇO DO MILHO	32
4.1 LEI DO PREÇO ÚNICO.....	37
4.1.1 Referencial teórico: <i>Hedge</i>	37
4.1.2 Métodos de mínimos quadrados ordinários (MMQO)	40
4.1.3 Estacionaridade da série de preços	40
4.1.4 Teste de casualidade	41
4.1.5 Teste de cointegração	42
4.1.6 Mecanismo de correção do erro	43
5 ESTIMAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
5.1 BASE DE DADOS	45
5.2 CORRELAÇÃO ENTRE FUTURO CBOT E PREÇO DO MILHO <i>SPOT</i>	45
5.3 ESTACIONARIEDADE DAS SÉRIES.....	46
5.4 TESTES DE CAUSALIDADE	48
5.5 TESTE DE COINTEGRAÇÃO	49

5.5.1 Modelo Abordagem Convencional.....	50
5.5.2 Modelo abordagem generalizada	51
5.5.3 Mecanismo de correção do erro (MCE)	52
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE ESTATÍSTICO	58

1 Introdução

A agricultura brasileira é uma grande produtora de milho, utilizado no mercado interno principalmente na ração animal (avicultura e suinocultura). No mercado internacional, o mercado do milho passou por uma grande transformação, principalmente nos Estados Unidos, com a utilização da produção de etanol.

Diante da aparente escassez de pesquisa a respeito da efetividade do *hedge* do mercado local utilizando futuros de milho negociados na bolsa de Chicago, este estudo teve o objetivo de verificar se o futuro CBOT é eficiente para proteger uma carteira de milho no mercado local. O objetivo específico é avaliar a taxa ótima do *hedge* e a sua eficiência por meio de métricas estatísticas entre o período de novembro de 2004 a dezembro de 2020. Concomitante a isso, foi verificada a possibilidade de aplicar *hedge* do futuro CBOT do vencimento mais curto contra o mercado local (preço à vista, Campinas-SP).

Portanto a pergunta de pesquisa é: a adoção de futuro CBOT reduz a volatilidade de uma carteira com exposição de milho à vista?

A hipótese é de que a utilização de *hedge* por meio de derivativo do futuro CBOT reduz a volatilidade de uma carteira com exposição de milho à vista.

Em 2020, ano impactado pela pandemia de coronavírus, o mercado brasileiro exportou cerca de 35% (CONAB, 2021) da sua produção e o preço da saca do milho subiu cerca de 62,4% (01/2020 era 48,43% a saca e passou para 78,65%) acompanhando o mercado externo. Pela Lei do Preço Único (LPU), na ausência de barreiras comerciais, o processo de arbitragem garantirá que preços de um bem homogêneo, em dois países expressos em moeda comum, tendam à igualdade, isto é, se o preço de um dos países for diferente do resto do mercado, negociadores poderão fazer arbitragem e o preço entrará em equilíbrio (desprezando custo de transação).

Sabendo da questão do LPU, ou seja, a variação de preço do mercado interno podendo ser influenciada pelo mercado externo, tendo este último o mercado de *Commodities* da bolsa americana como principal relevância, é esperado que o preço do mercado nacional tenha transmissão do preço divulgado da CBOT (Nome da bolsa de Chicago, *Chicago Board of Trade*).

Naturalmente, grandes produtores e/ou compradores podem ver de maneira negativa a flutuação de preço do milho. Para administrar potenciais prejuízos, o produtor/comprador pode usar o mecanismo de *hedge* para mitigar perdas. Esse mecanismo, basicamente, consiste em assumir uma posição de proteção, utilizando mercado de futuros do ativo subjacente, de modo a travar o preço e, assim, a perda do preço seria compensada pelo derivativo.

A definição de *hedger*, segundo Weeks e Bellinghini (2011), é o indivíduo avesso ao risco, ou seja, ele executa uma estratégia mais defensiva, que tem como objetivo diminuir os riscos provocados pela volatilidade de preços em determinadas posições assumidas (ou futuras), mediante à compensação de resultados financeiros por meio de produtos financeiros.

Na bolsa brasileira existe o futuro de BMF milho, mas diferentemente do futuro de milho CBOT (*Corn Future CBOT*), existe pouca liquidez perto da relevância desse mercado. A seguir, apresenta-se a tabela com as informações dos futuros BMF milho. Como observa-se em relação ao seu vencimento, segundo Morelli (2017), alguns contratos vencimentos apresentam baixíssima liquidez, como julho.

Tabela 1 – Média do número de contratos negociados diretamente para os diferentes meses de vencimento entre 2004 e 2015

Ano de Vencimento	Mês de Vencimento					
	Janeiro	Março	Maió	Julho	Setembro	Novembro
2004	0	43	78	86	77	108
2005	85	57	76	40	91	206
2006	181	71	153	103	72	171
2007	270	172	161	116	104	210
2008	453	341	359	340	892	527
2009	387	311	241	14	559	472
2010	554	338	253	4	822	721
2011	343	633	847	0	1547	739
2012	774	875	1202	38	3040	1268
2013	919	1215	1475	49	2050	1970
2014	1368	1505	1545	30	2921	2609
2015	1958	2395	1485	1	2365	1415

** médias representadas pela soma de ambos os contratos para esse ano (CNI e CCM).

Fonte: Morelli (2017).

A baixa liquidez pode não representar verdadeiramente o mercado físico e isso permite algumas manipulações (SPINOLA, 1998 *apud* MORELLI, 2017). Segundo Morelli (2017), como existe a concorrência da BM&F em relação a bolsas mais fortes e com contratos mais líquidos, como a bolsa de Chicago, para *hedges* e especuladores é mais vantajoso negociar contratos em bolsas como a CME.

Para os compradores/vendedores de posições físicas de milho, o importante é que ambos tenham conhecimento entre o preço futuro e o preço à vista cotado na região onde será originado esse risco. Operações realizadas com padrões diferentes das características dos produtos negociados no mercado de commodities geram diferenças de base e essa diferença é conhecida

como risco de base. O valor do risco de base é reconhecido pela volatilidade (desvio padrão) entre a diferença do futuro padronizado contra o produto negociado no mercado físico.

A partir do momento em que os compradores/vendedores decidirem contrabalancear a posição física do preço local (sua exposição) com a posição inversa do mercado futuro CME, o risco de oscilação pelo risco de base será substituído. O esperado é que essas oscilações sejam bem mais estáveis que a oscilação do preço à vista.

Quando existe o entendimento de qual é o volume necessário para executar a proteção, ou seja, o volume necessário de futuros para proteger a exposição do preço à vista, essa combinação de *hedge* é ótima. Outro termo utilizado é efetividade do *hedge*, sendo a verificação da taxa de redução da exposição do agente diante da contratação de derivativos.

Na gestão corporativa de compradores e produtores de grande magnitude se faz necessária uma gestão de risco de mercado para proteção de receita e faturamento dado a sua exposição. Para a gestão de fluxo de caixa, passiva ou ativa, pode ser utilizado subterfúgios contábeis como *Hedge Accounting*.

Além desta introdução, a presente dissertação está organizada em quatro capítulos. O primeiro capítulo discorre sobre o mercado de milho no Brasil, a produção de suas safras e qual é o seu principal mercado consumidor. O segundo capítulo explica a governança de risco de mercado para empresas com exposição à *commodities*. O terceiro capítulo apresenta a revisão de literatura dos artigos sobre a formação do preço do milho e a modelagem econométrica e seus tratamentos de dados. No quarto capítulo são apresentados resultados encontrados neste estudo. Por fim, haverá a conclusão obtida nesta pesquisa.

2 O MERCADO DO MILHO

Desde a década de 1980, a produção de milho no Brasil tem apresentado tendência de crescimento, principalmente por fatores macroeconômicos, como menor intervenção estatal e eliminação de tarifas de produtos importantes. Dessa forma, tornou-se um ator relevante nas exportações (CALDARELI, 2010).

2.1 PRODUÇÃO MUNDIAL DO MILHO

Atualmente, o maior produtor de milho é os Estados Unidos. O país representa, aproximadamente, 31% da produção mundial, seguido de China e Brasil com 24,5% e 10,6% respectivamente, ou seja, os maiores atores representam mais de 60% da produção mundial. Da safra de 2019/2020 para a safra 2020/2021 o Brasil teve aumento de 17% da sua produção, como é possível ver na tabela a seguir:

Tabela 2 – Produção histórica dos principais produtores mundiais de 2015 a 2021

Produção (milhões toneladas)	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
EUA	345,5	384,77	371,09	364,26	347,78	380,93
China	264,99	263,61	259,07	257,33	260,77	273
Brasil	67	98,5	82	101	101	118
EU	58,74	61,88	62	64,44	65	65,6
Argentina	29,5	41	32	51	50	53
Outros	249,67	277,84	273,73	284,69	287,03	307,17
Mundo	1015,4	1127,6	1079,89	1122,72	1111,58	1197,7

Fonte: USDA.

O Brasil é o segundo maior exportador mundial de milho, representando 17,7% das exportações, ficando somente atrás dos norte-americanos que representam 31%.

2.2 PRODUÇÃO INTERNA DE MILHO

A produção do milho no Brasil é separada por três safras, 1ª safra (safra de verão), 2ª safra (safra de inverno) e 3ª safra.

Quadro 1 – Período das safras do milho no Brasil (colheita e plantio)

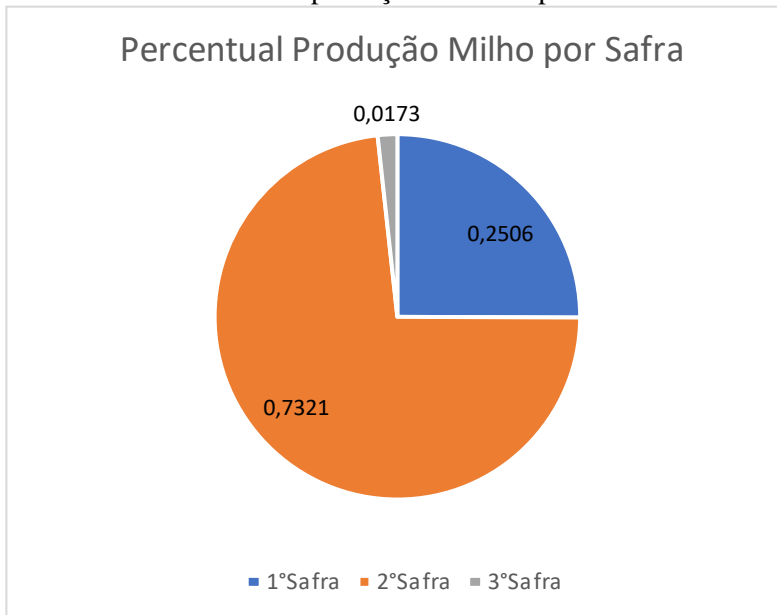
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1ª Safra				Colheita					Plantio			
2ª Safra	Plantio						Colheita					
3ª Safra					Plantio						Colheita	

Fonte: CONAB e USDA.

Anteriormente, o período era separado somente em duas safras, mas em regiões produtoras como Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Roraima, onde o plantio se estende de abril a junho e a colheita entre outubro a dezembro, foi criada a 3ª safra. No entanto, em relação à produção nacional, tem baixa relevância (não chega a 2% da produção nacional).

A 2ª safra, ou safrinha, é realizada após a colheita da soja. Essa prática é uma rotação de culturas com a intenção de ajustar o período que seria entressafra da soja, sendo a safrinha a de maior produtividade entre as três safras.

Gráfico 1 – Percentual de produção de milho por safra no ano de 2021



Fonte: Conab.

A região de maior produção e de maior área plantada é o Centro-Oeste, sendo o estado do Mato Grosso o de maior representatividade em 2020/2021 (68,6% da produção da região) (CONAB, 2021).

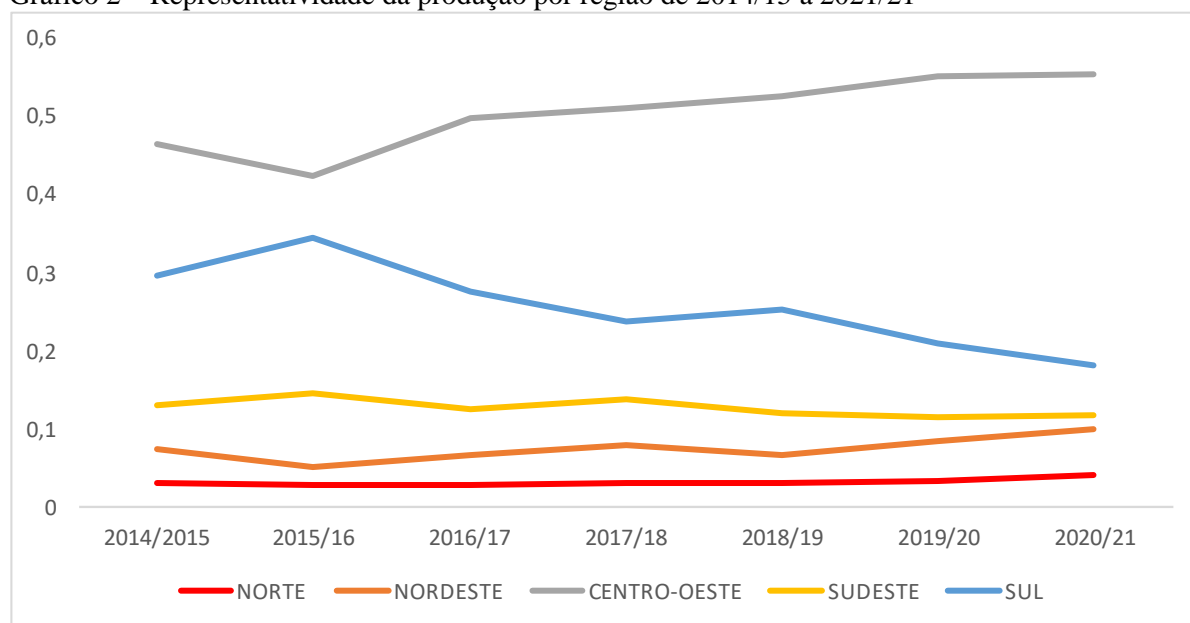
Tabela 3 – Dados de produtividade de milho por região de 2014/16 a 2020/21 (mil toneladas)

Região	2014/2015	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
Norte	2561	1966,8	2702,1	2446,6	3076,3	3518,7	3516,7
Nordeste	6243,1	3435,4	6681,3	6445,8	6676,8	8804,6	8788,9
Centro-Oeste	39582,1	28244,4	48873,7	41451,2	52825,9	56836,0	48470,1
Sudeste	11061,2	9794,3	12447,9	11129,4	12153,4	11764,0	10336,4
Sul	25225	23089,7	27137,8	19236,5	25310,3	21663,1	15984,7
BRASIL	84672,4	66530,6	97842,8	80709,5	100042,7	102586,4	87096,8

Fonte: Conab.

Em 2015/16, houve quebra de safra, o que impactou a produtividade nacional em 21,4% devido a problemas climáticos, principalmente pela grande estiagem no período da safrinha, em que a sua maior produção é na região Centro-Oeste. Como é possível visualizar no gráfico a seguir, a representatividade, neste período, foi menor nessa região.

Gráfico 2 – Representatividade da produção por região de 2014/15 a 2021/21



Fonte: Conab.

Caldarelli e Bacchi (2012) concluem que existe complementariedade entre a oferta da soja e do milho, dada principalmente pela competição entre as duas culturas pela questão da terra utilizada principalmente pela 1ª safra. Em algumas situações, essas *commodities* também podem competir em alguns mercados, como a composição de ração animal.

2.3 CONSUMO DO MILHO NO MERCADO BRASILEIRO

Grande parte do consumo do mercado interno do milho vai para a ração animal. No ano

de 2021, o percentual de consumo foi de 65%, mas já foi de 76% (2017). Nos últimos anos, a produção de etanol vem crescendo. De 2018 para 2019 o aumento da utilização do milho como insumo foi de 173%. A indústria também aumentou a sua produção nos últimos anos, passando de 9,5 para 12,5 milhões de toneladas.

O consumo de milho no mercado interno de 2017 a 2021 teve aumento de 23,7%. Como supracitado, o grande motivo de aumento foi a utilização do milho para a produção de etanol.

Tabela 4 – Consumo de milho no mercado brasileiro por grupos de 2017 a 2021 (mil toneladas)

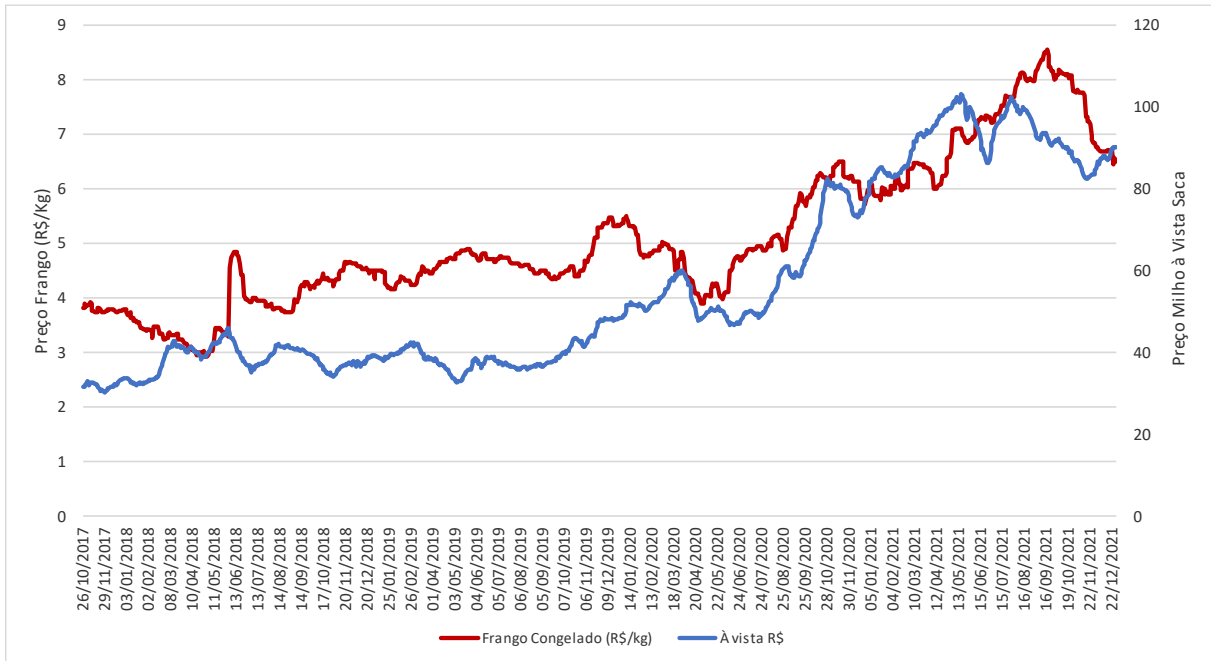
Consumo de Milho (Milhões Toneladas)	2017	2018	2019	2020	2021
Ração Animal	43,5	43,7	45,6	46,4	46,2
Indústrias+Outros	9,5	10,4	11,3	12,4	12,5
Sementes	3,9	3,6	4	4,1	4,2
Etanol	0,4	1,5	4,1	5,8	8
Total	57,3	59,2	65	68,7	70,9

Fonte: elaborado pelo autor.

Os grandes *hedgers* do mercado local, pelo seu grande consumo, acabam sendo as indústrias de proteína animal, tornando o custo do grão de milho um dos maiores impactos da sua margem financeira.

O preço do frango resfriado que basicamente se alimenta de milho *in natura*, no mercado brasileiro acompanhou o aumento do preço da saca de milho (março de 2020 a junho de 2021) no período da pandemia de covid-19.

Gráfico 3 – Série de preços de milho à vista (sacas de 60 kg) e frango resfriado de outubro de 2017 a dezembro de 2020



Fonte: CEPEA/Esalq.

2.4 EXPORTAÇÃO DO MILHO BRASILEIRO

Segundo Caldarelli (2010, p. 68), grande parte do milho nacional é consumido no mercado interno, mas a partir de 2001, cooperativas paranaenses observaram melhores retornos financeiros com a exportação do milho. Segundo a Conab (2020), das 102 mil toneladas, 33% (34 mil toneladas) foram exportadas, diferentemente do período da estiagem que foram somente 18 mil toneladas.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE *HEDGE* NO MERCADO DE *COMMODITIES*

Conforme a circular 3082 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2002), o *hedge* é a intenção de, a partir de um ou mais derivativos financeiros, compensar uma parte de todos os riscos decorrentes das variações no valor de mercado ou fluxo de caixa de ativo, passivo registrado contabilmente ou não.

Segundo Hull (2008), não necessariamente a contratação do *hedge* com futuros melhora o resultado financeiro de uma instituição. Muitas vezes, é possível que o resultado piore, mas a estratégia de *hedge* com a contratação de derivativos tornará o resultado mais previsível e menos volátil.

3.1 RISCO DE BASE

Um dos motivos para que o *hedge* não se torne perfeito é o chamado risco de base. Conforme Hull (2008):

- Ativo que está sendo hedgeado pode ser diferente (muito parecido, mas não igual) da referência do contrato futuro;
- Por algum evento, o contrato futuro pode ser encerrado antes da data do vencimento da originação ou vencimento do fluxo do fator de risco;
- O *hedger* pode ter dúvida de quando o ativo será comprado ou vendido.

A variação dos preços a vista em relação aos preços futuros durante é também definida como desvio padrão base (risco de base).

Segundo Paroush e Wolf (1989) ressaltam que o risco de base varia entre mercados em especial pelas diferenças qualitativas de *commodities* ou ativos no mercado físico onde são produzidas e/ou negociados os padrões especificados nos contratos futuros.

Para a utilização de *hedge* de *commodities*, os derivativos mais utilizados são os Contratos Futuros negociados em bolsa, mas é possível negociar no mercado balcão através de NDF e *Swap*.

3.2 CONTRATO FUTURO

De acordo com Marques, Mello e Martines Filho (2006), um contrato futuro é uma obrigação, legalmente exigível, de entregar ou receber determinada quantidade de mercadoria, de qualidade preestabelecida, pelo preço ajustado no pregão. Segundo o autor, consiste em um acordo entre vendedor e comprador, de realizar um negócio em uma data futura, indicando, de

forma geral, o que está sendo negociado, o prazo do contrato, o local de entrega e recebimento e especificações do produto.

Fortuna (2005) afirma que o mercado futuro tem como finalidade a proteção de agentes econômicos contra oscilações de preços de seus produtos/investimentos em ativos financeiros. Zylbersztajn (2000) define mercado futuro como um mercado em que são transacionados contratos de produtos agropecuários específicos, com um preço determinado para uma data futura. Para Marques e Mello (1999), a formação de preços no mercado futuro é um processo dinâmico, em que, constantemente, novas informações são assimiladas, processadas e incorporadas ao preço das mercadorias.

Conforme Hull (1996), quando se aproxima o mês de vencimento de um contrato futuro, o preço futuro converge para o preço à vista do ativo e, no período do vencimento, eles se igualam ou se tornam muito próximos.

O contrato futuro pode ser considerado um compromisso de entregar ou receber a mercadoria referenciada, tendo como exigência as características comuns, tais como quantidade, qualidade do produto e data de referência.

No caso dos contratos futuros, a integridade das transações no mercado financeiro é pretendida com a chamada margem de compensação (*performance bond* ou fundos de compensação), que é de responsabilidade da câmara de compensação (*houseclearing*). Quando há a compra ou venda dos contratos futuros da *commodity*, os agentes devem depositar estes fundos na câmara para assegurar o desempenho dos contratos. Nesse sentido, a margem funciona como um seguro-garantia para as perdas ou os ganhos com a movimentação dos preços.

Dependendo do comportamento dos preços e das regras da câmara de compensação, pode elevar-se ao longo do período de vigência do contrato. Se a mudança de preço levar a uma perda de valores financeiros, a margem é retirada do fundo de compensação do agente por meio do mecanismo de ajuste diário, inclusive sendo possível tornar o prejuízo líquido maior que a margem já depositada. Com isso, o agente necessita colocar novos valores para garantir a integridade financeira dos contratos da Bolsa. No caso de ganhos financeiros, os valores são creditados na conta do agente e podem ser retirados, desde que não ultrapassem o mínimo para possíveis compensações.

Isso ocorre até que a posição em aberto do agente (comprado ou vendido) seja liquidada. Dessa forma, o comportamento esperado dos preços é fundamental para a decisão de posicionamento no mercado futuro, uma vez que a margem seria o custo de entrada no mercado futuro e é diretamente relacionada à movimentação dos preços ao longo dos contratos.

3.2.1 Futuro BMF MILHO

O contrato de futuro BMF foi desenvolvido com o objetivo de ser uma ferramenta para a gestão do risco de oscilação de preço, utilizado pelos participantes do mercado, como o produtor, a indústria, as *tradings*, dentre outros. As garantias para negociação do futuro de milho na BM&F, normalmente, são os títulos públicos brasileiros, como: LTN, NTN-F e outros.

Quadro 2 – Estrutura e modelo de negociação futuro BMF

Estrutura futuro milho BMF
<p>Produto: a granel, amarelo, sem odor e aspectos normais, em bom estado de conservação, livre de bagas de mamona, bem como sementes prejudiciais, e de insetos vivos, duro ou semiduro, proveniente da última safra e de produção brasileira, em condições adequadas para comercialização e próprio para consumo animal; e com:</p> <p>(a) até 14% de umidade; (b) máximo de 1% de impurezas de peneira de 3 mm; (c) máximo de 6% de grãos ardidos ou brotados e livres de grãos mofados; (d) máximo de 12% de grãos quebrados, partidos ou choccos.</p>
<p>Modelo de negociação:</p> <p>(a) Variação mínima de apregoação: 0,01 por 60 quilos; (b) Cotação: reais por saca de 60 quilos, com duas casas decimais, livres de ICMS; (c) Oscilação máxima diária: 5% sobre o preço de ajuste do dia anterior do vencimento de negociado; (d) Unidade de negociação: 450 sacas de 60 quilos cada, correspondente a 27 toneladas de milho em grão a granel; (e) Meses de vencimento: janeiro, março, maio, julho, agosto, setembro e novembro.</p>

Fonte: Bolsa de Mercadorias e Futuros.

A região base para critério do preço base, é a região de Campinas.

O preço para a região de Campinas/SP refere-se a compras e vendas ou a ofertas de compra e de venda para o produto originado em qualquer região do país posto em: Campinas, Valinhos, Morungaba, Amparo, Pedreira, Jaguariúna, Santo Antônio de Posse, Moji-Mirim, Engenheiro Coelho, Arthur Nogueira, Holambra, Cosmópolis, Paulínia, Nova Odessa, Sumaré, Hortolândia, Americana, Santa Bárbara D'Oeste, Limeira, Cordeirópolis, Iracemápolis, Piracicaba, Saltinho, Rio das Pedras, Mombuca, Capivari, Monte Mor, Laranjal Paulista, Jumirim, Cerquilha, Tietê, Rafard, Boituva, Porto Feliz, Elias Fausto, Indaiatuba, Salto, Itu, Itupeva, Cabreúva, Jundiaí, Louveira, Itatiba e Vinhedo. O preço para a região de Campinas/SP refere-se a compras e vendas ou a ofertas de compra e de venda para o produto originado em qualquer região do país posto em: Campinas, Valinhos, Morungaba, Amparo, Pedreira,

Jaguariúna, Santo Antônio de Posse, Moji-Mirim, Engenheiro Coelho, Arthur Nogueira, Holambra, Cosmópolis, Paulínia, Nova Odessa, Sumaré, Hortolândia, Americana, Santa Bárbara D'Oeste, Limeira, Cordeirópolis, Iracemápolis, Piracicaba, Saltinho, Rio das Pedras, Mombuca, Capivari, Monte Mor, Laranjal Paulista, Jumirim, Cerquilha, Tietê, Rafard, Boituva, Porto Feliz, Elias Fausto, Indaiatuba, Salto, Itu, Itupeva, Cabreúva, Jundiá, Louveira, Itatiba e Vinhedo (CEPEA/Esalq, ANO).

3.2.2 Future CBOT Corn

A bolsa de Chicago, onde é negociado o *Future CBOT Corn*, é a bolsa mais líquida do mundo quando se refere a derivativos de *commodities*. Para a negociação deste derivativo, a garantia posta em bolsa, normalmente, refere-se a títulos do governo americano.

A seguir, as informações de negociação do *Future CBOT Corn*.

Quadro 3 – Estrutura e modelo de negociação futuro CBOT

Estrutura Future CBOT Corn		
TAMANHO DO CONTRATO	5.000 bushels (cerca de 127 toneladas métricas)	
TIPO DE ENTREGA	N.2 Amarelo no preço de contrato, N.1 Amarelo ao prêmio de 1,5 centavos/bushel, N.3 Amarelo com desconto de 1,5 centavos/bushel	
COTAÇÃO	Centavos por bushel	
OSCILAÇÃO MÍNIMA	1/4 de centavo por bushel (US\$12,50 por contrato)	
(MINIMUM FLUCTUATION)		
SÍMBOLOS DOS MESES DE VENCIMENTO	Março (H), Maio (K), Julho (N), Setembro (U) e Dezembro (Z)	
HORÁRIO DE NEGOCIAÇÃO	CME Globex (Plataforma eletrônica de negócios)	Das 19:00 às 7:45 de domingo a sexta-feira e das 8:30 às 13:15 (CT), de segunda a sexta-feira.
	Pregão viva-voz Chão de negócios	Das 8:30 às 13:15 (CT), de segunda a sexta-feira (CT).
ÚLTIMO DIA DE NEGOCIAÇÃO	Dia útil antes do décimo quinto dia do mês de vencimento.	
ÚLTIMO DIA DE NEGOCIAÇÃO	Segundo dia útil após o último dia de negócios do mês de vencimento.	

SÍMBOLOS DOS CONTRATOS	CME Globex (Plataforma eletrônica de negócios)	ZC
		C = Compensação
	Pregão viva-voz (Chão de negócios)	C
REGRA	Estes contratos são listados com e sujeitos às regras e regulação da CBOT.	

Fonte: CMe Group.

3.3 NON DERIVABLE FORWARD CBOT CORN (NDF)

Assim como o contrato futuro, uma NDF refere-se a contratos que derivam de um ativo subjacente que, no nosso caso, seria o milho. Mas, diferentemente do contrato futuro, esse tipo de operação é negociado fora do sistema de bolsa de valores, ou seja, é negociado no mercado balcão, não necessitando de margem para início de negociação.

As instituições que negociam este tipo de papel colocam uma taxa superior que é negociada na bolsa, justamente para ganhar prêmio de risco e de margem atrelados a esse papel.

3.4 RISCO DE MERCADO PARA *COMMODITIES*

Gestão de Risco de Mercado é um modelo estruturado que alinha estratégias corporativas, processos, pessoas e tecnologia com intuito de avaliar e gerenciar as incertezas de movimentações de fatores de risco do mercado financeiro.

A área de Risco de Mercado para instituições avalia a quebra de safra das *commodities*, movimentação/volatilidade do preço das *commodities*, ainda, avaliam a exposição atual e a necessidade da efetivação de *hedge* do montante, sem implicar risco de liquidez para a empresa.

Eventos climáticos como precipitação pluviométrica, temperatura, umidade, entre outros podem impactar no preço *spot* das *commodities* e, com isso, impacta diretamente a precificação de derivativos e ativos financeiros vinculados a *commodities*.

Para melhor gerenciamento de risco para produtores (vendedores) e para indústrias que são compradores de *commodities*, as melhores práticas são:

Quadro 4 – Melhores práticas de risco de mercado para gestão de *commodities*

Melhores práticas para gestão de risco de mercado
Monitoramento da volatilidade dos fatores de risco;

Avaliação de exposição futura do fluxo negociado das *commodities*;
 Contratação de estratégia de *hedge* através de derivativos para garantir margem futura;
 Métricas estatísticas que avaliam potencial perda, dado movimento de mercado;
 Utilização de cenários de estresse para gestão de potencial eventualidade do mercado;
 Avaliar melhor métrica de execução de *hedge* em relação ao fluxo de caixa da instituição.

Fonte: elaborado pelo autor.

3.3.1 Exposição

Um dos pontos importantes para a gestão de risco é a avaliação de exposição originada a fator de risco. Para melhor entendimento, exemplificaremos as direções de exposição e seu *hedge*.

Produtores de milho estão comprados no fator de risco, ou seja, caso tenha aumento do valor de referência, eles terão ganhos em relação a situação anterior, caso contrário, terão perda. Dependendo do nível de volatilidade do milho, existe o risco de perda relevante, caso haja declínio de preço, dificultando a contratação de insumos para a próxima colheita.

Indústrias de proteína animal são grandes compradores de milho e soja para a utilização na ração animal. Diferentemente dos produtores, os compradores de *commodities* estão vendidos no fator de risco milho, ou seja, caso o preço das *commodities* suba, o resultado da margem de ganhos da indústria será menor.

Para a contratação de derivativos para a execução de *hedge*, devemos contratar em sentido oposto à exposição de referência, ou seja: se caso for verificado que a exposição está comprada no fator de risco, devemos contratar o derivativo na posição vendida no fator de risco, logo, o derivativo irá compensar ganhos/perdas do movimento da exposição originada.

A seguir a tabela com a resultante da exposição originada e o derivativo:

Quadro 5 – Resultantes de ganhos e perdas, caso o valor do milho tenha aumento

Aumento do valor do milho				
		Exposição	Derivativos	Resultante
Ganhos e perdas	Vendedores de milho	Ganho	Perda	Risco neutralizado
	Compradores de milho	Perda	Ganho	Risco neutralizado

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 6 – Resultante de ganhos e perdas, caso o valor do milho tenha diminuído

Diminuição do valor do milho				
		Exposição	Derivativos	Resultante
Ganhos e perdas	Vendedores de milho	Perda	Ganho	Risco neutralizado

	Compradores de milho	Ganho	Perda	Risco neutralizado
--	----------------------	-------	-------	--------------------

Fonte: elaborado pelo autor.

Apesar do quadro acima, para a execução do *hedge* com diferentes derivativos, a relação de contratos X sacas compradas/vendidas no mercado BMF é clara, dado que a unidade de medida é em sacas e o futuro é negociado em reais. Logo, para a execução do *hedge* utilizando futuro BMF, basta saber o volume da exposição originada contra quantidade de futuros BMF.

Para a contratação do futuro CBOT *Corn*, além da relação do índice negociado, este preço é negociado em dólares, ou seja, contém risco cambial conjuntamente com risco do índice para o mercado brasileiro. Também, diferentemente do mercado local, o futuro CBOT *Corn*, sua unidade de medida é *bushel*, 1 bushel de milho equivale a, aproximadamente, 25.401 kg, ou seja, 1 saca de milho equivale a 2.36 bushels.

$$\text{Exposição em reais} = \text{Futuro CBOT} * \text{Paridade USD/BRL} \quad (1)$$

3.4.2 Value at risk

Uma das métricas utilizadas pelas instituições é o VaR (*Value at Risk*). Refere-se a uma métrica estatística que avalia potencial perda em determinado tempo associado a um nível de confiança. A grande motivação de utilização do uso do VaR é o uso de uma conta simples e, dessa forma, avaliar possível perda nos ativos e passivos em uma só medida numérica.

Basicamente, para entender o nosso modelo aplicando o modelo Paramétrico, Jorion (2012) explica que

$$VaR = Exp * \sigma * NC \quad (2)$$

Se caso seja avaliado mais de um fator de risco, o cálculo é uma multiplicação matricial das exposições com as suas correlações e o nível de confiança.

Como é possível ver acima, como a volatilidade/flutuações de mercado não pode ser controlada, a melhor forma de gerenciar o risco ou mitigar potencial perda é a diminuição da exposição.

3.4.3 Stress Test

A métrica de estresse teste é utilizada em gestão de risco de mercado de maneira complementar em relação ao modelo VaR. O modelo de estresse refere-se a cenários capturados ao longo do tempo que representam situações extremas. A partir desses cenários, recalculamos a carteira com choques de estresse e avaliamos possíveis perdas.

Os choques de estresse também podem ser choques julgamentais nos fatores de riscos.

A seguir, apresenta-se o modelo de *Stress Test*:

$$\text{Stress Test} = \text{Exp (com choque)} - \text{Exp (3)}$$

3.5 HEDGE ACCOUNTING

A contabilização do *hedge* pelas empresas é conhecida como *Hedge Accounting* (através do IFRS9), e pode ser aplicada de maneira facultativa. Segundo Ramos (2018), caso a empresa opte por não realizar as regras de *Hedge Accounting* (NBC TG 48), então deve realizar a contabilidade dos derivativos no Comitê de Pronunciamento Contábeis (CPC) 48, o qual determina que devem ser contabilizados todos os derivativos ao valor justo através do resultado.

Todo derivativo que tem fim especulativo deve ser contabilizado ao valor justo por meio do resultado. A norma NBC TG 48 define que as estratégias de *hedge* devem ser formalmente documentadas contabilmente, caso contrário, considera-se especulação.

Ramos (2018) menciona que os benefícios da adoção das regras de contabilidade de *hedge* são:

- Correção do regime de competência da relação de proteção, registrando os efeitos do instrumento de *hedge* e do item a ser protegido;
- Melhoria dos controles internos e da documentação de todas as relações de *hedge* para o melhor atendimento do regulador.

Quando a entidade designa formalmente a relação de proteção de um *hedge* contábil, deve contabilizar aplicando um dos três modelos de contabilização definidos pela NBC TG 48:

Quadro 7 – Modelos de *Hedge Accounting*

Tipos de <i>Hedge</i>	Definição
<i>Hedge</i> de valor justo	<i>Hedge</i> de valor justo é o da exposição a mudanças no valor justo de ativo ou passivo reconhecido ou de compromisso firme não reconhecido, ou componente de quaisquer desses itens, motivada a risco específico e que possa afetar o resultado.
<i>Hedge</i> de fluxo de caixa	Trata-se do <i>hedge</i> da exposição à variabilidade nos fluxos de caixa que seja atribuível a risco específico

	associado à totalidade de ativo ou passivo reconhecido, ou a um componente dele ou a transação prevista altamente provável e que possa afetar o resultado.
<i>Hedge</i> de investimento líquido no exterior	O <i>hedge</i> de um investimento líquido numa unidade operacional no exterior consiste em proteger o risco cambial dos investimentos da entidade nos ativos líquidos de uma unidade operacional estrangeira.

Fonte: adaptado de NBC TG 48 e Ramos (2018).

Para o modelo mencionado, *hedge* utilizando futuro CBOT contra originação de milho, o modelo melhor aplicado é o *hedge* de fluxo de caixa, pois é altamente provável que o risco associado da originação possa afetar o resultado.

Caso uma empresa tenha um fluxo previsto de compra ou venda de milho no período de vencimento de um ano e o *hedger* contrate o derivativo para este fim, e por algum motivo não se configure a compra/venda do milho originado, o *hedge accounting* é desqualificado contabilmente e o derivativo contratado é considerado especulação.

Outro exemplo: caso o *hedger* contrate de maneira excedente o derivativo em relação ao milho originado, este excedente é considerado especulação.

4 METODOLOGIA ECONOMÉTRICA E REVISÃO DA LITERATURA DOS ARTIGOS SOBRE FORMAÇÃO DO PREÇO DO MILHO

Primeiramente, foram pesquisados artigos e publicações da literatura nacional e internacional referente ao tema de transferência de preço entre mercados e efetividade de *hedge* (Modelo de Markowitz), principalmente no mercado de *commodities*. A consulta para avaliação de artigos/dissertações foi feita no Google Acadêmico com as palavras-chaves: milho, séries temporais no período de 2007 até 2020. Os artigos que não trataram suas respostas por meio de respostas econométricas foram descartados. De 22 artigos encontrados, 8 atendiam aos critérios.

Foram feitos estudos também no modelo de gestão de risco de mercado, sendo esta uma área de controle/gestão de risco que avalia potenciais perdas de uma carteira dado a variação de seus fatores de risco.

Para a avaliação de transferência de preços entre o mercado local contra o mercado internacional, também foi verificada as definições da Lei do Preço Único em relação ao fator de risco milho.

Duas publicações afirmam que existe transferência de preço entre o mercado local e o mercado americano. Um dos artigos (NASCIMENTO; FERRAZ; MIRANDA, 2020) pesquisou justamente a transferência de preço entre Estados Unidos, Mato Grosso e Paraná e foi verificado que há transferência de preço entre mercados.

Um dos pontos que poderiam mencionar a questão de transferência de preço seria o nível de exportação/importação do milho. No estudo de Favro e Caldarelli (2015), foram obtidos alguns resultados que mencionam o nível de comercialização de milho e a formação de preços. Foi verificado que no período de 2001 até 2012 houve aumento da relevância da produção de milho em razão da melhoria nos modelos produtivos dessa cultura e da plantação no período da safrinha na região Centro-Oeste. Outro ponto relevante é que no período de pesquisa do presente trabalho, em que existia uma forte concorrência de cultura contra a soja, a relação do preço internacional do milho em relação ao interno constatou que, apesar deste mercado não apresentar a Lei do Preço Único, mudanças de preço internacional do milho afetaram o preço interno.

Um dos pontos de apoio foi o artigo sobre a efetividade do milho em Maringá utilizando futuros de milho BMF. Tonnin (2007) verificou que, a partir da referência amostral de 1996 até 2007 e o uso de métricas econométricas para avaliar se existia relação entre o preço à vista e o Futuro BMF, apesar de a efetividade ter sido baixa, o *hedge* é um mecanismo eficiente para

garantir menores riscos e perdas. Inclusive, no fim do trabalho, o autor mencionou a questão da utilização dos futuros de milho CBOT como uma opção para estratégia de *hedge* dos agentes nacionais.

A seguir, teremos os textos de apoio do presente trabalho e seus comentários.

Quadro 8 – Comentários sobre os artigos de apoio para a formação de preço do milho e da efetividade do *hedge*, utilizando métodos econométricos.

(continua)

Autor(es)	Título	Palavras-Chaves	Objetivo	Modelo	Resultados
CALDARELLI e BACCHI, 2012	Fatores de influência no preço do milho no Brasil	Milho; Soja; Demanda; Preço; Interdependência	O presente trabalho compreende a dinâmica do mercado de milho brasileiro. Investigando fatores que afetam o preço e as quantidades.	Para investigar tal situação, foram separadas algumas variáveis econômicas, como: preço da soja, fatores macroeconômicos como renda e juros e aplicados modelos econométricos, através do modelo de Autorregressão Vetorial.	O estudo permite afirmar que existe uma alta relação entre os mercados de milho e de soja. Foi verificada uma complementação na oferta e substitutibilidade da demanda. Fatores macroeconômicos, como citado anteriormente, são determinantes para a formação do preço do milho.
FAVRO e CALDARELLI, 2015	Modelo de Análise da Oferta de Exportação de Milho Brasileira	Milho; Comércio exterior; Séries Temporais	O estudo tem como objetivo estimar a função de oferta de exportação de milho para o Brasil entre 2001 a 2012.	Para a análise, foram utilizados modelos econométricos (Cointegração e VEC), utilizando as variáveis: exportação de milho, preço internacional do milho, abate de aves, preço da soja e PIB Mundial.	Foram consideradas as propriedades e cointegração das séries e foi verificada uma relação de equilíbrio entre elas. Foi também verificado que o preço internacional se mostrou importante para os fluxos internos e externos do milho no Brasil. Outra relação encontrada foi que os preços externos do milho desempenham relação com abates de ave no Brasil. Também foi constatado que, apesar de o mercado ainda não apresentar a Lei do Preço Único, mudanças do preço internacional do milho afetam o mercado interno.

(continuação)

Autor(es)	Título	Palavras-Chaves	Objetivo	Modelo	Resultados
TONNIN, BRAGA e COELHO, 2009	Efetividade de <i>hedge</i> do milho com contratos futuros da BM&F: uma região de aplicação para a região de Maringá (PR)	Mercado futuros, razão ótima, efetividade do <i>hedge</i>	O estudo tem como finalidade examinar a relação de preços futuros negociados na BM&F e o preço à vista do milho na região de Maringá.	Para este estudo, foram utilizados testes econométricos: teste de Causalidade de Granger e teste de cointegração. Posteriormente calculou-se a razão ótima do <i>hedge</i> . (Período 1996 a 2007).	Verificou-se uma relação bicausal e a existência de relação de longo prazo entre as séries. Foi verificada que a efetividade de <i>hedge</i> é baixa, apesar de ser um mecanismo para garantir menores riscos para integrantes da cadeia de milho.
SANTOS FILHO, TALAMINI, SCHEUREMANN E BERTOL	O preço do milho no mercado interno e a sua relação com o preço internacional nos últimos 10 anos	Milho, preço internacional, paridade de preço	Neste estudo serão analisadas, para o período de janeiro de 2006 até agosto de 2016, as variações mensais dos preços médios do milho no Estado do Paraná e calculados os preços de paridade de importação e exportação com base nos preços do milho divulgados pelo Chicago Board of Trade (CBOT).	O preço de paridade de exportação leva em consideração o preço do produto no mercado internacional (CBOT), do qual é deduzido o custo do frete, do prêmio de exportação, das taxas alfandegárias, impostos, perdas, despachante e corretagem.	Com a entrada do Brasil no mercado internacional, a análise dos preços internos, externos e de paridade passa a ser importante para a decisão de agentes econômicos. Observa-se que os preços de paridade de importação, baseados no CBOT, em geral, são bem mais elevados que os preços do produto paranaense. Também foi verificado que da quebra da safra de 2016 houve um descolamento de preço do milho nacional para o internacional.

(conclusão)

Autor(es)	Título	Palavras-Chaves	Objetivo	Modelo	Resultados
FARIA DOS SANTOS, GOMES PEREIRA, BRAGA e VIEIRA, 2009	Análise do preço do milho nos mercados externos e interno	Cointegração, causalidade de Granger, estacionaridade, produtor	Neste estudo foi verificada a influência do preço internacional sobre o preço recebido pelos produtores domésticos.	Para este estudo foram utilizados testes econométricos como: Teste de Estacionaridade, causalidade de Granger e de cointegração.	A partir do teste de Granger, foi verificado que o preço externo impacta no preço interno. Por meio de correção de erros, constatou-se que as mudanças de curto prazo nos preços externos refletem lentamente o preço do produtor.
NASCIMENTO, FERRAZ e MIRANDA, 2020	Transmissão de preços no mercado internacional entre Brasil e Estados Unidos	Cointegração; Séries temporais; Estatística; Modelos ARIMA; VEC	Neste estudo foi verificado como se dá a transmissão do milho entre os Estados Unidos (maior produtor mundial) e os principais produtores de milho do Brasil (Mato Grosso e Paraná). Verificar a validade da Lei do Preço Único.	Para tal estudo, foram utilizados testes econométricos, como teste da raiz unitária, teste de cointegração, vetor de correção e teste de causalidade de Granger.	Foi verificada a existência de causalidade de transmissão de preços entre os mercados analisados através do teste de Granger.
MORELLI, 2007	Avaliação do Mercado Futuro do Milho Brasileiro como Mecanismo de Apoio à Comercialização para os produtores de Goiás	Milho, Goiás, <i>Hedge</i> ótimo, Liquidez, base	Avaliar a liquidez do Futuro Milho BMF e a eficiência de <i>hedge</i> para cinco cidades de Goiás utilizando o próprio futuro BMF.	Para tal estudo, foram utilizados testes econométricos, como teste da raiz unitária, teste de cointegração, vetor de correção e teste de causalidade de Granger.	Foi verificado que os valores foram insatisfatórios quanto à efetividade do <i>hedge</i> para as cidades estudadas. Também, os futuros de BMF só mostraram liquidez em meses que antecedem o vencimento e alguns meses não apresentaram liquidez.

Fonte: elaborado pelo autor.

4.1 LEI DO PREÇO ÚNICO

Segundo Pippenger e Phillips (2005), a Lei do Preço Único considera o conceito de arbitragem: diferenças de mercadorias idênticas (no nosso caso, são *commodities*), sendo que poderiam ter arbitragem entre mercado até que ocorra a equalização de preços. No entanto, Bukenya e Labys (2002) argumentam que, para os casos de *commodities*, a diferenciação de preços, principalmente por custos transacionais como frete e custo de armazenamento.

Azevedo (2001) avalia, também, que há relação de impactos biológicos que condicionam o preço local das *commodities*, sujeitas a eventos aleatórios, como condições climáticas, ataque de pragas e doenças regionais no plantio.

Abordando o tema de fluxo comerciais de mercadorias e integração de mercados baseado no preço de equilíbrio, para Barret (2001), a eficiência entre dois mercados só é obtida quando o preço difere somente por custos transacionais, ou seja, caso seja verificada comercialização entre os mercados, a arbitragem e entre elas será extinta.

Neste presente trabalho, será pesquisado também a transmissão de preço entre mercados. Tybusch (2003) menciona que devemos ponderar a causalidade desses preços, já que os preços de origem têm eventos e demandas diferentes.

4.1.1 Referencial teórico: *Hedge*

O modelo da razão de *hedge* surgiu com a teoria dos portfólios, “que a lucratividade dada pela média ponderada dos retornos de cada ativo, obtendo, assim, uma melhor combinação entre risco e retorno” (MARKOWITZ, 1960 *apud* TONNIN, 2007).

A teoria do presente projeto seria a formação da carteira hipotética entre a combinação do mercado físico contra mercado futuro, cuja lucratividade poderia ser avaliada entre a média ponderada dos retornos de cada ativo.

Segundo Jonhson (1960 *apud* TONNIN, 2007), a teoria do portfólio demonstrou que a receita de um *hedger* de venda pode ser dada por:

$$R = x_i B_i + x_j B_j \quad (4)$$

$$R = x_i (S_2 - S_1) + x_j (F_1 - F_2) \text{ ou } R = x_i (S_2 - S_1) - x_j (F_2 - F_1) \quad (5)$$

Em que:

- B_i e B_j representam as mudanças de preço;
- F representa os preços dos futuros e S representa os preços *spot* nos períodos t_1 e t_2 ;
- x_i e x_j representam o tamanho da posição nos mercados à vista e futuro, respectivamente.

Dessa forma, Jonhson (1960 *apud* TONNIN, 2007) verificou que o *hedge* é perfeitamente efetivo quando:

$$(S_2 - S_1) - (F_2 - F_1) = 0 \text{ se } X_i = X_j = X \quad (6)$$

Para a continuidade do trabalho será aplicado o cálculo da variância da receita, sendo assim, será calculada a variância do preço *spot*, a variância do mercado futuro e a covariância entre a mudança do preço *spot* e do preço futuro (CBOT). A seguir, a variância da receita.

$$Var(R) = Var(x_i B_i + x_j B_j) \quad (7)$$

$$\sigma_R^2 = x_i^2 \sigma_i^2 + x_j^2 \sigma_j^2 - 2x_i x_j cov_{ij} \quad (8)$$

Sendo que:

σ_R^2 = a variância por unidade do produto;

σ_i^2 = a variância da mudança de preço no mercado físico;

σ_j^2 = a variância da mudança de preço no mercado futuro;

cov_{ij} = covariância entre a mudança do preço no mercado físico e do preço futuro.

Para minimizar a variância da receita, chegando à razão ótima do *hedge*, deriva-se a variância em relação a x_j e igualando-se o resultado a zero.

$$x_j = \frac{x_j cov_{ij}}{\sigma_j^2} \quad (9)$$

Para a avaliação do *hedge* que mostra o tamanho da posição do mercado da posição do mercado futuro em relação à posição do mercado à vista (x_j/x_i), temos que:

$$\frac{x_j}{x_i} = \frac{x_i \text{cov}_{ij}}{x_i \sigma_j^2} \leftrightarrow \frac{x_j}{x_i} = \frac{\text{cov}_{ij}}{\sigma_j^2} \quad (10)$$

Como é possível ver acima, a razão ótima do *hedge* que permite minimizar a variância da receita da estrutura depende diretamente da covariância entre os retornos dos preços dos futuros e do preço à vista.

A partir das informações supracitadas, é possível calcular a efetividade do *hedge*, que é a proporção da variância da receita que pode ser pelo meio da razão ótima do *hedge*.

Sendo que $\sigma_R^2 = x_i^2 \sigma_i^2 + x_j^2 \sigma_j^2 - 2x_i x_j \text{cov}_{ij}$, depois substituindo

$$x_j = \frac{x_i \text{cov}_{ij}}{\sigma_j^2} \quad (11)$$

$$\sigma_R^2 = x_i^2 \left(\sigma_i^2 - \frac{\text{cov}_{ij}^2}{\sigma_j^2} \right) \quad (12)$$

Lembrando que o coeficiente de correlação linear (ρ) é definido pela relação a seguir:

$$\rho = \frac{\text{cov}_{ij}}{\sigma_i \sigma_j} \quad (13)$$

Fazendo a transformada para deixar em função ρ , multiplicando a função por $(\sigma_i^2 / \sigma_i^2)$ da variância por unidade do produto:

$$\sigma_R^2 = x_i^2 \sigma_i^2 (1 - \rho^2) \quad (14)$$

Segundo Jonhson (1960 *apud* TONNIN, 2007), a efetividade de *hedge* é a proporção da variância da receita que pode ser eliminada por meio da adoção de uma carteira com razão ótima de *hedge*, descrita da seguinte forma:

$$e = \left(1 - \frac{\sigma_R^2}{x_i^2 \sigma_i^2} \right) \quad (15)$$

Considerando a função anterior, podemos fazer a transformação.

$$e = 1 - \frac{[x_i^2 \sigma_i^2 (1 - \rho^2)]}{x_i^2 \sigma_i^2} \quad (16)$$

Logo:

$$e = \rho^2 \quad (17)$$

Conforme é possível ver acima, quanto maior a correlação entre as mudanças dos preços à vista e futuros, maior será a efetividade de *hedge*.

Como é possível verificar nos cálculos anteriores, é possível verificar que a razão ótima do hedge (covariância entre as mudanças nos preços à vista e futuro CBOT dividido pela variância da mudança no preço futuro), nada mais é do que o coeficiente angular de uma regressão simples (β).

4.1.2 Métodos de mínimos quadrados ordinários (MMQO)

Após verificar a estimação da razão ótima do *hedge*, será avaliada a equação de regressão a ser utilizada (MMQO). Será avaliada a partir dos retornos. Serão calculados uma regressão, sendo uma regressão simples dos retornos de mercado à vista em relação aos retornos do mercado de futuro.

4.1.3 Estacionariedade da série de preços

A utilização de séries temporais não estacionárias pode resultar na avaliação da regressão linear como regressão espúria. Neste trabalho iremos avaliar tal situação; caso for positivo, as regressões mencionadas anteriormente tornam-se inválidas.

A estacionariedade das séries pode ser verificada por meio do teste da raiz unitária, introduzido por Dickey e Fuller.

A determinação da estacionariedade ou não de uma série temporal tem relevante importância, dada principalmente pela análise da duração dos efeitos de choques aleatórios. Quando se verifica uma série não estacionária em relação à média, o efeito dos choques aleatórios é contínuo, mas em uma série estacionária, o efeito dos choques é apenas transitório, portanto, se dissipam ao longo do tempo (BACCHI, 2007).

A equação abaixo representa um processo autorregressivo AR(1) em que o erro estocástico segue uma distribuição normal.

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad (18)$$

Nas equações a seguir foram consideradas a presença do intercepto e tendência, respectivamente:

$$Y_t = \beta_1 + \rho Y_{t-1} + u_t \quad (19)$$

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \rho Y_{t-1} + u_t \quad (20)$$

Subtraindo das três funções acima por Y_{t-1} de ambos os lados.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (21)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (22)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (23)$$

Nas transformações acima, utilizamos que $\delta = (\rho - 1)$ e $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$

Logo, para as condições acima vamos fazer os testes, sendo que:

- Hipótese nula $H_0: \delta = 0$ ($|\rho| = 1$);
- Hipótese alternativa $H_1: \delta < 0$ ($|\rho| < 1$);

Se a hipótese nula não for rejeitada, haverá raiz unitária no modelo e a série não será estacionária; caso contrário será estacionária.

Caso as séries forem não estacionárias, podem ser diferenciadas d vezes até se tornarem estacionárias, logo, serão chamadas de séries integradas de ordem d, [I(d)]. Serão utilizados modelos que avaliam a presença de tendência.

4.1.4 Teste de causalidade

Para sistemas temporais, Granger (1969 *apud* TONNIN, 2009) define causalidade em termos de previsibilidade: a variável X causa a variável Y, a respeito de um universo de

informação (que inclui X e Y), se o presente de Y pode ser previsto mais eficientemente usando valores passados de X do que não usando, toda e qualquer outra informação disponível (incluindo valores passados de Y) sendo usada em ambos os casos. Para o teste não se exclui uma relação bicausal entre as variáveis. Assim, iremos utilizar a seguinte equação:

$$P_t = \sum_{k=0}^n \alpha_{[i]} F_{t-k} + \sum_{k=0}^n \beta_{[j]} P_{t-k} + \mu_{1t} \quad (24)$$

$$F_t = \sum_{k=0}^n \lambda_{[i]} F_{t-k} + \sum_{k=0}^n \delta_{[j]} P_{t-k} + \mu_{2t} \quad (25)$$

Sendo que: P_t e F_t são preços à vista e o futuro no período t , P_{t-j} é o preço defasado em j períodos e F_{t-i} é o preço futuro defasado em i períodos. Suponha-se que μ_{1t} e μ_{2t} não tenham correlação e que o teste de causalidade é conduzido em séries estacionárias.

Sobre os pontos de teste de causalidade, iremos avaliar:

- **Causalidade unidirecional:** se na equação (4) os coeficientes estimados foram estimados defasados, estatisticamente diferentes de zero e o conjunto dos coeficientes sobre o defasado em (5) não forem estatisticamente diferentes de zero.
- **Causalidade bidirecional:** se os conjuntos de coeficientes das duas equações são estatisticamente diferentes de zero em ambas as regressões.
- **Independência ou ausência de causalidade:** se os conjuntos de coeficientes das duas equações não são estatisticamente diferentes de zero em ambas as regressões.

Para estimar o teste de causalidade de Granger, iremos aplicar o teste F. Caso exceda o valor crítico de F (nível de significância escolhido) rejeita-se a hipótese nula. Se a hipótese nula for rejeitada, existe uma relação de causalidade de Granger entre as variáveis.

4.1.5 Teste de cointegração

O teste de cointegração avalia se as séries temporais são não estacionárias e integradas. Para testar estes procedimentos, temos dois testes formais, segundo Morettin (2011):

- Procedimento de Engle e Granger (1987), quando há no máximo um vetor de cointegração.
- Procedimento de Johansen (1988), quando há r , $0 \leq r \leq n$, vetores de cointegração;

Para o trabalho de avaliação usaremos o primeiro procedimento (Procedimento de Engle e Granger).

O teste de cointegração irá avaliar se P_t e F_t têm caminho temporal ligados, ou seja, duas variáveis são co-integradas se tiverem uma relação de equilíbrio ou de longo prazo. O teste de cointegração obedece à seguinte equação:

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 F_t + \varepsilon_t \quad (26)$$

O resíduo estimado (ε_t) é testado para identificar se é estacionário, com a aplicação do teste da raiz unitária.

Após os resultados obtidos pelo teste referente à estimativa, pode-se rejeitar ou não a hipótese de não cointegração.

Além do modelo anterior, Myers e Thompson (1989) também sugerem utilizar modelo de preços defasados. De acordo com Wooldridge (*apud* Tonin, 2009), o operador de defasagem tem a propriedade de transformar em sua defasagem, ou seja, que o modelo inclua informações que tenham impacto na determinação do preço à vista. A seguir, apresentam-se as equações por preço e por primeira diferença de preços:

$$P_t = \alpha_0 + \delta F_t + a(L)P_{t-l} + b(L)F_{t-l} + \varepsilon_t \quad (27)$$

$$\Delta P_t = \alpha_0 + \delta \Delta F_t + a(L)\Delta P_{t-l} + b(L)\Delta F_{t-l} + \varepsilon_t \quad (28)$$

Nota: α_0 intercepto, δ coeficiente de inclinação, ε_t erro aleatório, P_t e F_t preço à vista e futuro no período t ; ΔP_t e ΔF_t primeira diferença do preço à vista e futuro; $a(L)$ e $b(L)$ polinômios em L que definem as defasagens.

4.1.6 Mecanismo de correção do erro

Avaliando a relação de cointegração entre as variáveis, podemos incluir um mecanismo que recupera as informações de longo prazo, chamado Mecanismo de Correção de Erro (MCE). Por exemplo, suponha que P_t e F_t sejam preços de dois mercados distintos e que a relação (normalizada) de equilíbrio entre eles seja $P_t - \beta F_t = 0$. De acordo com Greene (2003 *apud* TONNIN, 2007), esse mecanismo consiste na inclusão do resíduo da equação de cointegração

(com defasagem) na estimação e especificado no modelo econométrico especificado nas diferenças, originando o modelo:

$$\Delta P_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta F_t + \beta_2 u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (29)$$

5 ESTIMAÇÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio de métricas econométricas, avaliando a eficiência do *hedge* utilizando futuro CBOT.

5.1 BASE DE DADOS

Os dados de mercado para a captura de preços à vista do milho são oriundos das informações do site CEPEA-Esalq¹. As informações de dados dos futuros de milho CBOT serão capturados do terminal da Bloomberg. O preço de referência do milho BR (*Spot*) será em sacas (60kg) reais. O preço de referência do futuro CBOT milho será em *Bushel* e na moeda dólar, mas, no modelo, vamos disponibilizar as informações em reais na paridade do dia de referência.

A amostra do estudo foi de 11 de novembro de 2004 até o fim de dezembro de 2020, sendo estes dados diários, respeitando o calendário BM&F, ou seja, caso haja informação dos futuros CBOT em um feriado, será descartado da amostra.

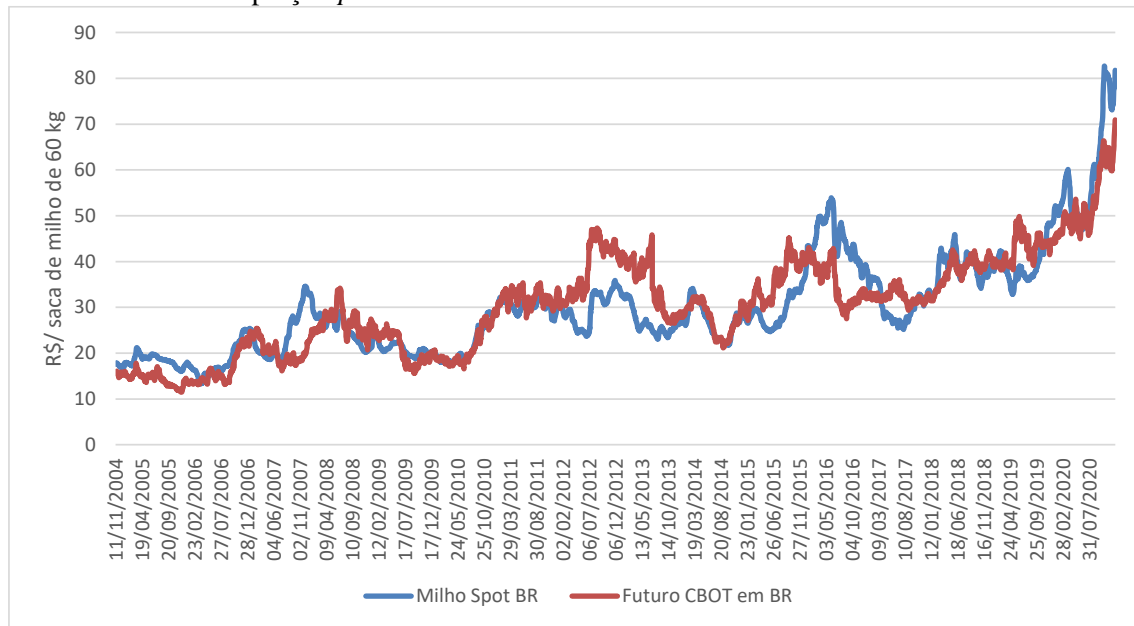
A série de dados utilizada dos futuros CBOT foi elaborada utilizando-se do futuro de menor vencimento, ou seja, a partir de que o contrato futuro vence, automaticamente, capturava do próximo vencimento.

O *software* de apoio para cálculos de métricas estatísticas foi o Gretl, versão 3 (29 de junho de 2007), sendo uma versão pública.

5.2 CORRELAÇÃO ENTRE FUTURO CBOT E PREÇO DO MILHO *SPOT*

Para avaliar a escolha do melhor contrato futuro, necessariamente, a correlação entre o ativo objeto (Milho *Spot*) e o contrato futuro (Futuro CBOT *Corn*) deve ser significativa, segundo Hull (1996). A seguir, a série histórica *Spot* milho BRL e futuro CBOT em reais na unidade de medida em sacas.

¹ <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx>.

Gráfico 4 – Série de preço *Spot* milho BRL e futuro CBOT BRL

Fonte: dados de pesquisa.

Avaliando o coeficiente de correlação de Person entre as variáveis acima, a correlação entre *Spot* milho BRL e preço futuro CBOT em reais é de 86%.

Tabela 5 – Estatística descritiva da série de preço futuro CBOT e preço à vista do milho

Estatística	Preço à vista	Preço futuro CBOT
Média	30,101	30,421
Mediana	27,91	30,995
Máximo	82,67	70,929
Mínimo	13,32	11,496
Desvio Padrão	11,213	10,768

Fonte: dados de pesquisa.

5.3 ESTACIONARIEDADE DAS SÉRIES

As séries verificadas foram série de preços, série logarítmica e série de primeira diferença. Todas foram testadas com lag de 1, com os tipos de equação estimada:

- Teste com constante;
- Teste sem constante;
- Com constante e tendência;
- Com constância e tendência linear quadrática.

O teste de Dickey-Fuller (DF) mostrou que tanto a série de preços *Spot* milho BRL quanto futuro CBOT BRL não eram estacionárias, pois o p-valor é bem acima do 1%, como é

possível verificar na tabela a seguir. Logo, a regressão linear entre as duas variáveis poderia gerar uma regressão espúria.

Tabela 6 – Resultado dos testes de raiz unitária para série de preços (diária) para os preços à vista e futuro CBOT milho em reais no período de 2004 até 2020.

Elemento de teste	Número de defasagens (Lags)	Tipo de equação estimada	P-valor
<i>Spot</i> milho BRL	1	Teste sem constante	0,9249
<i>Spot</i> milho BRL	1	Teste com constante	0,9323
<i>Spot</i> milho BRL	1	Com constante e tendência	0,6093
<i>Spot</i> milho BRL	1	Com constante e tendência linear quadrática	0,4633
Futuro CBOT BRL	1	Teste sem constante	0,9249
Futuro CBOT BRL	1	Teste com constante	0,9323
Futuro CBOT BRL	1	Com constante e tendência	0,6093
Futuro CBOT BRL	1	Com constante e tendência linear quadrática	0,4633

Fonte: dados de pesquisa.

*Valor crítico de significância 1%

Hipótese nula (H₀): Série possui raiz unitária, indicando uma série não estacionária.

O passo seguinte para testar a estacionariedade das séries é testar raiz unitária na base log. Foi verificado que as duas bases não são estacionárias. Como acima, a regressão linear entre as duas variáveis poderia gerar uma regressão espúria.

Tabela 7 – Resultado dos testes de raiz unitária para série de preços (diária na base logarítmica) para os preços à vista e futuro CBOT milho em reais no período de 2004 até 2020

Elemento de teste	Número de defasagens (Lags)	Tipo de equação estimada	P-valor
<i>Spot</i> milho BRL	1	Teste sem constante	0,9043
<i>Spot</i> milho BRL	1	Teste com constante	0,733
<i>Spot</i> milho BRL	1	Com constante e tendência	0,1473
<i>Spot</i> milho BRL	1	Com constante e tendência linear quadrática	0,09987
Futuro CBOT BRL	1	Teste sem constante	0,9593
Futuro CBOT BRL	1	Teste com constante	0,8723
Futuro CBOT BRL	1	Com constante e tendência	0,3986
Futuro CBOT BRL	1	Com constante e tendência linear quadrática	0,5324

Fonte: dados de pesquisa.

*Valor crítico de significância 1%

Hipótese nula (H₀): Série possui raiz unitária, indicando uma série não estacionária.

O próximo passo constitui em testar a estacionariedade como primeira diferença. Como é possível ver na tabela, o p-valor ficou próximo de zero, logo, são estacionárias. Portanto, podemos utilizar a série para as estimações.

Tabela 8 – Resultado dos testes de raiz unitária para série de preços (diária, de primeira diferença) para os preços à vista e futuro CBOT milho em reais no período de 2004 até 2020

Elemento de teste	Número de defasagens (Lags)	Tipo de equação estimada	P-valor
Spot milho BRL	1	Teste sem constante	0,0
Spot milho BRL	1	Teste com constante	0,0
Spot milho BRL	1	Com constante e tendência	0,0
Spot milho BRL	1	Com constante e tendência linear quadrática	0,0
Futuro CBOT BRL	1	Teste sem constante	0,0
Futuro CBOT BRL	1	Teste com constante	0,0
Futuro CBOT BRL	1	Com constante e tendência	0,0
Futuro CBOT BRL	1	Com constante e tendência linear quadrática	0,0

Fonte: dados de pesquisa

*Valor crítico de significância 1%

Hipótese nula (Ho): Série possui raiz unitária, indicando uma série não estacionária.

Assim como os trabalhos de Tonnin (2007), Morelli (2017), Faria dos Santos (2009) e Nascimento (2020) que fizeram teste das suas séries, todos verificaram que o modelo mais adequado para análise é por primeira diferença.

5.4 TESTES DE CAUSALIDADE

As tabelas a seguir foram feitas a partir do teste de Granger, para verificar a relação entre as variáveis preço *Spot* em relação ao futuro CBOT em reais. Os testes foram feitos a partir da primeira diferença com a defasagem de 1 dia.

Tabela 9 – Teste de causalidade do milho *Spot* em relação ao futuro CBOT

Equação: primeira diferença milho <i>Spot</i> Parâmetros	Coefficiente	Erro Padrão	P-Valor
Intercepto	0,00895179	0,00449577	0,0465
Primeira diferença milho <i>Spot</i> (d-1)	0,356712	0,0145935	0,00
Primeira diferença futuro Cbot <i>Corn</i> (d-1)	0,0528674	0,00738167	0,00

Fonte: dados de pesquisa.

P-Valor <1% estatisticamente significativo

Tabela 10 – Teste de causalidade do futuro CBOT em relação ao milho *Spot*

Equação: primeira diferença futuro Cbot <i>Corn</i>			
Parâmetros	Coefficiente	Erro Padrão	P-Valor
Intercepto	0,012407	0,00962135	0,1973
Primeira Diferença Futuro Cbot <i>Corn</i> (d-1)	0,000692238	0,0157974	0,965
Primeira Diferença Milho <i>Spot</i> (d-1)	0,0767522	0,0312313	0,014

Fonte: dados de pesquisa.

P-Valor <1% estatisticamente significativo

Verificou-se que os preços defasados do futuro CBOT impactam no preço do milho *Spot*, ou seja, como P-Valor é menor que 1%, são estatisticamente significativo.

Diferentemente do caso acima, ou seja, o preço do milho *Spot* não impacta o preço do futuro CBOT, pois o p-valor é de 1,4%, como é possível na tabela 10.

Como só uma das hipóteses foi rejeitada, a causalidade é unidirecional. Diferentemente da relação vista por Tonnin (2007), em que foi verificada uma existência de causalidade bidirecional de preços entre os valores de milho praticados em Maringá com futuro BM&F.

Segundo Faria do Santos, Gomes, Pereira, Braga e Vieira (2009), sobre o trabalho da análise do preço de milho dos mercados externos e interno, foi verificado que os valores externos impactam o preço interno e não tem relação contrária, ou seja, também foi encontrada uma relação unidirecional, assim como supracitado.

Nascimento, Ferraz e Miranda (2020) avaliaram a causalidade de transferência de preço do mercado americano entre os estados de Mato Grosso e Paraná, do período de junho de 2005 a junho de 2016 (mensalmente), e os resultados demonstraram que não houve causalidade mútua e que os preços de milho negociados nos Estados Unidos exercem influência sobre eles. Esta condição de equilíbrio de longo prazo demonstra integração entre os mercados, lembrando que o ativo subjacente do futuro CBOT é o preço do milho americano.

5.5 TESTE DE COINTEGRAÇÃO

Verificando ambos os testes da raiz unitária para futuro CBOT e preço milho *Spot*, o modelo utilizado será o de primeira diferença (abordagem convencional) e em primeira diferença defasado (modelos propostos por Myers e Thompson 1989), assim como proposto nos trabalhos de Tonin (2009) e de Morelli (2017).

5.5.1 Modelo Abordagem Convencional

Após o cálculo, avaliando o teste de cointegração por Engle-Granger, como é possível ver na tabela a seguir, traz resultado de razão ótima de efetividade, estimados a partir de primeira diferença estimadas pelo método a seguir.

$$\Delta P_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta F_t + \varepsilon_t \quad (30)$$

Tabela 11 – Razão ótima de *hedge* estimado com futuro CBOT *Corn*

Modelo						
$\Delta P_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta F_t + \varepsilon_t$						
	Parâmetro	Coefficiente	P-Valor	<i>Hedge</i> ótimo	DW	
Futuro CBOT <i>Corn</i>	Intercepto	0,0142097 0,0587843	0,0033 0,0	0,058784	0,013523	1,295542

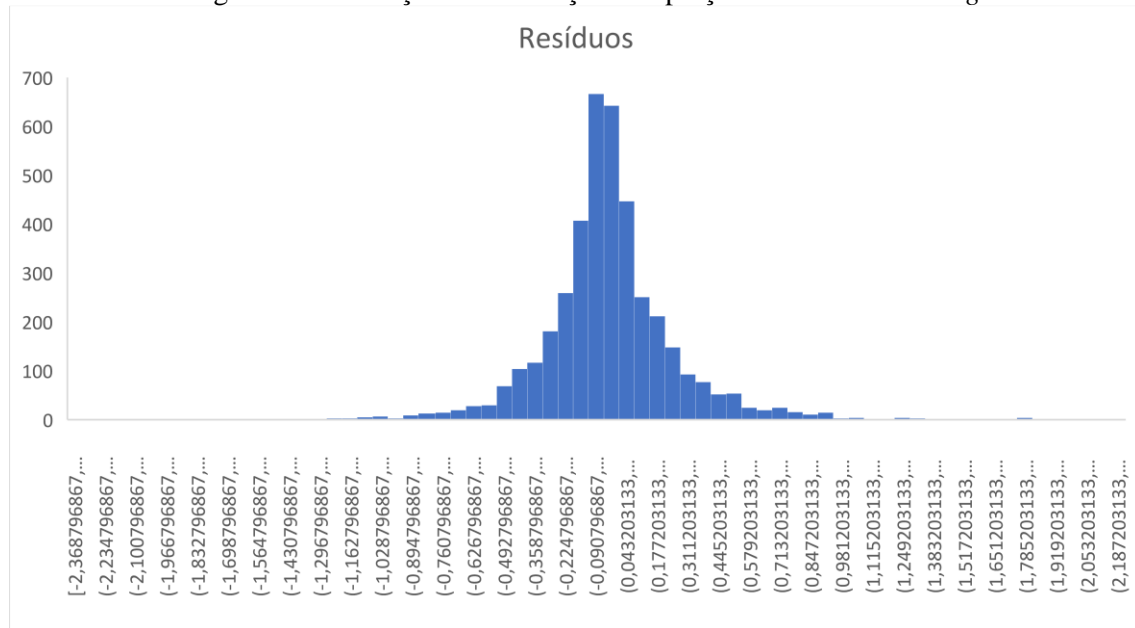
Fonte: dados de pesquisa.

P-valor <0,01 (estatisticamente significativo).

Pelo teste de Durbin-Watson (DW), o modelo acima é estatisticamente significativo a 1%. A proporção de *hedge* ótimo (0,0587843) reduziria o risco de volatilidade de preços.

Morelli (2017), para o método convencional, verificou que das cinco cidades utilizadas no trabalho para verificar a eficiência do *hedge* utilizando futuro de Milho BMF, apenas uma foi cointegrada enquanto a outra era a cidade de Campinas que é preço de referência para o futuro BMF.

Como R^2 é o quadrado da correlação linear entre as variações dos preços à vista e as variações dos preços do futuro CBOT, a efetividade apresentou 1,3%, o que é considerada baixa. Foram verificados nos trabalhos de Tonnin (2009) e Morelli (2017), efetividade até maiores e, inclusive, foi mencionado que a efetividade é insatisfatória.

Gráfico 5 – Histograma: distribuição da diferença entre preço à vista contra o *hedge* estimado

Fonte: dados de mercado.

Avaliando a distribuição de resíduos do modelo, existe uma alta volatilidade (30,7%) dos resíduos e a média é aproximadamente 0, como esperado (amostra: 4065).

5.5.2 Modelo abordagem generalizada

Para a abordagem generalizada, estimam-se com uma defasagem, ambas para futuro CBOT e preço *Spot* do milho.

Tabela 12 – Efetividade e razão ótima de hedge para series de preços diários por primeira diferença de futuros CBOT e milho *Spot* entre novembro de 2004 a dezembro de 2020

Modelo				
$\Delta P_t = \alpha_0 + \delta \Delta F_t + a(L)\Delta P_{t-1} + b(L)\Delta F_{t-1} + \varepsilon_t$				
Parâmetro	Coeficientes estimados			
	Coeficiente	P-Valor	R ²	DW
Intercepto	0,0083	0,0629		
$D(F_t)$	0,05115	0,0		
$D(P_{t-1})$	0,3527	0,0	0,157142	2,188131
$D(F_{t-1})$	0,05283	0,0		

Fonte: dados de mercado.

Nota: P-valor <0,01 (estatisticamente significativo)

A partir da regressão com os preços do contrato futuro CBOT para o milho *Spot*, foi verificado que somente o Intercepto que para Hipótese Nula foi aceito. Os outros coeficientes foram estatisticamente significativos.

O coeficiente angular que indica a proporção da posição de milho *Spot* a ser compensada pelo futuro CBOT é de 0,0515. Como a efetividade do *hedge*, quando se utiliza a razão ótima do *hedge*, corresponde ao quadrado da correlação linear, logo a efetividade neste estudo foi de 0,1572. Também, como citado na abordagem convencional, abaixo dos 16% pode se considerar uma efetividade insatisfatória.

5.5.3 Mecanismo de correção do erro (MCE)

Após avaliar a cointegração entre os fatores, foi calculado o MCE, conforme a equação abaixo.

$$\Delta P_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta F_t + \beta_2 u_{t-1} + \varepsilon_t$$

Pela tabela a seguir, foi verificado que existe relação de longo prazo entre futuro CBOT e milho *Spot*, sendo EC1, termo de condição de erro para o modelo.

Tabela 13 – Utilizando Mecanismo de correção de erro por diferenças do milho *Spot* entre novembro de 2004 a dezembro de 2020

Parâmetro	Coeficientes estimados	
	Coeficiente	P-Valor
$D(F_t)$	-0,017	0
$D(P_{t-1})$	-0,4639	0
EC1	-0,033	0
const	0,05115	0,8644

Fonte: dados de mercado.

Nota: P-valor <0,01 (estatisticamente significativo)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as instituições de comercialização agrícola que desejam mitigar seus riscos financeiros, um caminho é ter uma gestão mais robusta de risco de mercado. A gestão de risco de mercado para comercializadores de *commodities* passa por ter entendimento das suas exposições financeiras e dos mecanismos de controle.

A tentativa de utilizar futuro CBOT para a diminuição de volatilidade da exposição de milho à vista teria um problema, pois existe risco de base entre o ativo subjacente do futuro CBOT, que seria o milho negociado no mercado americano, mesmo sabendo que existe uma transferência de preço do milho americano para o milho em dois estados relevantes (Mato Grosso e Paraná), como é possível ver no trabalho de Nascimento (2020). Assim, também no teste de causalidade foi verificado que o preço do milho *Spot* (Campinas/SP) sofre influência do preço do futuro CBOT.

Sobre a questão da efetividade de *hedge* para os dois modelos, abordagem convencional e abordagem generalizada, foram observados valores insatisfatórios, 0,013 e 0,1572 respectivamente. Isso significa que caso utilizássemos o modelo de abordagem generalizada e a instituição que comercializa milho utilizasse contrato futuro CBOT para uma razão ótima a fim de diminuir seus riscos em relação à volatilidade do milho, ela estaria reduzindo somente em 15,72% o risco da volatilidade, ou seja, a utilização de futuro CBOT para proteção de preços à vista de milho no mercado local é insatisfatória.

Ou seja, como é possível ver no parágrafo anterior, a hipótese de que é possível “hedgear” uma carteira com exposição de milho à vista utilizando futuro CBOT é nula.

Verificando os resultados do mecanismo de correção do erro (MCE), foi verificado que existe uma relação de longo prazo entre o futuro CBOT e o preço Spot do milho, mas não é possível utilizar o futuro de CBOT para “hedgear” milho spot, dado que o coeficiente ainda se torna baixo. A limitação do modelo pode se caracterizar por utilizar retornos diários.

Para indústrias de proteínas que são grandes compradoras de milho, por ser usado para ração animal, a utilização do Futuro CBOT será ineficiente para neutralizar seus riscos. Um dos mecanismos para mitigar a volatilidade é comprar milho com preço fixado no curto prazo. Para longo prazo, conforme Hull (2009), em mercados equilibrados, na existência de transferência de preços de custo do milho para proteína animal, se o concorrente da empresa não fixar o preço do milho, este cair e desejar que a margem de resultado seja o mesmo, o preço da proteína animal também irá cair, com isso a empresa que comprou o milho com preço fixado poderá

ficar com margem de resultado negativa, dado que o preço da proteína animal terá que acompanhar o preço do concorrente.

Sugere-se o estudo da relação do futuro CBOT com outras praças, dada a problemática de liquidez do futuro de Milho BMF e considerando que, nos últimos anos, a utilização do milho nacional vem sofrendo transformações, como a sua utilização para a fabricação de etanol semelhante ao mercado americano.

O modelo estudado embutiu a exposição cambial diretamente no modelo. Assim, sugere-se um novo estudo para redução de exposição de uma carteira de milho, com uma estratégia com *hedge* com a utilização de futuro CBOT juntamente ao futuro de dólar, dado que o futuro CBOT tem risco cambial e, com isso, é possível avaliar a eficiência do *hedge* por meio das mesmas métricas com ambos os derivativos, pois, aparentemente, a defasagem da paridade dólar/real em relação às outras variáveis pode ter impacto no modelo.

REFERÊNCIAS

- BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). Circular do Banco Central do Brasil nº 3.082, de 30 de janeiro de 2002. Estabelece e consolida critérios para registro e avaliação contábil de instrumentos financeiros derivativos. **BCB**, 2002. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/circ/2002/pdf/circ_3082_v3_L.pdf. Acesso em: 4 dez. 2022.
- BOLSA DE MERCADORIA E FUTUROS (BMF). Futuro de milho com liquidação financeira. **B3**, 2022. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/commodities/ficha-do-produto-8AE490CA6D41D4C7016D45F3CB0A38F0.htm#panel1a. Acesso em: 4 dez. 2022.
- BUKENYA, James; LABYS, Walter. Price Convergence on World Commodity Markets: Fact or Fiction. **International Regional Science Review**, v. 28, n. 3, 2005. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0160017604267638>. Acesso em: 4 dez. 2022.
- CALDARELLI, C. *et al.* Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Economia e Sociedade Brasileiras**, v. 22, n. 1, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-63512012000100005>. Acesso em: 3 out. 2021.
- CHIODI, L. **Integração espacial no mercado brasileiro de milho**. 2006. 89f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Análise Mensal junho/julho. **CONAB**, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-milho/item/12123-milho-analise-mensal-junho-julho-2019>. Acesso em: 4 dez. 2022.
- CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE. Norma brasileira de contabilidade, NBC TG 48, de 25 de novembro de 2016. Aprova a NBC TG 48 que dispõe sobre instrumentos financeiros. **IFRS Foundation**, 2016. Disponível em: <https://www1.cfc.org.br/sisweb/SRE/docs/NBCTG48.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2022.
- DICKEY, David A.; FULLER, Wayne A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica**, v. 49, n. 4, 1981.
- FARIA, Vladimir dos Santos *et al.* Análise do preço do milho nos mercados externo e interno. **Revista de Política Agrícola**, v. 16, n. 3, 2007. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/466/417>. Acesso em: 4 dez. 2022.
- FAVRO, Jackelline *et al.* Modelo de Análise da Oferta de Exportação de Milho Brasileira: 2001 a 2012. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, v. 53, n. 3, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rest/a/tvVyXb5QB7cPmrTf4fJSgXr/?lang=pt>. Acesso em: 3 out. 2021.
- FORTUNA, Eduardo. **Mercado financeiro: produtos e serviços**. 16. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

GONÇALVES, Everton. Eficiência de hedging e taxa ótima de hedge: contratos futuros de depósitos interfinanceiros de um dia. **Revista Brasileira de Economia**, v. 48, n. 4, p. 623-640, 1993.

GUJARATI, D.; PORTER, D. **Basic econometrics**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2009.

HULL, John. **Introdução aos Mercados de Futuros e Opções**. São Paulo: Cultura, 1996.

HULL, John. **Opções, Futuros e outros derivativos**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2008.

IGNACZAK, João *et al.* Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: dinâmica da produção de trigo no Brasil no período de 1975 a 2003. **Embrapa Trigo**, 2006. Disponível: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp36.htm. Acesso em: 4 dez. 2022.

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

JONHSON, Leland. The theory of hedging and speculation in commodity futures. **The Review of Economic Studies**, v. 27, n. 3, p. 139-151, 1960.

JORION, Philippe. **Value at risk**. São Paulo: Editora da BM&F, 1998.

PAROUSH, J.; WOLF, A. Production and hedging decisions in the presence of basis risk. **The Journal of Futures Markets**, v. 9, n. 6, p. 547-563, 1989.

MARQUES, Pedro; MELLO, Pedro; MARTINES, João. **Mercados futuros e de opções agropecuárias**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MORETTIN, Pedro. **Econometria Financeira: um curso em séries temporais**. São Paulo: Blucher, 2011.

MYERS, R. J.; THOMPSON, S. R. Generalized optimal hedge ratio estimation. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 71, n. 4, p. 858–868, 1988.

NASCIMENTO, Fernando; FERRAZ, Valmaria; MIRANDA, Thiago. Transmissão de preços no mercado internacional de milho entre Brasil e Estados Unidos. **Revista Científica Agropampa**, v. 2, n. 2, 2020.

NOGUEIRA, Fernando. **Integração espacial e efetividade do “hedge” no mercado brasileiro de café arábica**. 2001. Tese (Dissertação em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

OLIVEIRA, Jaildo. **A aplicação e a divulgação do hedge accounting nas demonstrações contábeis de bancos brasileiros em 2002**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) — Universidade de Brasília, Brasília, 2003. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/39256>. Acesso em: 4 dez. 2022.

RODRIGUES, Gislene; CUNHA, Cleyzer. Operações de hedge de milho para importantes municípios goianos. **Revista de Política Agrícola**, n. 22, p. 38–55, 2013. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/revista-de-politica-agricola/2000-a-2016/revista-de-politica-agricola-n4-2013.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2022.

SANTOS FILHO, Jonas *et al.* O preço do milho no mercado interno e a sua relação com o preço internacional nos últimos 10 anos. **Repositório Alice**, [20--]. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1064098/1/final8394.pdf>. Acesso em: 3 out. 2021.

SILVA NETO, Lauro. **Derivativos: definições, empregos e risco**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

SILVEIRA, Rodrigo. **Análise das operações de cross hedge do Bezerro e do hedge do Boi Gordo no Mercado futuro da BMF**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-09012003-082031/publico/rodrigo.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2022.

TONIN, Julyerme; BRAGA, Marcelo; COELHO, Alexandre. Efetividade de hedge do milho com contratos futuros da BM&F: uma aplicação para a região de Maringá (PR). **Revista de Economia**, v. 35, n. 1, p. 115–140, 2009.

WEEKS, D. V.; BELLINGHINI, D. F. Hedge simultâneo de preço e taxa de câmbio: uma análise para o mercado de soja em Paranaguá. *In: 1ª Conferência em Gestão de Risco e Comercialização de Commodities*, 2011.

ZYLBERSZTAJN, Decio; NEVES, Marcos. **Economia & gestão dos negócios agroalimentares: indústria de insumos, produção agropecuária e distribuição**. São Paulo: Pioneira Thompson, 2005.

APÊNDICE ESTATÍSTICO

Tabela 13 – Estatística descritiva do frango resfriado do período 10/2017 a 12/2021

Estatística	Frango Resfriado
Média	5,1189
Mediana	4,72
Máximo	8,55
Mínimo	2,91
Desvio Padrão	1,34

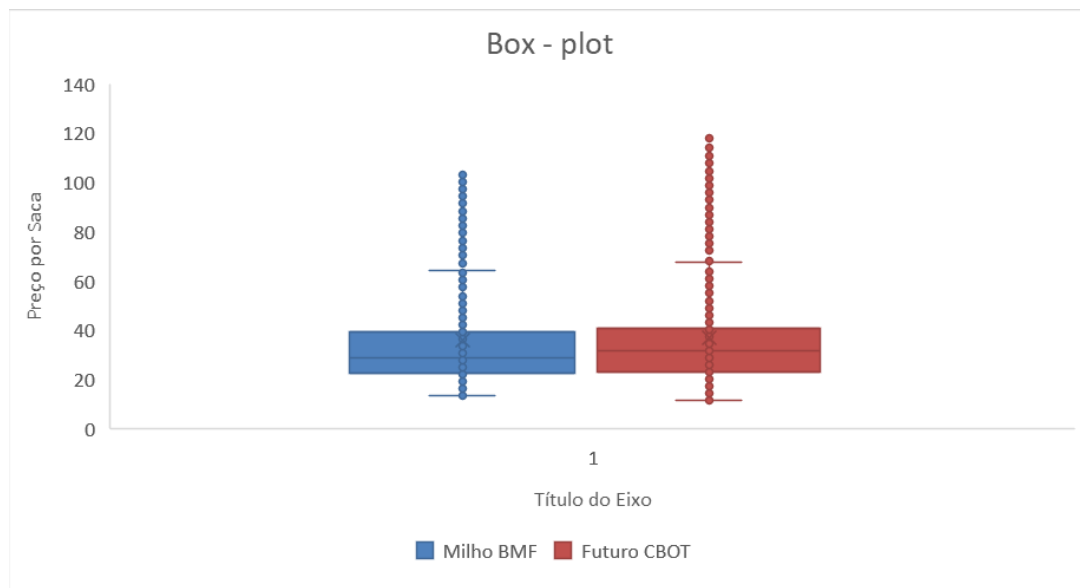
Fonte: dados de pesquisa.

Tabela 14 – Correlação do milho à vista x frango resfriado do período 10/2017 a 12/2021

	Coefficiente de Correlação
Frango Resfriado	0,8599

Fonte: Dados de Pesquisa

Gráfico 6 – Box-Plot do milho à vista e do futuro CBOT do período de 11/2004 a 12/2020



Dados de Pesquisa