



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA



RODRIGO SIMÕES LAMBERTI

**Derivativos para gestão de riscos no agronegócio:
uma análise da efetividade de *hedge* para a cultura de milho no Brasil com
contratos futuros B3 e CME**

CAMPINAS
2021

RODRIGO SIMÕES LAMBERTI

**Derivativos para gestão de riscos no agronegócio:
uma análise da efetividade de *hedge* para a cultura de milho no Brasil com
contratos futuros B3 e CME**

Monografia apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Lanna Franco da Silveira.

CAMPINAS
2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Economia
Luana Araujo de Lima - CRB 8/9706

L176d Lambert, Rodrigo Simões, 1999-
Derivativos para gestão de riscos no agronegócio : uma análise da efetividade de *hedge* para a cultura de milho no Brasil com contratos futuros B3 e CME / Rodrigo Simões Lambert. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Rodrigo Lanna Franco da Silveira.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

1. Derivativos (Finanças). 2. Agronegócio. 3. Hedge (Finanças). I. Silveira, Rodrigo Lanna Franco da, 1976-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Derivatives for risk management in agribusiness: an analysis of hedging effectiveness for the corn crop in Brazil with B3 and CME futures contracts

Palavras-chave em inglês:

Derivatives (Finance)

Agrobusiness

Hedging (Finance)

Titulação: Bacharel em Ciências Econômicas

Banca examinadora:

Rodrigo Lanna Franco da Silveira [Orientador]

Rosangela Ballini

Data de entrega do trabalho definitivo: 01-12-2021

RODRIGO SIMÕES LAMBERTI

Derivativos para gestão de riscos no agronegócio:

uma análise da efetividade de *hedge* para a cultura de milho no Brasil com contratos futuros
B3 e CME

Monografia apresentada ao Instituto de
Economia da Universidade Estadual de
Campinas como parte dos requisitos exigidos
para a obtenção do título de Bacharel em
Ciências Econômicas.

Data de aprovação: 01 / 12 / 2021

Banca Examinadora

Prof. Dr. Rodrigo Lanna Franco da Silveira – Presidente da banca
Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas

Profa. Dra. Rosangela Ballini – Docente convidada
Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas

DEDICATÓRIA

À minha avó Emília Genesi Lamberti (*in memoriam*), matriarca da família Lamberti, que durante tempos desconfiou se seria capaz de testemunhar em vida o início do meu ensino superior: Deus lhe permitiu não apenas ver seu neto ingressar na Unicamp em 2017, como também presenciar a defesa e aprovação desta monografia cinco anos mais tarde – 30 dias antes do seu descanso eterno.

Igualmente à minha avó materna Ana Maria Leme, por todo o carinho e suporte que somente as avós conseguem prover.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente aos meus pais, José Roberto e Renata, e à minha irmã Marcela, por todas as condições materiais e afetivas investidas em mim desde o início. À República Cortição e às amigas feitas durante a Universidade e antes dela, pelos momentos compartilhados que nos carregam de ânimo para seguir em frente no dia a dia. Aos colegas de trabalho e aos meus mentores da hEDGEpoint Global Markets, por terem me dado a oportunidade de vivenciar na prática o que estudei previamente na teoria.

Também agradeço ao professor Rodrigo Lanna, por ter aceito este projeto apesar do pouco tempo disponível e, evidentemente, pelas brilhantes orientações, aulas e conversas durante a Graduação. À professora Rosangela Ballini, por ter avaliado este trabalho e pelos ensinamentos essenciais de econometria durante o Curso. De modo especial, agradeço ainda ao professor Paulo Fracalanza, pelo belo caminho que percorremos antes de eu decidir focar em um novo tema de estudo.

Por fim, agradeço a todos funcionários, docentes e colegas não apenas do Instituto de Economia, mas da Unicamp de uma forma geral; seus esforços e dedicação são fundamentais para a comunidade universitária dar o retorno esperado à sociedade brasileira e confirmar, assim, o papel de protagonista reservado às universidades públicas e gratuitas no desenvolvimento socioeconômico do nosso país.

*Tendo acabado os sete anos de abundância que houve no Egito,
os sete anos de miséria começaram, assim como o tinha predito José.
A fome assolou todos os países, mas havia pão em toda a terra do Egito.*

Gênesis 41: 53-54

RESUMO

LAMBERTI, Rodrigo Simões. **Derivativos para gestão de riscos no agronegócio:** uma análise da efetividade de *hedge* para a cultura de milho no Brasil com contratos futuros B3 e CME. Orientador: Rodrigo Lanna Franco da Silveira. Ano. 2021 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

O agronegócio no Brasil vem adquirindo mais escala e relevância ano após ano. A evolução do cultivo de milho no primeiro quartel do século XXI é um símbolo dessa força crescente, com destaque especial para a safra de inverno. Com o aumento da produção e da comercialização desse produto agrícola, cresceram também os fatores que influenciam a oscilação de seu preço e os riscos associados a esse mercado. Nesse sentido, a utilização de instrumentos financeiros para o gerenciamento de risco de preço do milho, através das operações de *hedge* em mercados futuros, mostra-se mais essencial a cada dia. O objetivo do presente estudo é, primeiramente, descrever as funções, características e operacionalidade dos quatro tipos de derivativos – contrato a termo, contrato futuro, contrato de opção e contrato de *swap* – no contexto de gerenciamento de risco de preço nos mercados agropecuários e, em seguida, estimar econometricamente a efetividade das operações de *hedge* para o mercado de milho em praças selecionadas no Brasil, comparando a utilização dos contratos futuros da bolsa de São Paulo (B3) e da bolsa de Chicago (CME), durante o período de fevereiro de 2004 a setembro de 2021. Os resultados revelam uma efetividade de *hedge* maior com o uso do contrato B3, com nível médio das praças de 55,65% para todo o período analisado, enquanto o uso do contrato CME apresentou uma efetividade média de 21,30%; os resultados de razão ótima foram, respectivamente, de 78,99% e 49,12%. As análises de subperíodos e de janela móvel também confirmaram essa apuração, sendo os destaques de maior efetividade de *hedge* as praças de Sorocabana (SP) e Norte do Paraná (PR), e de menor efetividade, a de Recife (PE).

Palavras-chave: derivativos (finanças); agronegócio; *hedge* (finanças).

ABSTRACT

LAMBERTI, Rodrigo Simões. **Derivatives for risk management in agribusiness: an analysis of hedging effectiveness for the corn crop in Brazil with B3 and CME futures contracts.** Orientador: Rodrigo Lanna Franco da Silveira. Ano. 2021 f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

The agribusiness in Brazil has been gaining more scale and relevance year after year. The evolution of the corn crop in the first quarter of the 21st century is a symbol of this growing strength, with special emphasis on the winter crop. With the increase in the production and merchandising of this agricultural product, the factors that influence its price fluctuations and the risks associated with this market also increased. In this sense, the use of financial instruments to manage the corn price risk, through hedging operations in the futures markets, proves to be more essential every day. The objective of this study is, firstly, to describe the functions, characteristics and operation of the four types of derivatives – forward contract, futures contract, options contract and swap contract – in the context of price risk management in agricultural markets and, then, econometrically estimate the hedging effectiveness for the corn market in selected regions in Brazil, comparing the use of futures contracts from the Brazilian Mercantile & Futures Exchange (B3) and the Chicago Mercantile Exchange (CME) during the period from February 2004 to September 2021. The results reveal greater hedging effectiveness using the B3 contract, with an average level of 55.65% for the entire analyzed period, while the use of the CME contract showed an average effectiveness of 21.30%; the optimal hedging ratio results were, respectively, 78.99% and 49.12%. The sub-period and moving window analyses also confirmed this finding, with emphasis on Sorocabana (SP) and North Paraná (PR) as the most effective regions for hedging operations and Recife (PE) as the least effective region.

Keywords: derivatives (finance); agrobusiness; hedging (finance).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Milho total no Brasil – produção, área e produtividade.....	39
Figura 2 – Milho verão no Brasil – produção, área e produtividade.....	40
Figura 3 – Milho inverno no Brasil – produção, área e produtividade.....	40
Figura 4 – Médias mensais dos preços à vista e futuro do milho.....	42
Figura 5 – Base das médias mensais a partir do contrato futuro B3	43
Figura 6 – Base das médias mensais a partir do contrato futuro CME	43
Figura 7 – Retornos das médias mensais dos preços à vista e futuro do milho.....	44
Figura 8 – Razão ótima de <i>hedge</i> com contrato futuro de milho B3 e janela móvel de cinco anos	51
Figura 9 – Efetividade de <i>hedge</i> com contrato futuro de milho B3 e janela móvel de cinco anos	52
Figura 10 – Razão ótima de <i>hedge</i> com contrato futuro de milho CME e janela móvel de cinco anos.....	53
Figura 11 – Efetividade de <i>hedge</i> com contrato futuro de milho CME e janela móvel de cinco anos.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valor final da negociação do milho com contrato a termo.....	19
Tabela 2 – Meses de vencimento e códigos do contrato futuro de milho na B3.....	22
Tabela 3 – Meses de vencimento e códigos do contrato futuro de milho na CME.....	23
Tabela 4 – Ajuste diário e valor da posição nos cinco primeiros dias da operação	26
Tabela 5 – Posição de exercício de opção	31
Tabela 6 – Estatística descritiva das médias mensais dos preços à vista e futuro do milho.....	42
Tabela 7 – Estatística descritiva dos retornos das médias mensais dos preços à vista e futuro do milho.....	44
Tabela 8 – Razão ótima e efetividade de <i>hedge</i> dos preços do milho de fevereiro de 2004 a setembro de 2021.....	47
Tabela 9 – Razão ótima e efetividade de <i>hedge</i> dos preços do milho de fevereiro de 2004 a dezembro de 2011.....	49
Tabela 10 – Razão ótima e efetividade de <i>hedge</i> dos preços do milho de janeiro de 2012 a setembro de 2021.....	50
Tabela 11 – Estatística descritiva da razão ótima de <i>hedge</i> com contrato futuro de milho B3 e janela móvel de cinco anos.....	51
Tabela 12 – Estatística descritiva da efetividade de <i>hedge</i> com contrato futuro de milho B3 e janela móvel de cinco anos.....	52
Tabela 13 – Estatística descritiva da razão ótima de <i>hedge</i> com contrato futuro de milho CME e janela móvel de cinco anos.....	54
Tabela 14 – Estatística descritiva da efetividade de <i>hedge</i> com contrato futuro de milho CME e janela móvel de cinco anos.....	55

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1 – DERIVATIVOS NO AGRONEGÓCIO	17
1.1. INTRODUÇÃO AOS DERIVATIVOS.....	17
1.2. CONTRATO A TERMO	18
1.2.1. <i>Apresentação do contrato a termo</i>	18
1.2.2. <i>Definição do contrato a termo e características</i>	19
1.3. CONTRATO FUTURO.....	20
1.3.1. <i>Apresentação do contrato futuro</i>	20
1.3.2. <i>Definição do contrato futuro e características</i>	21
1.3.3. <i>Contrato futuro: exemplo prático no caso do milho</i>	22
1.3.3.1. <i>Exemplo prático de especificações</i>	22
1.3.3.2. <i>Exemplo prático de margem de garantia e ajuste diário</i>	24
1.3.4. <i>Contrato futuro e risco de base</i>	26
1.4. CONTRATO DE OPÇÃO.....	28
1.4.1. <i>Apresentação do contrato de opção</i>	28
1.4.2. <i>Definição do contrato de opção e características</i>	28
1.4.3. <i>Negociação do prêmio no contrato de opção</i>	30
1.4.4. <i>Contrato de opção e exemplo do produtor e da indústria</i>	31
1.5. CONTRATO DE SWAP: APRESENTAÇÃO, DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS	32
1.6. CONCEITO DE <i>HEDGE</i>	32
1.7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE EFETIVIDADE DE <i>HEDGE</i>	33

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE DE RAZÃO ÓTIMA E EFETIVIDADE DE <i>HEDGE</i> PARA O MERCADO DE MILHO NO BRASIL	38
2.1. PRODUÇÃO DE MILHO NO BRASIL	38
2.2. DADOS	41
2.3. METODOLOGIA	45
2.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	46
2.4.1. <i>Período completo: janeiro de 2004 a setembro de 2021</i>	46
2.4.2. <i>Primeiro subperíodo: janeiro de 2004 a dezembro de 2011</i>	48
2.4.3. <i>Segundo subperíodo: janeiro de 2012 a setembro de 2021</i>	49
2.4.4. <i>Janela móvel de cinco anos</i>	50
CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS	61

INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária tem uma característica única que a diferencia dos setores industrial e de serviço: a forte dependência da natureza. Tal especificidade faz com que o seu processo de produção seja rígido e sazonal, além de ter seu resultado diretamente condicionado pelo clima e por outros processos biológicos. Por conta desses fatores que fogem do controle humano, Buainain e Silveira (2017, p. 23) dizem que “a agricultura é uma ilha em um mar de riscos”.

Dentre todos os riscos envolvidos na agropecuária, um em especial se destaca. O risco de preço (ou de mercado) refere-se à possibilidade de variações inesperadas no resultado financeiro devido a flutuações nos preços dos ativos que o agente negocia. Dadas as características de produção rígida e sazonal, produtos homogêneos, grande número de produtores e consumidores e fácil mobilidade de recursos, o mercado agropecuário tem seus preços determinados pelas forças de oferta e demanda de modo imprevisível e oscilatório, podendo comprometer o negócio de diversas atividades do setor primário a depender da direção que os preços tomarem (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, cap. 7; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, cap. 7).

Ações e estratégias com o intuito de mitigar o risco de mercado e dar alguma previsibilidade ao futuro ocorreram algumas vezes durante a milenar história da humanidade. Uma das mais importantes dessas ações aconteceu em 1848 com o surgimento da *Chicago Board of Trade* (CBOT) nos Estados Unidos (CME GROUP, 2019, p. 4-5). De modo a garantir um adequado nível de preço aos produtores rurais e assegurar a disponibilidade de produtos primários aos consumidores, a CBOT ficou marcada como a principal bolsa onde foram negociadas compra e venda de contratos derivados de produtos agrícolas. Essa bolsa – que, após alguns eventos, atende hoje pelo nome de *Chicago Mercantile Exchange* (CME) – continua como um dos mais importantes espaços de negociação de derivativos do planeta e é uma referência dos preços de *commodities* agrícolas para todo o mundo.

Derivativos são contratos cujo valor deriva de ativos subjacentes, como produtos agropecuários, moedas, taxas de juros, índices de mercado, ações de empresas, títulos de dívida, entre outros (ARAUJO, 2017, cap. 3; BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, cap. 7; CME GROUP, 2019, cap. 1-4; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, cap. 12). Em geral, os derivativos consistem em contratos cujos preços derivam de seu ativo-objeto e pelos quais se estabelece um acordo presente com liquidação futura. As suas funções são mitigar o risco de mercado no decorrer do tempo, dar previsibilidade aos agentes econômicos em seus planejamentos

financeiros e proporcionar oportunidades de operações de médio e longo prazos. São quatro os principais tipos de derivativos: contrato a termo, contrato futuro, contrato de opção e contrato de *swap*.

De acordo com os dados da *Futures Industry Association* (2021), o uso dos contratos de derivativos já é bem amplo e está com folga na casa dos bilhões de negociações. O volume total negociado de futuros e opções foi de mais de 5,5 bilhões de contratos somente em março de 2021; desse valor, o volume negociado apenas de derivativos agropecuários ficou acima dos 290 milhões de contratos nesse único mês.

As quatro ferramentas de derivativos – contrato a termo, contrato futuro, contrato de opção e contrato de *swap* – permitem que o agente econômico faça o gerenciamento de risco de preço mediante uma operação chamada *hedge* (ARAÚJO, 2017, cap. 3-8; BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, cap. 7; CME GROUP, 2019, cap. 2-3, 5-6; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, cap. 12). Focando particularmente no uso de contratos futuros, a operação de *hedge* consiste em assumir, no mercado de derivativos, uma posição de compra ou venda oposta à posição do mercado físico. Ou seja, se o agente estiver com uma posição comprada em *commodity* no mercado físico (isto é, se possui o ativo no presente para vendê-lo no futuro), ele venderá contrato futuro; e, por outro lado, se estiver vendido no físico (não possui o ativo e precisará comprar no futuro), ele comprará contratos no mercado futuro. No primeiro caso, diz-se que o agente está comprado no físico pois o seu risco é uma queda de preços, por isso ele faz uma operação de *hedge* de venda. Analogamente, no segundo caso, diz-se que está vendido no físico uma vez que o risco do agente é uma subida nos preços; para gerir tal risco, realiza-se o *hedge* de compra (SILVEIRA, 2002, p. 28). Desse modo, uma perda no mercado físico é compensada por um ganho no mercado financeiro, e vice-versa. O *hedge* também pode ser feito com compra de contrato de opções – opção de compra para os compradores de *commodities* e opção de venda para os vendedores.

Existem diversos estudos para estimar e verificar a razão ótima e a efetividade das operações de *hedge* nos mercados agropecuários. Ferreira Filho e Silveira (2003) voltaram sua análise para o *hedge* de boi gordo e o *cross hedge* de bezerro, utilizando o mercado futuro da então Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F), hoje chamada B3 – Brasil, Bolsa, Balcão. Aguiar e Martins (2004) examinaram diversos vencimentos do contrato de soja na CME e a sua efetividade de *hedge* para os agentes do mercado brasileiro. Raabe, Shikida e Staduto (2006) debruçaram-se sobre os mercados futuros de açúcar na BM&F, na bolsa de Nova Iorque e na de Londres, e sua relação com o mercado físico brasileiro e, para isso, utilizaram a metodologia de efetividade de *hedge* para cada um desses mercados. Cruz Júnior, Saes e Silveira (2012)

estimaram a efetividade de *hedge* no mercado de café e analisaram como o uso de contratos futuros se relaciona com a gestão de risco de mercado feita pelos cafeicultores brasileiros. Por fim, há também estudos sobre a razão ótima do *hedge* e a sua efetividade para o mercado de milho no Brasil, baseando-se no mercado futuro da BM&F. Figueiredo, Machado e Neto (2009) fizeram esse estudo para a cultura do milho no estado de Goiás, enquanto Braga, Coelho e Tonin (2009) aplicaram tal análise para a região de Maringá (PR).

Entre os estudos citados acima, não se observam análises que explorem a efetividade do *hedge* para o estágio atual da safra de milho no Brasil, considerando tanto a safra de verão quanto a de inverno. O milho “safrinha”, como era chamada a safra de inverno, adquiriu importância com o passar dos anos e representa atualmente a maior oferta de milho no país, tendo superado a produção da safra de verão desde o calendário 2011/2012 (MATTOS e SILVEIRA, 2018).

Considerando a importância crescente das safras dessa cultura, o presente trabalho tem o objetivo de analisar a efetividade de *hedge* para o mercado de milho com contratos futuros das bolsas de São Paulo (B3) e de Chicago (CME). De forma complementar, também serão revisados alguns conceitos-chave sobre o agronegócio e os instrumentos de derivativos, a fim de fornecer uma visão global sobre o assunto.

De forma a atingir tais objetivos, este trabalho está dividido em dois capítulos, além desta introdução e da conclusão. No Capítulo 1, serão apresentados os conceitos, as funções e a mecânica operacional dos contratos de derivativos, além de realizar-se uma revisão de literatura acerca da razão ótima e da efetividade do *hedge* no mercado futuro agropecuário. Na sequência, no Capítulo 2, um breve comentário sobre o mercado de milho será feito, e a metodologia do estudo será descrita, sendo seguida pela análise dos resultados.

CAPÍTULO 1 – DERIVATIVOS NO AGRONEGÓCIO

O objetivo deste capítulo é apresentar os principais instrumentos de derivativos negociados nos mercados futuros, abordando-os a partir da perspectiva de gerenciamento de riscos no agronegócio. Para tanto, ele se encontra dividido em sete seções. A primeira faz uma breve recapitulação da função econômica dos contratos de derivativos durante a história humana. As quatro seções subsequentes abordam separadamente as quatro principais ferramentas de derivativos, a saber: contrato a termo, contrato futuro, contrato de opção e contrato de *swap*. A sexta seção discorre sobre o conceito de *hedge* e, por último, a sétima faz uma revisão dos estudos de efetividade de *hedge* existentes na bibliografia do tema.

1.1. Introdução aos derivativos

A utilização de contratos de derivativos – isto é, contratos cujo valor deriva de ativos-objeto – como instrumentos de gerenciamento de riscos financeiros pode ser erroneamente imaginada como algo recente das últimas décadas. Na verdade, porém, a história de derivativos remete a séculos de existência (MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 303).

Já na Antiguidade, tanto na Grécia quanto em Roma, havia a prática de contratos para entrega futura em mercados com um certo grau de formalização (MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 303). Na Idade Média europeia, embora a comercialização ampla tenha sido reduzida a majoritariamente mercados locais com negócios à vista, também restava alguma “prática de contratar a compra de mercadorias para entrega futura, com padrões de qualidade estabelecidos com amostras” (MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 304).

No entanto, é principalmente com o advento do mercantilismo e o posterior desenvolvimento do capitalismo que a prática de negociar em mercado futuro ganha formalização e aderência generalizada. Bolsas de troca são criadas em boa parte do planeta, como Europa, Japão e Estados Unidos – sendo a mais emblemática delas a constituição da *Chicago Board of Trade* em 1848 (CME GROUP, 2019, p. 4-5; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 304).

Do século XIX para cá, os mercados futuros tornaram-se mais complexos, com o desenvolvimento de instrumentos mais sofisticados e um volume de negociação crescente. Os participantes dos mercados vêm aumentando e podem ser classificados em dois grandes grupos: os *hedgers*, participantes que detém o ativo-objeto e utilizam os instrumentos de derivativos como ferramentas de proteção, e os especuladores, agentes que não possuem o ativo-objeto e

veem nos mercados futuros uma oportunidade de lucro (ARAÚJO, 2017, p. 85-86; CME GROUP, 2019, p. 6).

Com efeito, “atualmente, as bolsas de mercadorias e futuros são financeiras e, nelas, a capacidade de comprar ou vender a própria mercadoria é secundária em relação à proteção contra riscos financeiros oriundos da volatilidade dos preços dos produtos agropecuários” (MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 304).

1.2. Contrato a termo

1.2.1. Apresentação do contrato a termo

Imaginemos um cenário em que um produtor rural está plantando hoje sua safra de milho para colhê-la em quatro meses. A partir dos seus custos e da margem de lucro desejada, o produtor rural tem uma estimativa do preço ideal de venda que, nesta ilustração, é equivalente ao preço do milho no mês atual do plantio – por exemplo, R\$ 100,00 por saca. Seu maior risco, portanto, é o preço do milho cair abaixo desse nível ideal ao final dos quatro meses, quando a safra será colhida e estará disponível para venda.

Por outro lado, suponhamos também uma pequena indústria que utiliza o milho como insumo para a fabricação de ração animal. O preço do milho hoje – R\$ 100,00 por saca – está dentro do orçamento de custos planejado pela indústria, porém, devido à demanda sazonal de seus clientes, ela só precisará do milho daqui a quatro meses e não existe a possibilidade de comprar o grão no presente mês para armazená-lo durante esse período de tempo. Seu maior risco é o preço do milho subir acima do nível planejado de R\$ 100,00 por saca ao final dos quatro meses.

Caso o produtor e a indústria se conheçam, eles podem muito bem eliminar seu risco de preço futuro através de uma negociação no presente. Um acordo entre as duas partes pode ser selado hoje, com o produtor se comprometendo a entregar, em quatro meses, a quantidade de milho desejada pela indústria (por exemplo, 20 mil sacas de 60 quilogramas cada), e esta honrando, por sua vez, o compromisso de pagar ao produtor, também em quatro meses, o preço do milho em vigor no mercado atual – R\$ 100,00 por saca. O pagamento e a entrega do produto serão realizados no futuro, mas o preço e as especificações da entrega são determinados no presente. Dessa forma, ambas as partes têm seus objetivos financeiros atingidos, sem precisar correr o risco da oscilação de preço do produto nos quatro meses futuros.

Transcorrido esse período de tempo, a data de vencimento do contrato firmado chegará e a liquidação será feita. Na expiração, o produtor entregará as 20 mil sacas de milho para a

indústria no local especificado no contrato, e esta, por sua vez, pagará o total de R\$ 2.000.000 ao produtor rural (20.000 sacas x R\$ 100,00 por saca). Independentemente de qual for o preço do milho no dia da expiração do acordo – seja R\$ 110,00 por saca, um preço que teria sido melhor para a venda do produtor, seja R\$ 80,00 por saca, um preço que teria sido melhor para a compra da indústria –, invariavelmente a indústria pagará dois milhões de reais ao produtor, honrando o preço de R\$ 100,00 por saca firmado no início do contrato e a quantidade de 20 mil sacas entregue. Os possíveis cenários de preços podem ser vistos na TAB. 1 a seguir.

Tabela 1 – Valor final da negociação do milho com contrato a termo

Preço do milho no vencimento (R\$/saca)	Sacas de milho entregues (sacas)	Preço de entrada no contrato (R\$/saca)	Valor final da negociação (R\$)
80,00	20.000	100,00	2.000.000,00
100,00	20.000	100,00	2.000.000,00
110,00	20.000	100,00	2.000.000,00

Dados hipotéticos. Elaboração própria.

1.2.2. Definição do contrato a termo e características

O acordo hipotético firmado entre o produtor e a indústria é o que se chama contrato a termo: um acordo bilateral entre uma parte compradora e uma contraparte vendedora que determina, no presente, as condições da entrega futura de um ativo-objeto, incluindo seu preço (ARAUJO, 2017, p. 79-80; BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 86-87). O contrato a termo é liquidado geralmente apenas no dia do seu vencimento (ARAUJO, 2017, p. 79; BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 86).

Negociado de forma bilateral, o contrato possui especificações particulares de data de expiração, local de entrega, quantidade e qualidade do produto, que refletem as situações específicas das duas partes envolvidas. Dada essa característica de ser um contrato customizado, ele é negociado, em geral, em mercados de balcão (*over-the-counter*), isto é, espaços de negociação com registros de transação mais flexíveis e com produtos que não estão necessariamente listados publicamente em bolsas de mercadorias (ARAUJO, 2017, p. 79).

Também devido a essa característica de falta de padronização, o contrato apresenta duas deficiências principais: i) problema de liquidez, o que dificulta o repasse do contrato a um terceiro e a consequente reversão da posição antes do vencimento; e ii) risco de crédito, que se

faz presente pela possibilidade de a contraparte não honrar os deveres assumidos no contrato (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 88).

1.3. Contrato futuro

1.3.1. Apresentação do contrato futuro

O contrato futuro é uma evolução lógica do derivativo anterior (MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 303).

Se, por um lado, o contrato a termo não tem padronização alguma tornando-o pouco líquido, ou seja, não é possível repassá-lo com facilidade para outro agente de modo a reverter a posição antes do vencimento (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 88), por outro lado, são numerosos os compradores e vendedores no mercado que desejam utilizar esses mecanismos para gerir seu risco de preço – além, é claro, dos incontáveis agentes que gostariam de negociar tais contratos com vistas à especulação (CME GROUP, 2019, cap. 1). Portanto, muito útil seria o desenvolvimento de contratos futuros padronizados, que servissem de referência a todos os agentes citados e fossem negociados em um mercado central (uma bolsa de mercadorias), a fim de concentrar as ofertas e demandas em um único lugar e tornar, assim, as negociações de derivativos mais líquidas e com menos risco de crédito para todos os agentes (CME GROUP, 2019, cap. 1).

Retornando ao exemplo: em vez de o produtor e a indústria terem de se reunir para negociar as condições do contrato a termo, o que implica problema de liquidez e risco de crédito (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 88), eles podem alternativamente ir a uma bolsa de mercadorias e vender, no caso do produtor, os contratos futuros de milho com vencimento para quatro meses no preço de mercado planejado e, no caso da indústria, comprar a quantidade de contratos futuros correspondente às suas necessidades, para o mesmo vencimento. Como o volume de negociações costuma ser expressivo nos mercados futuros em bolsas de mercadorias¹, o produtor e a indústria encontrariam rapidamente uma contraparte para firmar os seus contratos e, igualmente, poderiam se desfazer com facilidade de sua posição ao transferi-los para terceiros. A própria bolsa de mercadorias fornece o sistema eletrônico em que compradores e vendedores, anônimos uns aos outros, se encontram e firmam negócio (ARAUJO, 2017, p. 81; CME GROUP, 2019, p. 5).

¹ A quantidade de contratos futuros negociados globalmente apenas em março de 2021 foi de 2,95 bilhões; desse total, o volume de futuros agropecuários negociados foi de mais de 276 milhões de contratos (*FUTURES INDUSTRY ASSOCIATION*, 2021).

1.3.2. Definição de contrato futuro e características

O contrato futuro, então, trata-se de um derivativo negociado em bolsas de mercadorias com especificações padronizadas: data de vencimento, local de entrega, quantidade e qualidade do ativo-objeto; sua única condição não-padronizada é o preço, que varia de acordo com as ofertas de compra e de venda no mercado (CME GROUP, 2019, p. 5; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 306-307).

Ao ter negociação em bolsa, uma câmara de compensação é a garantidora da integridade da transação, gerindo o risco de crédito da operação (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 88; CME GROUP, 2019, p. 6-7). Com o mesmo intuito, o contrato futuro apresenta a necessidade de uma margem de garantia inicial (similar a um depósito caução, com valores definidos pela bolsa de mercadoria) e um mecanismo de ajuste diário, ou seja, diariamente todos os agentes de mercado pagam ou recebem a diferença entre o preço de entrada no contrato e o preço de fechamento do mercado no dia, o que contribui para reduzir o risco de crédito nas transações, mas gera um problema para o fluxo de caixa dos agentes (ARAUJO, 2017, p. 82; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 311).

Como se trata de um contrato padronizado, é possível realizar a sua liquidação antes do dia de expiração, repassando o contrato ao assumir a posição oposta à que foi assumida de início: caso a indústria, por exemplo, tenha inicialmente comprado contratos futuros de milho, basta ela vender a mesma quantidade de contratos para encerrar sua posição antes do dia de vencimento, sendo o seu resultado final a soma de ajustes diários pagos ou recebidos durante o período em que a posição permaneceu aberta (CME GROUP, 2019, p. 5; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 312).

Em verdade, há três formas de liquidar um contrato futuro: i) por entrega física, a partir do recebimento do produto pelo comprador entregue pelo vendedor, respeitando as especificações-padrões de entrega pré-estabelecidas; ii) financeiramente, através do ajuste financeiro entre o preço de entrada no contrato e o preço de referência no seu dia de vencimento, sendo utilizado, para isso, um indicador pré-definido de preço do mercado à vista do produto; e iii) por reversão da posição, a partir de uma operação oposta à que foi feita de início, tal como exemplificado no parágrafo anterior (MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 316-317). Segundo o CME Group (2019, p. 5), desconsiderando os contratos encerrados financeiramente, a liquidação por entrega física representa apenas 2% dos contratos futuros, enquanto a reversão da posição é a forma de encerramento mais utilizada pelos agentes (98%).

1.3.3. Contrato futuro: exemplo prático no caso do milho

Para ilustrar a negociação de um contrato futuro, esta subseção analisará as especificações padronizadas do milho na B3 – Brasil, Bolsa e Balcão² e na CME – *Chicago Mercantile Exchange*³, utilizando o exemplo do produtor de milho como demonstração do funcionamento do mecanismo de ajuste diário para o contrato futuro na B3.

1.3.3.1. Exemplo prático de especificações

O contrato futuro de milho na B3 diz respeito a um tamanho de 450 sacas, cada qual com 60 quilogramas líquidos. A qualidade do ativo-objeto é descrita como:

Milho em grão a granel, amarelo, de odor e aspectos normais, em bom estado de conservação, livre de bagas de mamona, bem como de outras sementes prejudiciais, e de insetos vivos, duro ou semiduro, proveniente da última safra e de produção brasileira, em condições adequadas de comercialização e próprio para consumo animal; e com (a) até 14% de umidade; (b) máximo de 1% de impurezas na peneira de 3mm; (c) máximo de 6% de grãos ardidos ou brotados e livres de grãos mofados; (d) máximo de 12% de grãos quebrados, partidos ou chochos. (BM&FBOVESPA, 2008)

Existem sete meses de vencimento para o contrato futuro de milho na B3, conforme mostra a TAB. 2.

Tabela 2 – Meses de vencimento e códigos do contrato futuro de milho na B3

Mês de vencimento do contrato	Código do contrato
Janeiro	CCMF
Março	CCMH
Maio	CCMK
Julho	CCMN
Agosto	CCMQ
Setembro	CCMU
Novembro	CCMX

Fonte: BM&FBOVESPA (2008). Elaboração própria.

² A referência utilizada para a análise do milho B3 é o próprio contrato futuro estabelecido pela bolsa (BM&FBOVESPA, 2008).

³ A referência utilizada para a análise do milho CME é o próprio capítulo do livro de regras da bolsa referente ao contrato futuro de milho (CBOT, 2000).

O dia de vencimento do contrato é o 15º dia do mês de referência e, caso não haja sessão de negociação nesse dia, a data de vencimento fica para o próximo dia útil em que houver sessão. A liquidação do contrato é unicamente financeira, a partir do Indicador de Preço Disponível do Milho BM&FBOVESPA, para a região de Campinas (SP).

O código de negociação do contrato é composto pela referência da *commodity* (CCM), do mês de vencimento (a letra após o CCM, listada na tabela anterior) e do ano de vencimento (últimos dois números do ano de referência). O código de negociação para o contrato futuro de milho com vencimento em setembro de 2022 é, portanto, CCMU22.

Cabe apontar ainda que a cotação do contrato futuro de milho na B3 é dada em reais por saca (com duas casas decimais e variação mínima de R\$ 0,01 por saca). A sessão de negociação na B3, pelo horário de Brasília, é das 9h00 até as 16h20, com a possibilidade de negociação *after-hours* (contabilizado como pregão do dia seguinte) das 17h05 às 18h00⁴.

O contrato futuro de milho na CME, por sua vez, diz respeito a 5.000 *bushels*⁵ e leva em consideração três possíveis qualidades de milho, definidas pela Secretaria de Agricultura dos Estados Unidos⁶.

Os futuros de milho na CME apresentam cinco meses de vencimento, conforme aponta a TAB. 3.

Tabela 3 – Meses de vencimento e códigos do contrato futuro de milho na CME

Mês de vencimento do contrato	Código do contrato
Março	CH
Maio	CK
Julho	CN
Setembro	CU
Dezembro	CZ

Fonte: CBOT (2000). Elaboração própria.

⁴ Horário da sessão de negociação disponível em: <http://www.b3.com.br/pt_br/solucoes/plataformas/puma-trading-system/para-participantes-e-traders/horario-de-negociacao/derivativos/commodities/>. Acesso em 16 de mai. de 2021.

⁵ O *bushel* é uma unidade de volume atualmente definido em 2.150,42 polegadas cúbicas. Por conta das diferentes densidades de cada *commodity*, a massa relativa a um *bushel* difere entre elas. Uma saca de 60 kg de milho equivale a 2,3621 *bushels*. Uma saca de 60 kg de soja ou trigo equivale a 2,2046 *bushels* (ARAUJO, 2017, p. 46-47).

⁶ Disponível em <<https://www.ams.usda.gov/grades-standards/corn-standards>>. Acesso em: 16 de mai. de 2021.

A última sessão de negociação do contrato é o dia útil anterior ao 15º dia do mês de referência de vencimento. A liquidação do contrato é feita por entrega física, com as especificações determinadas no contrato da CME.

Na maior parte das plataformas de cotações de mercados futuros, o código de negociação do contrato de milho CME é composto pela referência da *commodity* (C), do mês de vencimento (a letra após o C, listada na tabela anterior) e do ano de vencimento (último número do ano). O código de negociação para o contrato futuro de milho com vencimento em dezembro de 2023 é, portanto, CZ3.

A cotação do contrato futuro de milho na CME é dada em centavos de dólar por *bushel*⁷ (com duas casas decimais e variação mínima de 0,25 centavos de dólar por *bushel*). O pregão, pelo horário de Chicago – *Central Standard Time* –, é das 19h00 às 7h45 (sessão noturna) e das 8h30 às 13h20 (sessão diurna)⁸.

1.3.3.2. Exemplo prático de margem de garantia e ajuste diário

Em entrevista a cafeicultores brasileiros, Cruz Júnior, Saes e Silveira (2012, p. 404-405) registraram que o depósito elevado de margem de garantia e o pagamento de ajuste diário eram dois dos principais fatores apontados pelos produtores que os levavam a não utilizar contratos futuros, apesar de conhecerem tais instrumentos e as suas vantagens. Por isso, como forma de esclarecer o propósito da existência desses dois elementos, torna-se necessário entender mais a fundo o funcionamento deles.

A margem de garantia é um depósito feito pelos participantes do mercado que permanece sob custódia da bolsa a fim de garantir o cumprimento do contrato futuro e, ao mesmo tempo, demonstra a boa-fé do agente negociador em honrar as obrigações do contrato; caso o contrato seja liquidado de maneira fidedigna, o recurso inicialmente depositado retorna integralmente ao agente negociador (ARAUJO, 2017, p. 82). O valor da margem de garantia do contrato futuro de milho B3 é “atualizado diariamente pela Bolsa, de acordo com os critérios de apuração de margem para contratos futuros” (BM&FBOVESPA, 2008, p. 2). Elementos como

⁷ Para transformar a cotação do milho de Chicago para R\$/saca: Cotação R\$/saca = Cotação US\$/bu x taxa de câmbio R\$/US\$ referente ao dia de vencimento do contrato futuro x fator de conversão 2,3621. Para transformar a cotação da soja ou do trigo de Chicago: Cotação R\$/saca = Cotação US\$/bu x taxa de câmbio R\$/US\$ referente ao dia de vencimento do contrato futuro x fator de conversão 2,2046 (ARAUJO, 2017, p. 66-71).

⁸ Horário da sessão de negociação disponível em: <https://www.cmegroup.com/trading/agricultural/grain-and-oilseed/corn_contract_specifications.html>. Acesso em 16 de mai. de 2021.

fundamentos de mercado e exigências particulares de cada corretora podem alterar o valor requerido em diferentes situações⁹.

O ajuste diário, por sua vez, busca realizar diariamente os resultados das posições em contratos futuros e, no caso do milho B3, é calculado até o encerramento da posição em aberto de acordo com as seguintes fórmulas:

- a) Posições realizadas no dia

$$AD_t = (PA_t - PO) \times 450 \times n \quad (1)$$

- b) Posições em aberto no dia anterior

$$AD_t = (PA_t - PA_{t-1}) \times 450 \times n \quad (2)$$

Em que AD_t é o valor do ajuste diário em t , PA_t é o preço de ajuste em t , PA_{t-1} é o preço de ajuste do dia útil anterior a t , PO é o preço de entrada na operação e n é o número de contratos. Se AD_t for positivo, o valor será creditado aos compradores do contrato e debitado dos vendedores; e se AD_t for negativo, será debitado dos compradores e creditado aos vendedores (BM&FBOVESPA, 2008, p. 2).

A partir de um cenário em que o produtor de milho vendesse 44 contratos futuros na B3 – referentes a 19.800 sacas – a fim de fixar um preço de venda para parte de sua produção, o mecanismo de ajuste diário aconteceria como explicitado na TAB. 4, considerando os cinco primeiros dias da operação e um preço de entrada de R\$ 100,00 por saca.

9 A B3 indica o valor de margem teórica máxima de um instrumento através do seguinte *link*: <http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/compensacao-e-liquidacao/clearing/administracao-de-riscos/modelo-de-risco/margem-teorica-maxima/>. Acesso em 26 de jun. de 2021. Os valores da margem de garantia do contrato futuro de milho CME, por sua vez, podem ser consultados em: <<https://www.cmegroup.com/markets/agriculture/oilseeds/corn.margins.html>>. Acesso em 26 de jun. de 2021.

Tabela 4 – Ajuste diário e valor da posição nos cinco primeiros dias da operação

Dia	PO / PA_{t-1} (R\$/saca)	PA_t (R\$/saca)	n	Valor da posição* em t (R\$)	Valor de ajuste em t (R\$)	Valor da posição* com ajustes (R\$)
1	100,00	102,00	44	2.019.600,00	-39.600,00	1.980.000,00
2	102,00	105,00	44	2.079.000,00	-59.400,00	1.980.000,00
3	105,00	101,00	44	1.999.800,00	+79.200,00	1.980.000,00
4	101,00	99,50	44	1.970.100,00	+29.700,00	1.980.000,00
5	99,50	95,00	44	1.881.000,00	+89.100,00	1.980.000,00

Fonte: Dados hipotéticos. Elaboração própria.

Nota:

* O valor da posição em t é calculado pela multiplicação entre o preço PA_t e a quantidade de sacas da posição; já o valor com ajustes foi calculado a partir do valor da posição em t mais o somatório dos ajustes diários até t .

Vale ressaltar que o pagamento e o recebimento dos ajustes diários farão com que o valor da posição do agente, ao final de cada dia, seja igual ao valor da posição considerando o preço de entrada na operação: R\$ 100,00 por saca x 19.800 sacas = R\$ 1.980.000,00.

1.3.4. Contrato futuro e risco de base

Apesar de os preços das bolsas de mercadorias servirem de referência para todos os agentes que negociam aqueles produtos, é muito raro que os preços no mercado físico sejam idênticos aos da bolsa. Primeiramente, cada localidade produtora de uma *commodity* tem a sua própria realidade de oferta e demanda, o que condiciona o preço naquela praça; e em segundo lugar, a cotação da bolsa não consegue levar em consideração elementos decisivos para determinar o preço local, como taxa de câmbio, taxa de juro, frete, armazenagem, manuseio e diferentes qualidades do produto (ARAÚJO, 2017, cap. 9; SILVEIRA, 2002, p. 29-31). Essa diferença entre o preço no mercado local e o preço no mercado futuro de bolsa é conhecida como base (CME GROUP, 2019, p. 11). A fórmula para ela pode ser escrita da seguinte maneira, em que b_t é a base no instante t , p_t é o preço físico da praça em t e f_t é o preço futuro na bolsa de referência em t :

$$b_t = p_t - f_t \quad (3)$$

Pode-se dizer, portanto, que a base é uma medida da relação entre o mercado físico e o mercado futuro (isto é, um valor que mostra se há ágio ou deságio do primeiro sobre o segundo) e, conseqüentemente, está sujeita a variações no decorrer do tempo, a partir das mudanças nas condições locais e globais de oferta e demanda (ARAÚJO, 2017, cap. 9). Por conta disso, é extremamente importante que os agentes interessados fiquem atentos ao comportamento histórico da base e às projeções futuras, já que esta é um risco residual do gerenciamento de preço que não pode ser totalmente eliminado (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 90).

De acordo com Hull (1996) e Silveira (2002), o risco de base pode ser demonstrado pelos seguintes passos. Imaginando uma operação de *hedge* iniciada em t_1 e encerrada em t_2 , pode-se estabelecer:

$$b_1 = p_1 - f_1 \quad (4)$$

$$b_2 = p_2 - f_2 \quad (5)$$

Em que b_1 e b_2 são as bases, p_1 e p_2 os preços no mercado físico e f_1 e f_2 os preços no mercado futuro, nos instantes respectivos t_1 e t_2 .

O preço final do agente (P) será determinado pelo preço efetivamente recebido ou pago no mercado físico em t_2 (p_2) mais o lucro ou o prejuízo da operação financeira realizada no mercado futuro ($f_1 - f_2$). Portanto:

$$P = p_2 + f_1 - f_2 \quad (6)$$

Ao substituir a equação (5) em (6), tem-se:

$$P = f_1 + b_2 \quad (7)$$

Desse modo, nota-se que o preço futuro em t_1 (f_1) é conhecido, mas não o comportamento da base até t_2 (b_2). Assim, o risco associado à b_2 demonstra a existência do risco de base nas operações de *hedge* que não pode ser totalmente eliminado da gestão de risco de preço agropecuário.

Quando o valor da base passa a ser mais positivo ao longo do tempo (diz-se fortalecimento da base), há uma situação favorável para o vendedor local e desvantajosa para o comprador, pois o preço no mercado à vista fica mais caro comparado ao preço da bolsa (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 89; CME GROUP, 2019, p. 11-12). Por outro lado, quando o valor da base

entra em um caminho de queda (enfraquecimento da base), o cenário favorece o comprador local em detrimento do vendedor, uma vez que o preço no mercado físico se torna mais barato em relação ao mercado futuro (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 89-90; CME GROUP, 2019, p. 12-13).

1.4. Contrato de opção

1.4.1. Apresentação do contrato de opção

Tanto no contrato a termo quanto no contrato futuro, existem ajustes financeiros – seja no vencimento, seja diariamente – devidos à diferença entre o preço inicial firmado no contrato e o preço de mercado no final do período (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 86; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 311). Esses ajustes fazem com que os níveis finais de compra ou de venda sempre resultem no preço de entrada no contrato, qualquer que seja a oscilação do mercado no decorrer do tempo. Os contratos a termo e futuro, em consequência, representam uma obrigação fixada no preço de entrada no contrato – obrigação de compra, no caso do comprador do contrato, e de venda, no caso do vendedor. Visto sob outro ângulo, eles protegem o agente caso a oscilação de preço do ativo-objeto tome uma direção adversa, mas não permitem que ele aproveite a situação caso o preço oscile em uma direção que lhe seja favorável (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 90).

O contrato de opção surge para superar tais limitações apresentadas pelos contratos a termo e futuro. Esse derivativo protege o agente em caso de oscilação adversa do preço de mercado e, ao mesmo tempo, permite que ele se aproveite caso o preço final tenha oscilado favoravelmente (MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 317). Nesse sentido, como forma de ilustração didática, podemos dizer que o contrato de opção é um seguro de preço, com funcionamento similar, por exemplo, a um seguro de carro: se a situação não apresenta problemas, o seguro não é exercido e o agente desfruta da situação favorável; se, no entanto, a situação fica adversa, o seguro é exercido de modo a proteger o agente do sinistro. E, do mesmo modo que um seguro de carro, o seguro de preço também apresenta um custo, que é o prêmio do contrato.

1.4.2. Definição do contrato de opção e características

O contrato de opção pode ser definido como o direito, e não a obrigação, de comprar ou vender o ativo-objeto a um preço pré-determinado, que é o nível de exercício – *strike* (ARAÚJO, 2017, p. 97; CME GROUP, 2019, p. 24; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p.

317). Embora possam ser tratados também em mercado de balcão, os contratos de opção são normalmente negociados em bolsas de mercadorias e apresentam dois formatos: *call* (seguro contra alta dos preços ou opção de compra) e *put* (seguro contra baixa dos preços ou opção de venda).

O seguro contra alta (opção de compra, também denominada de *call*) tem como objetivo proteger os compradores do ativo-objeto de uma eventual subida de preço, ao mesmo tempo em que lhes permite aproveitar uma possível queda de preço (CME GROUP, 2019, cap. 4; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 319). A *call* tem um preço de exercício (*strike*) que é o preço máximo que o comprador pagará pelo ativo-objeto caso o mercado esteja acima desse nível; por outro lado, se o preço de mercado estiver abaixo do *strike*, a opção não é exercida e o comprador poderá pagar pelo ativo-objeto o próprio preço de mercado – ou seja, poderá comprar mais barato (CME GROUP, 2019, cap. 4; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 319).

Já o seguro contra baixa (opção de venda *put*) visa a proteger os vendedores do ativo-objeto de uma queda de preço indesejável, enquanto lhes preserva a possibilidade de aproveitar uma situação de eventual alta de preço (CME GROUP, 2019, cap. 4; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 317-318). O nível de exercício determina o preço mínimo pelo qual o agente realizará a venda do ativo-objeto caso o preço de mercado esteja abaixo desse nível; analogamente, o agente não terá a opção exercida e poderá vender ao preço de mercado caso este esteja acima do *strike* – portanto, poderá vender mais caro (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 90-91; CME GROUP, 2019, cap. 4; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 317-318).

Vale apontar que os contratos de opção – sejam *call*, sejam *put* – apresentam duas modalidades principais acerca do modo de exercício do contrato: quando o direito de compra ou de venda pode ser exercido somente no dia de vencimento, a opção é conhecida como europeia; e quando o direito pode ser exercido em qualquer momento desde o início do contrato até a sua data de expiração, a opção é conhecida como americana (ARAUJO, 2017, p. 98; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 317).

No momento em que o agente decide exercer sua opção, se assim for possível, há dois modos de liquidação do contrato: i) recebimento do próprio ativo-objeto referenciado pelo preço à vista, conhecida como opção sobre disponível; e ii) recebimento de contratos futuros comprados ou vendidos no nível de *strike*, conhecida como opção sobre futuros e mais largamente utilizado nos mercados futuros agropecuários (ARAUJO, 2017, p. 97; CME GROUP, 2019, p. 25).

1.4.3. Negociação do prêmio no contrato de opção

É importante ressaltar que *call* e *put* são contratos de opção diferentes um do outro e não guardam relação alguma entre si (CME GROUP, 2019, p. 24-25). Existem compradores e vendedores do seguro contra alta (opção de compra *call*), assim como existem compradores e vendedores do seguro contra baixa (opção de venda *put*). Os compradores e vendedores de contrato de opção não negociam propriamente o preço do ativo-objeto, como é feito nos contratos a termo e futuro; eles negociam, na verdade, o prêmio da opção (CME GROUP, 2019, p. 26; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 317). Pode haver contratos de opção com os mais variados níveis de *strike*; o que difere entre cada um deles é a negociação acerca do prêmio daquele contrato¹⁰.

O comprador da opção *call* paga o prêmio ao vendedor da opção e, assim, adquire o direito de comprar o ativo-objeto ao nível de exercício, caso o preço de mercado se encontre acima dele; o vendedor da opção *call*, por outro lado, recebe o prêmio do comprador da opção e, desse modo, assume a obrigação de vender o ativo-objeto ao nível de *strike*, caso o comprador de *call* exerça seu direito de compra (ARAUJO, 2017, p. 97; CME GROUP, 2019, p. 24-26).

Por sua vez, o comprador da opção *put* paga o prêmio ao vendedor da opção, adquirindo o direito de vender o ativo-objeto ao nível de *strike*, caso o preço de mercado esteja abaixo dele; enquanto isso, o vendedor da opção *put* recebe o prêmio e contrai a obrigação de comprar o ativo-objeto ao nível de exercício, caso o comprador da opção *put* exerça seu direito de venda (ARAUJO, 2017, p. 97; CME GROUP, 2019, p. 24-26).

A posição assumida por cada agente no exercício de uma opção pode ser consultada na TAB. 5.

¹⁰ No caso de uma opção de compra (*call*), diz-se que a opção está fora do dinheiro (*out-of-the-money*) se o preço de mercado S estiver abaixo do nível de exercício *strike* K ($S < K$); está no dinheiro (*at-the-money*) se o preço de mercado estiver igual ao nível de *strike* ($S = K$); e está dentro do dinheiro (*in-the-money*) se o preço de mercado estiver acima do *strike* ($S > K$). No caso de uma opção de venda (*put*), diz-se que a opção está fora do dinheiro (*out-of-the-money*) se o preço de mercado estiver acima do nível de exercício *strike* ($S > K$); está no dinheiro (*at-the-money*) se o preço de mercado estiver igual ao nível de *strike* ($S = K$); e está dentro do dinheiro (*in-the-money*) se o preço de mercado estiver abaixo do *strike* ($S < K$). Evidentemente, o prêmio de uma opção será tanto mais caro quanto mais dentro do dinheiro a opção estiver (ARAUJO, 2017, p. 98; CME GROUP, 2019, p. 27).

Tabela 5 – Posição de exercício de opção

	Opção de compra – <i>call</i>	Opção de venda – <i>put</i>
Comprador da opção	Paga prêmio Direito de comprar	Paga prêmio Direito de vender
Vendedor da opção	Recebe prêmio Obrigação de vender	Recebe prêmio Obrigação de comprar

Fonte: CME GROUP (2019, p. 25).

1.4.4. Contrato de opção e exemplo do produtor e da indústria

Voltando ao caso hipotético do produtor de milho e da indústria de ração: no lugar de firmar um contrato a termo entre os dois ou de negociar, separadamente, contratos futuros na bolsa de mercadorias para fixar o preço de negociação, ambos os agentes poderiam utilizar alternativamente o contrato de opção para aprimorar seu gerenciamento de risco de preço.

O produtor havia estipulado o preço ideal de venda do seu milho para quatro meses à frente em R\$ 100,00 reais por saca. Na bolsa de mercadorias, existe a oferta de uma opção de venda (*put*) para quatro meses com nível de exercício em R\$ 110,00 por saca a um custo de R\$ 10,00 por saca. Depois de fazer alguns cálculos, o produtor chega à conclusão de que essa é uma ótima estratégia para o seu negócio e decide pagar o prêmio de R\$ 10,00 por saca para ter a opção de venda com nível de exercício em R\$ 110,00 por saca. O resultado final dessa operação é que o produtor garantirá, caso o preço de mercado caia, um preço mínimo de venda, em quatro meses, de R\$ 100,00 por saca (*strike* menos prêmio pago), ao mesmo tempo em que deixa aberta a possibilidade de venda a um preço maior se o preço de mercado subir nesse período. O exercício da opção de venda entregaria ao produtor um contrato futuro vendido ao preço de R\$ 110,00 por saca.

Da mesma forma, a indústria tinha planejado em seu orçamento um preço de compra de milho em R\$ 100,00 por saca para a fabricação de ração animal em quatro meses. Na bolsa de mercadorias, ela poderia adquirir uma opção de compra (*call*) para quatro meses com *strike* de R\$ 95,00 por saca e um prêmio a ser pago de R\$ 5,00 por saca. Dessa forma, caso o mercado vá acima de R\$ 100,00 por saca ao final dos quatro meses, a indústria terá garantido um preço de compra máximo nesse nível (*strike* de R\$ 95,00 por saca mais R\$ 5,00 por saca de prêmio pago) e terá deixado aberta, também, a chance de comprar o milho a um preço menor caso o preço de mercado vá para baixo durante esses meses. O exercício da opção de compra entregaria à indústria um contrato futuro comprado ao preço de R\$ 95,00 por saca.

1.5. Contrato de *swap*: apresentação, definição e características

O *swap* é um derivativo pelo qual duas partes trocam a rentabilidade de ativos financeiros por meio de um contrato. Em outras palavras, é um acordo em que as contrapartes trocam fluxos futuros de caixa com base em dois ativos (indexadores), valores de referência e prazo de vencimento pré-estabelecidos; em geral, os contratos de *swap* são customizados e negociados em mercado de balcão (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 91; NATENBERG, 2015, p. 5).

No contrato de *swap*, uma parte assume uma posição ativa (vendida) em um indexador e passiva (comprada) em outro; a contraparte assumirá as posições opostas em cada indexador. Isso significa que o agente pode vender a variação de um ativo da qual ele deseja se proteger e, em troca, compra a variação de outro ativo. Se a posição ativa for maior que a passiva, o agente obterá um ganho, na data de liquidação do contrato, pela diferença das variações dos ativos. Por outro lado, se a posição passiva for maior, o agente terá um prejuízo ao pagar à contraparte a diferença das variações dos indexadores (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 91). Desse modo, pode-se dizer que o *swap* é uma troca de riscos: troca-se o risco de variação de um ativo pelo risco de variação de outro.

Apesar de poderem ser utilizados em operações de *hedge*, Buainain e Silveira (2017, p. 91) destacam que “os *swaps* dificilmente são negociados por produtores rurais”.

1.6. Conceito de *hedge*

O *hedge*¹¹ pode ser definido como uma operação realizada com a finalidade de reduzir o risco de variações de preço de um ativo negociado (SILVEIRA, 2002, p. 27). Pode-se afirmar, de forma complementar, que o objetivo econômico do *hedge* é atingido quando se transfere o risco de preço de uma posição própria a um terceiro: nos mercados futuros, essa transferência acontece dos participantes de mercado chamados *hedgers* para os participantes conhecidos como especuladores, que cumprem a importante função de prover liquidez ao mercado e estão dispostos a assumir tal risco de preço em troca de potenciais ganhos nessas negociações (SILVEIRA, 2002, p. 28).

Existem duas categorias principais de *hedge* – de venda e de compra. O *hedge* de venda é apropriado para os agentes que possuem o ativo no presente ou possuirão no futuro para vendê-lo algum tempo depois. Nesse caso, o risco é a queda de preço do ativo; como o cenário

¹¹ “*Hedge* significa cerca, mais precisamente cerca viva, barreira, divisão, e como verbo significa cercar, restringir, limitar. No mercado, *hedge* é uma operação utilizada para barrar, cercar, restringir, limitar o risco, portanto, para se proteger de incertezas associadas ao comportamento do preço no futuro” (BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, p. 86).

ideal para os agentes seria uma subida de preço, pode-se categorizar a sua posição no mercado físico como comprada. Para reduzir o risco de queda de preço, os agentes assumem uma posição vendida nos mercados futuros, garantindo, desse modo, a definição de um preço de venda para o ativo – tal posição vendida pode ser obtida, por exemplo, com a venda de contratos futuros ou com a compra de uma opção de venda *put* (CME GROUP, 2019, cap. 2-3, 6; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 310-312; SILVEIRA, 2002, p. 28). O *hedge* de venda é a operação apropriada para o produtor de milho apresentado como exemplo no decorrer deste capítulo.

O *hedge* de compra, por sua vez, é recomendado aos agentes que não possuem o ativo e precisarão adquiri-lo futuramente. O risco, nesta situação, é uma alta no preço do ativo; dado que os agentes desejam uma queda no preço, diz-se que a sua posição no mercado físico é vendida. De modo a mitigar o risco de subida no preço, os agentes adotam uma posição comprada nos mercados futuros, o que lhes garante a definição de um preço de compra para o ativo – a posição comprada pode ser assumida mediante a compra de contratos futuros ou a compra de uma opção de compra *call*, por exemplo (CME GROUP, 2019, cap. 2-3, 5; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, p. 312-314; SILVEIRA, 2002, p. 28). O *hedge* de compra é a operação apropriada para a indústria de ração apresentada como exemplo durante este capítulo.

Percebe-se que uma operação de *hedge* ocorre quando a posição assumida nos mercados futuros é oposta à posição que se tem no mercado físico. Desse modo, uma perda no mercado físico é compensada por um ganho no mercado financeiro e vice-versa, e o risco de preço, portanto, pode ser administrado e reduzido, apesar de ser inerente às atividades dos agentes agropecuários (ARAUJO, 2017, cap. 3-8; BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, cap. 7; CME GROUP, 2019, cap. 2-3, 5-6; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, cap. 12).

1.7. Revisão bibliográfica sobre efetividade de *hedge*

Diversos trabalhos acadêmicos já se voltaram para a análise da efetividade de *hedge* para produtos agropecuários brasileiros utilizando contratos futuros. A seguir, serão apresentados alguns deles, já mencionados na Introdução desta monografia, focando nos estudos feitos a partir dos anos 2000 sobre as mais variadas *commodities* produzidas no Brasil.

Ferreira Filho e Silveira (2003) avaliaram a utilização do mercado futuro de boi gordo da então BM&F (Bolsa de Mercadorias & Futuros) para o *cross hedge* do bezerro e para o *hedge* do próprio boi gordo. Até outubro de 2002, a BM&F não possuía contratos de bezerro entre

seus produtos, e estes pecuaristas tinham como alternativa uma operação conhecida como *cross hedge*: a gestão do risco de mercado baseada na utilização de dois ativos distintos com movimentos de preços supostamente com correlação positiva. O risco de tal estratégia, porém, estava no fato de que poderiam acontecer movimentos adversos tanto na diferença entre os preços futuro e à vista do ativo listado no contrato, quanto na diferença entre os preços à vista do produto “hedgado” e do especificado no contrato. O estudo, portanto, objetivava analisar a efetividade dessas operações de *cross hedge* para o bezerro em algumas regiões selecionadas, comparando também com a efetividade do *hedge* para o boi gordo nesses mesmos lugares. A metodologia do estudo baseou-se, inicialmente, em calcular os riscos de base para o bezerro e o boi gordo, construindo posteriormente um modelo de regressão pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários para verificar como esses riscos de base diferiam entre si (e também entre as regiões consideradas). Em seguida, a partir do trabalho de Myers e Thompson (1989), obtiveram-se as razões de *hedge* ótima e as efetividades do *hedge*. Os resultados do estudo mostraram um risco de base nas operações de *cross hedge* significativamente maior do que o risco associado ao *hedge* do boi gordo; o trabalho constatou um desvio padrão da base do boi gordo 80,25% inferior ao desvio padrão da base do bezerro. Após as estimativas, os resultados para a razão ótima de *hedge* se mostraram elevados tanto no *cross hedge* do bezerro (de 37,41% a 48,27% entre as regiões consideradas) quanto no *hedge* do boi gordo (de 55,84% a 62,22%). No entanto, a efetividade do *hedge* do boi gordo (de 41,83% a 51,50%) mostrou-se bem mais elevada do que a efetividade do *cross hedge* do bezerro (de 0,66% a 3,13%). Dessa forma, o estudo reconheceu que os pecuaristas de bezerro não possuíam instrumentos eficientes para o gerenciamento de seu risco de preço e, portanto, o contrato futuro de bezerro lançado pela BM&F em outubro de 2002 mostrava-se um acerto para solucionar essa situação.

Aguiar e Martins (2004) propuseram-se a examinar o *hedge* da soja em grão, por parte dos produtores brasileiros, utilizando os contratos futuros de soja na então chamada *Chicago Board of Trade* (CBOT). Inicialmente, o trabalho reconheceu a importância crescente para o Brasil tanto das exportações quanto da produção de soja e constatou que os contratos futuros dessa *commodity* na BM&F eram ineficazes para o *hedge*, por conta de sua baixíssima liquidez. A melhor alternativa para os sojicultores brasileiros gerenciarem o risco de preço permanecia sendo os contratos futuros da CBOT. O estudo avaliou, então, a efetividade de *hedge* da soja em grão com contratos da bolsa de Chicago, utilizando uma metodologia diferente do método de pesquisas precedentes: em vez de considerar a série de preço futuro como as cotações do contrato de primeiro vencimento, os autores examinaram separadamente as efetividades de *hedge* para todos os diferentes vencimentos dos contratos entre janeiro de 2001 e março de

2004. Partindo de um referencial teórico para calcular a receita bruta de um portfólio com posições nos mercados futuros e à vista, a efetividade do *hedge* foi calculada para os vencimentos citados, levando em conta algumas microrregiões selecionadas pela relevância na produção de soja no Brasil. Os resultados do estudo revelaram dois pontos importantes: i) de uma forma geral, a efetividade do *hedge* foi maior para as regiões, com exceção de Dourados (MS), mais próximas aos portos de embarque da soja no Centro-Sul, com estimativas superiores a 50%; e ii) os vencimentos do primeiro semestre – janeiro, março e maio – apresentaram baixa efetividade do *hedge* (média de 35,60%), enquanto os vencimentos do segundo semestre – destacadamente, julho e agosto e, em seguida, setembro e novembro – tiveram os melhores níveis de efetividade (média de 60,80%), revelando que, no pico da entressafra estadunidense, a redução de estoques e a falta da soja norte-americana aumentaram a procura pelo produto brasileiro e, em consequência, elevaram também a correlação entre os preços nas praças nacionais e as cotações da CBOT.

Raabe, Shikida e Staduto (2006) buscaram analisar a efetividade do *hedge* para o mercado de açúcar em três diferentes bolsas de mercadorias e futuros – Nova Iorque, Londres e São Paulo (BM&F). A motivação para o estudo foi o fato de que as exportações brasileiras de açúcar vinham com uma tendência de crescimento ano após ano, com participação ascendente no mercado internacional, mas os preços da *commodity*, por outro lado, apresentavam comportamento cada vez mais volátil. Nesse sentido, os autores objetivavam examinar qual mercado futuro de açúcar se colocava como o mais efetivo para a administração do risco de mercado, considerando o Índice de Açúcar Cristal CEPEA/ESALQ como o preço representativo do mercado físico brasileiro. A metodologia para o trabalho também seguiu Myers e Thompson (1989). Os resultados da pesquisa constataram uma razão ótima de *hedge* relevante para a BM&F (52,15%) e irrelevante para as bolsas de Nova Iorque e Londres (respectivamente, 5,34% e 2,94%). A efetividade do *hedge*, por sua vez, apresentou um comportamento similar, indicando a BM&F como um mercado relativamente seguro para os sucroprodutores preverem e gerirem o preço futuro do açúcar – a efetividade foi de 66,39% para a bolsa de São Paulo, 6,06% para a de Nova Iorque e 2,38% para a de Londres.

Cruz Júnior, Saes e Silveira (2012) analisaram a gestão do risco de preço pelos cafeicultores brasileiros. Novamente, com uso do modelo de Myers e Thompson (1989) e partir de dados semanais e mensais, a razão ótima de *hedge* variou de 49,37% a 65,78% para a série semanal (de 59,52% a 68,99% para a mensal) para os contratos de BM&F entre as praças consideradas, e de 42,91% a 56,67% (de 47,84% a 57,45%) para os contratos da bolsa de Nova Iorque. A efetividade de *hedge*, por sua vez, variou, para a série semanal, de 80,58% a 87,72%

(para a mensal, de 84,49% a 90,50%) para a BM&F, e de 68,78% a 77,44% (de 70,74% a 80,56%) para a bolsa de Nova Iorque. Os autores ainda avaliaram, a partir do uso de entrevistas com 373 cafeicultores, que 46,6% (174 produtores) disseram conhecer os contratos de derivativos, mas apenas 12,9% da amostra (48 produtores) afirmaram utilizá-los como instrumento de gerenciamento do risco de preço do café. Verificou-se ainda que tamanho de produção, nível de conhecimento sobre os contratos futuros e grau de aversão ao risco se mostraram como determinantes para o uso de derivativos como ferramenta na gestão do risco de preço. Nesse sentido, o trabalho concluiu que, apesar dos níveis significativos de razão ótima e efetividade de *hedge*, esses valores estão superestimados quando comparados aos números da realidade (a razão de *hedge* efetivamente adotada estava abaixo de 50% para 62,5% dos produtores entrevistados), acusando uma necessidade de ajuste nos modelos de efetividade de *hedge* para incluir variáveis que atualmente não são incorporadas.

Figueiredo, Machado e Oliveira Neto (2009) dedicaram-se a analisar a razão ótima e a efetividade de *hedge* para a cultura do milho no estado de Goiás utilizando contratos futuros da BM&F. Em um primeiro momento, os autores calcularam a base do milho em Goiás. Durante todo o período analisado de outubro de 2002 a maio de 2006, a base manteve-se negativa, oscilando entre R\$ 2,00 e R\$ 8,00 por saca abaixo das cotações do mercado futuro da BM&F. As maiores diferenças foram percebidas no período de safra, entre os meses de maio e setembro. O risco de base, calculado como o desvio padrão da série de base, variou entre R\$ 0,32 e R\$ 0,92 por saca. O trabalho estimou, na sequência, a razão ótima e a efetividade de *hedge* com base no modelo de Myers e Thompson (1989). O resultado de razão ótima para o período de safra foi de 85,10% e para o período de entressafra, de 80,98%. Já a efetividade de *hedge* observada para os períodos foi de 70,37%, comprovando a relevância das operações de *hedge* no mercado futuro da BM&F para o estado de Goiás.

Por fim, Braga, Coelho e Tonin (2009) examinaram a relação entre os preços futuros do milho na BM&F e os preços à vista na região de Maringá (PR) durante o período de novembro de 1996 a novembro de 2007, com três objetivos: i) estimar a razão ótima e a efetividade de *hedge* dos contratos futuros da BM&F para os produtores de milho na região de Maringá; ii) determinar a relação de causalidade entre as séries de preços futuro e à vista; e iii) calcular o grau de integração entre essas duas séries. Para o primeiro ponto, os autores utilizaram o já amplamente citado referencial teórico de Myers e Thompson (1989); para o segundo, recorreram ao teste de causalidade de Granger (1969); e para o último, dispuseram do teste de cointegração para verificar se as séries apresentavam uma relação de equilíbrio de longo prazo. Os resultados do estudo apontaram para uma razão ótima de *hedge* de 12,34% e uma efetividade

de 29,16%. O teste de causalidade indicou uma causalidade bidirecional entre as séries de preço, isto é, os preços defasados do contrato futuro da BM&F ajudavam na previsão do preço à vista do milho em Maringá, e vice-versa. O teste de cointegração, por sua vez, constatou uma relação de longo prazo entre as séries analisadas. Embora tivessem reconhecido que os valores de razão ótima e efetividade de *hedge* foram baixos, os autores ressaltaram a importância das operações de *hedge* como instrumento para a gestão do risco de preço, sugerindo ainda os contratos futuros de milho da CBOT (hoje CME) como uma alternativa aos produtores brasileiros.

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE DE RAZÃO ÓTIMA E EFETIVIDADE DE *HEDGE* PARA O MERCADO DE MILHO NO BRASIL

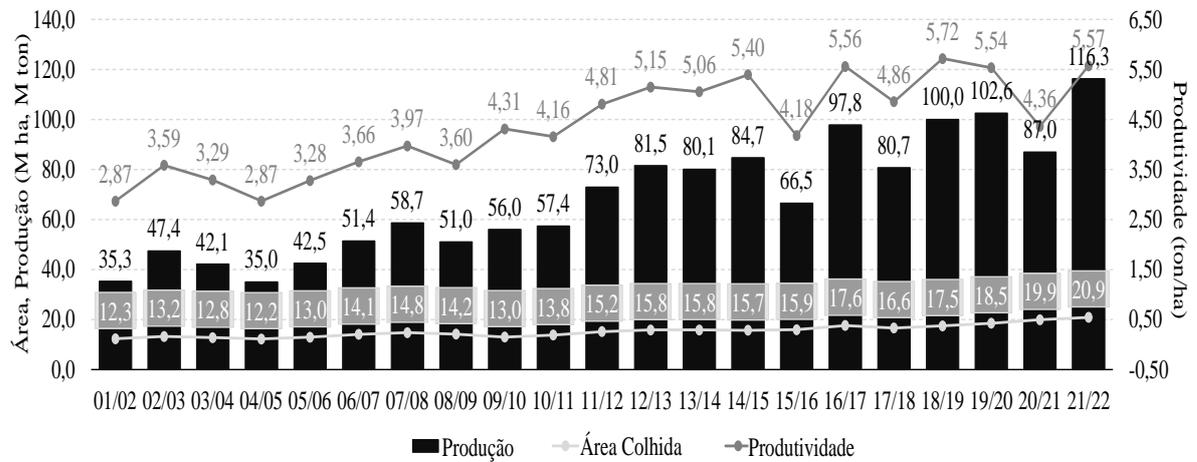
O propósito deste capítulo é analisar, mediante o modelo de Ederington (1979) com intercepto e retorno dos preços, a razão ótima e a efetividade de *hedge* para o mercado de milho no Brasil utilizando os contratos futuros da B3 e da CME, a partir das séries de preços físicos de algumas relevantes praças selecionadas. Para isso, o capítulo divide-se em quatro seções. A primeira faz um breve comentário sobre a produção de milho no Brasil, de modo a ressaltar a sua importante evolução. A segunda discorre sobre os dados fornecidos para este estudo, ao passo que a terceira descreve a metodologia a ser utilizada. Por fim, a quarta seção analisa os resultados finais decorrentes do trabalho.

2.1. Produção de milho no Brasil

O Brasil é capaz de produzir e colher duas safras de milho durante o mesmo ano agrícola (MATTOS e SILVEIRA, 2018, p. 1-4). A primeira safra, chamada safra de verão, é plantada entre setembro e dezembro do ano-base e é colhida entre janeiro e abril do ano subsequente. Concentrada no Sul e no Sudeste do país, ela foca principalmente em atender à demanda por ração da indústria nacional de proteína animal. A segunda safra, por sua vez, é conhecida por safra de inverno – antigamente denominada de “safrinha”. Localiza-se majoritariamente no Centro-Oeste do Brasil, e sua destinação principal consiste nas exportações para o mercado internacional. O plantio é feito entre janeiro e março, enquanto a colheita ocorre entre março e agosto do mesmo ano.

A FIG. 1 mostra a produção total de milho no Brasil (considerando ambas as safras de verão e de inverno) e as respectivas área colhida e produtividade.

Figura 1 – Milho total no Brasil – produção, área e produtividade

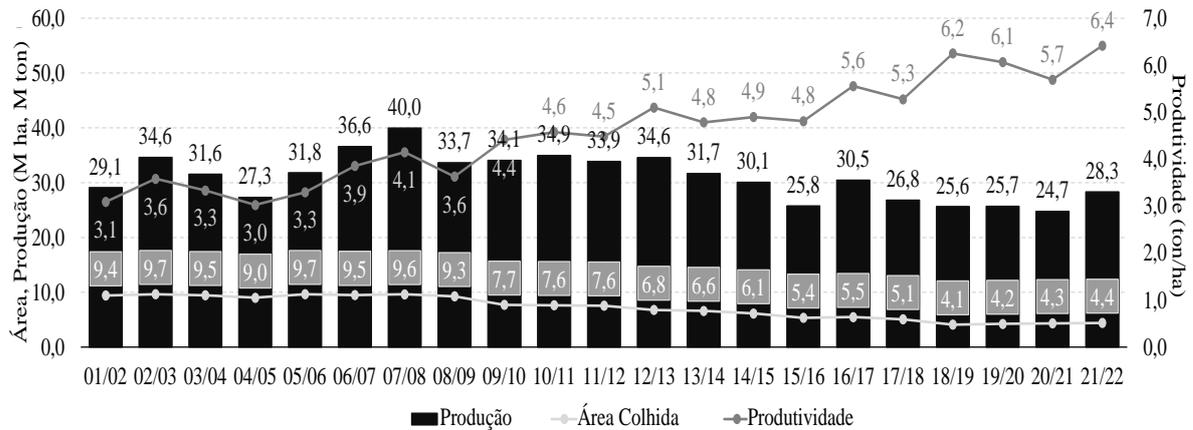


Fonte: Conab (2021). Estimativa para a safra 21/22 feita em outubro/2021 pela Conab.

A produção de milho no Brasil, desde o início do século XXI, vem apresentando um claro movimento ascendente¹². Essa tendência de alta foi provocada quase que integralmente pelo crescimento da produção na safra de inverno. Ballini, Silveira e Souza (2021, p. 2), Mattos e Silveira (2018, p. 4) e Melo (2021, p. 9) listam alguns dos principais motivos para isso: i) o plantio de soja de ciclo precoce no Centro-Oeste, colhida geralmente entre dezembro e janeiro, permitiu que os produtores otimizassem o uso de terra, maquinário, insumos e força de trabalho, viabilizando o plantio da segunda safra de milho logo após a colheita da soja; ii) a expansão da indústria brasileira de proteína animal, estimulada pelo aumento da renda doméstica e pela inserção do Brasil no mercado internacional de carnes, fez com que a demanda por milho destinado à ração animal também aumentasse significativamente, para além da produção de milho na safra de verão; e iii) a existência de poucas opções de cultivo durante o inverno tornou a cultura de milho de segunda safra uma das mais atrativas, devido à possibilidade de oferta do produto durante a entressafra tradicional. De forma sucinta, “deslocou-se então a produção de milho da primeira safra para o cultivo da soja e houve a migração do milho para a segunda safra” (MELO, 2021, p. 9). As FIG. 2 e 3 mostram as evoluções de produção de milho, área colhida e produtividade das safras de verão e inverno, respectivamente.

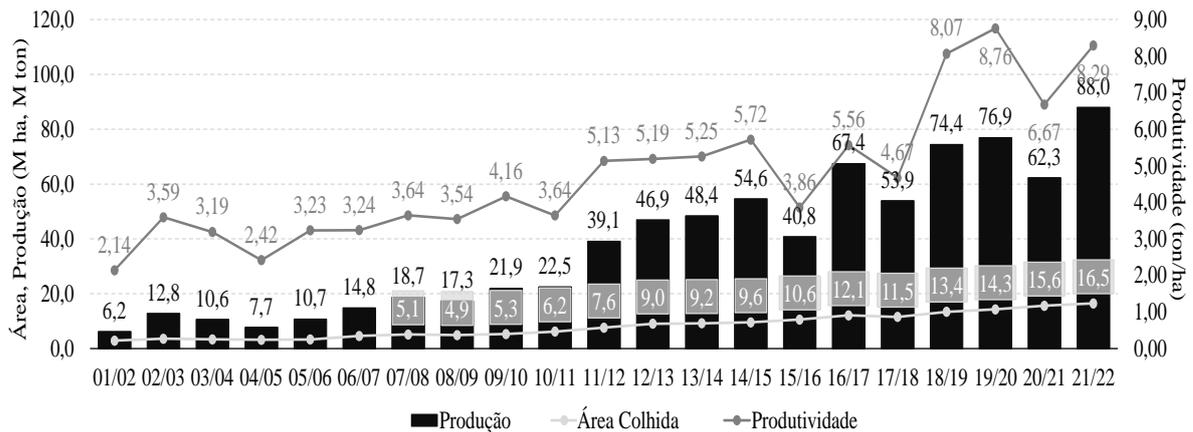
¹² Uma discussão mais aprofundada sobre a evolução de oferta e demanda de milho no Brasil pode ser encontrada em Alves, Barros e Sanches (2018).

Figura 2 – Milho verão no Brasil – produção, área e produtividade



Fonte: Conab (2021). Estimativa para a safra 21/22 feita em outubro/2021 pela Conab.

Figura 3 – Milho inverno no Brasil – produção, área e produtividade



Fonte: Conab (2021). Estimativa para a safra 21/22 feita em outubro/2021 pela Conab.

Mattos e Silveira (2018, p. 1) observam que três dinâmicas sucederam o forte crescimento da produção de milho na safra de inverno. Primeiramente, houve uma mudança no balanço de oferta e demanda durante o ano, visto que a oferta costumava se concentrar no primeiro semestre e, após a crescente importância da safra de inverno, a oferta passou a existir praticamente durante o ano todo. Por conta disso, Ballini, Silveira e Souza (2021) verificaram que, na maior parte do Brasil, houve uma diminuição na importância da sazonalidade na formação dos preços do milho. Em segundo lugar, a participação do Brasil no mercado internacional de milho aumentou de forma expressiva, representando, no final da década de 2010, cerca de 20% das exportações mundiais, enquanto essa participação era bem próxima a

zero no início da década de 1990. Nesse sentido, Cunha e Rodrigues (2013, p. 39) apontam que “a crescente demanda de milho para a produção de etanol nos Estados Unidos e a elevação das importações pela China têm feito com que os produtos agrícolas domésticos sofram maior influência de preços externos”. Da mesma forma, Alves, Barros e Sanches (2018, p. 94) ressaltam que, dada a incapacidade de o consumo interno absorver todo o aumento recente da produção, “o avanço das exportações no segundo semestre é considerado o principal balizador entre a oferta e a demanda no mercado brasileiro de milho, capaz de reduzir o excedente interno e diminuir a pressão sobre os preços decorrentes da maior oferta”. Por fim, o terceiro ponto é que o crescimento da produção de milho e o conseqüente aumento na negociação da *commodity* levaram produtores, comerciantes e outros agentes do agronegócio a buscar cada vez mais ferramentas de *hedge* e gerenciamento de risco de preço para o milho – ferramentas as quais foram discutidas no capítulo anterior e cuja aplicabilidade será testada neste presente capítulo.

2.2. Dados

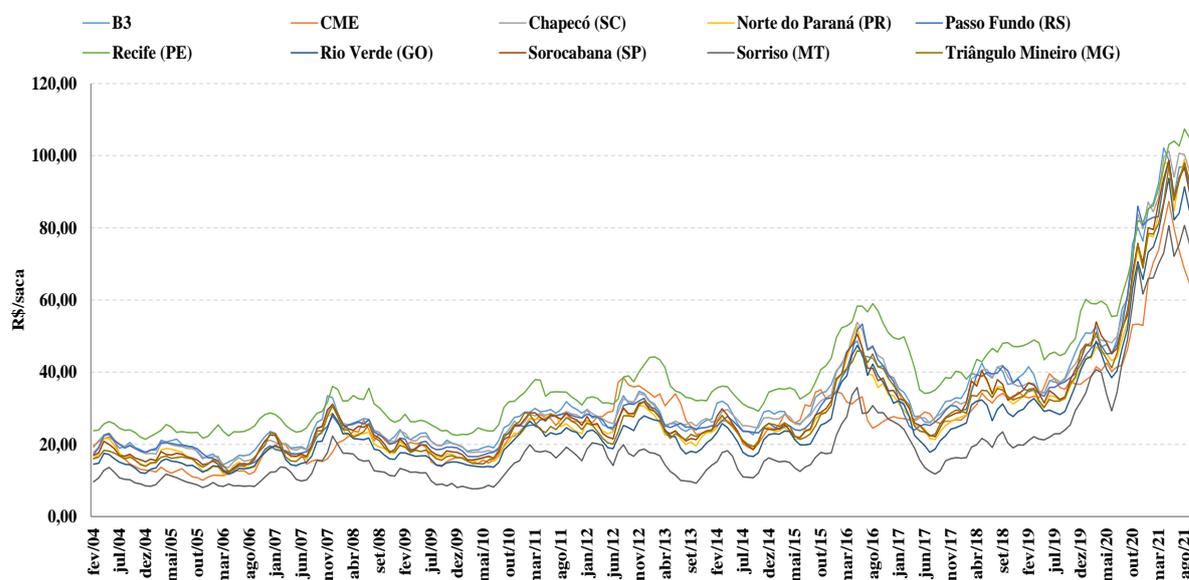
Os dados utilizados para a estimação da razão ótima e da efetividade de *hedge* consistiram nas séries de preços à vista do milho cotados em reais por saca de 60 quilogramas no período de fevereiro de 2004 a setembro de 2021. As seguintes oito regiões brasileiras foram consideradas: Chapecó (SC), Norte do Paraná (PR), Passo Fundo (RS), Recife (PE), Rio Verde (GO), Sorocabana (SP), Sorriso (MT) e Triângulo Mineiro (MG). As séries históricas dos preços à vista do milho foram disponibilizadas pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, localizada no câmpus de Piracicaba (SP) da Universidade de São Paulo (CEPEA – Esalq/USP).

O estudo utilizou também, para o mesmo período, as cotações históricas dos preços dos contratos futuros de milho de primeiro vencimento, tanto da bolsa de Chicago quanto da bolsa de São Paulo; tais séries de preços foram obtidas, respectivamente, através da *Chicago Mercantile Exchange* (CME) e da Brasil, Bolsa e Balcão (B3). Enquanto o contrato futuro de milho B3 é cotado em R\$/saca, o contrato de milho CME é negociado em US\$/bushel. A fim de padronizar as unidades de conta das cotações, converteu-se a série histórica de preços da bolsa de Chicago para R\$/saca mediante a multiplicação das cotações em US\$/bushel pelo fator de conversão 2,3621 e pelo fechamento da taxa de câmbio R\$/US\$ do respectivo dia calculada pela Bloomberg.

Além disso, para a estimação da razão ótima e da efetividade de *hedge*, foram calculadas as médias mensais das séries de preços à vista e futuros. A FIG. 4 mostra a evolução dos preços

de milho utilizados neste trabalho, enquanto a TAB. 6 apresenta algumas estatísticas descritivas das séries.

Figura 4 – Médias mensais dos preços à vista e futuro do milho



Fonte: B3, CEPEA – Esalq/USP, CME.

Tabela 6 – Estatística descritiva das médias mensais dos preços à vista e futuro do milho

	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio	n
	(R\$/saca)	(R\$/saca)	(R\$/saca)	(R\$/saca)	padrão	
B3	32,20	27,71	14,33	102,16	16,71	212
CME	27,21	26,17	10,07	87,33	13,20	212
Chapecó (SC)	31,75	27,20	13,55	101,35	17,16	212
Norte do Paraná (PR)	28,44	23,72	11,74	99,05	16,34	212
Passo Fundo (RS)	30,46	25,32	12,29	98,51	16,59	212
Recife (PE)	38,53	34,24	21,41	107,41	17,05	212
Rio Verde (GO)	26,15	22,24	11,71	93,73	15,57	212
Sorocabana (SP)	29,41	24,97	12,28	98,74	16,46	212
Sorriso (MT)	19,53	15,53	7,67	80,69	14,59	212
Triângulo Mineiro (MG)	28,65	24,07	12,60	98,07	16,28	212

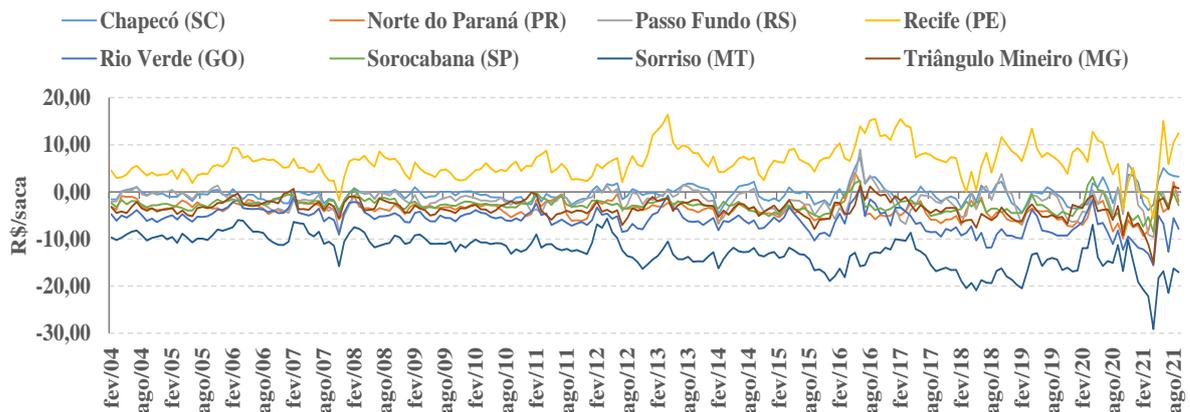
Fonte: B3, CEPEA – Esalq/USP, CME.

As FIG. 5 e 6, por sua vez, apresentam o resultado do cálculo da base para cada praça, a partir dos contratos futuros da B3 e da CME, respectivamente. O cálculo da base se deu através da equação (3):

$$b_t = p_t - f_t \quad (3)$$

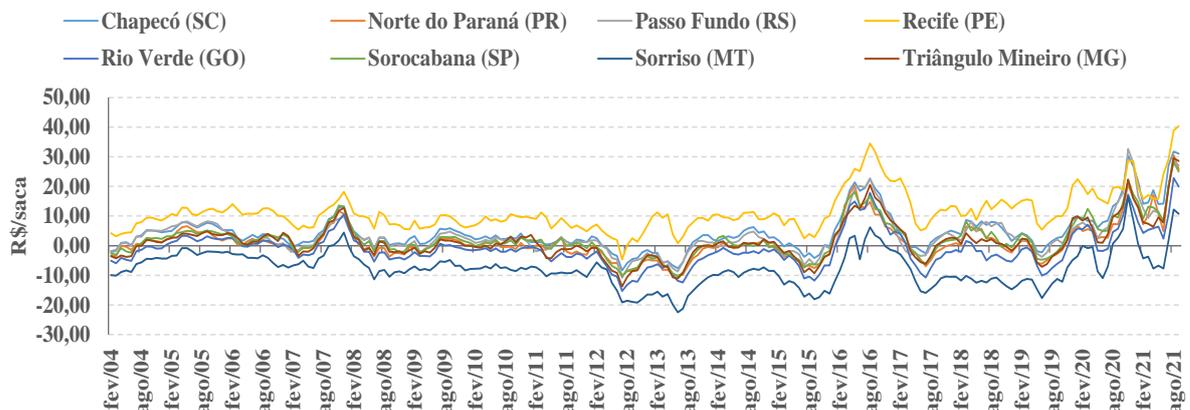
Cabe apontar que as bases a partir do contrato futuro B3 tendem a ser menores que a partir do contrato CME. Uma possível justificativa para isso é o fato de o contrato futuro da bolsa de São Paulo refletir melhor a realidade de oferta e demanda brasileira e, conseqüentemente, adequar-se com mais proximidade aos fundamentos de cada praça local, enquanto o contrato CME, ao incorporar os elementos globais e estadunidenses do mercado de milho, acaba apresentando um distanciamento maior dos fundamentos das praças brasileiras.

Figura 5 – Base das médias mensais a partir do contrato futuro B3



Fonte: B3, CEPEA – Esalq/USP.

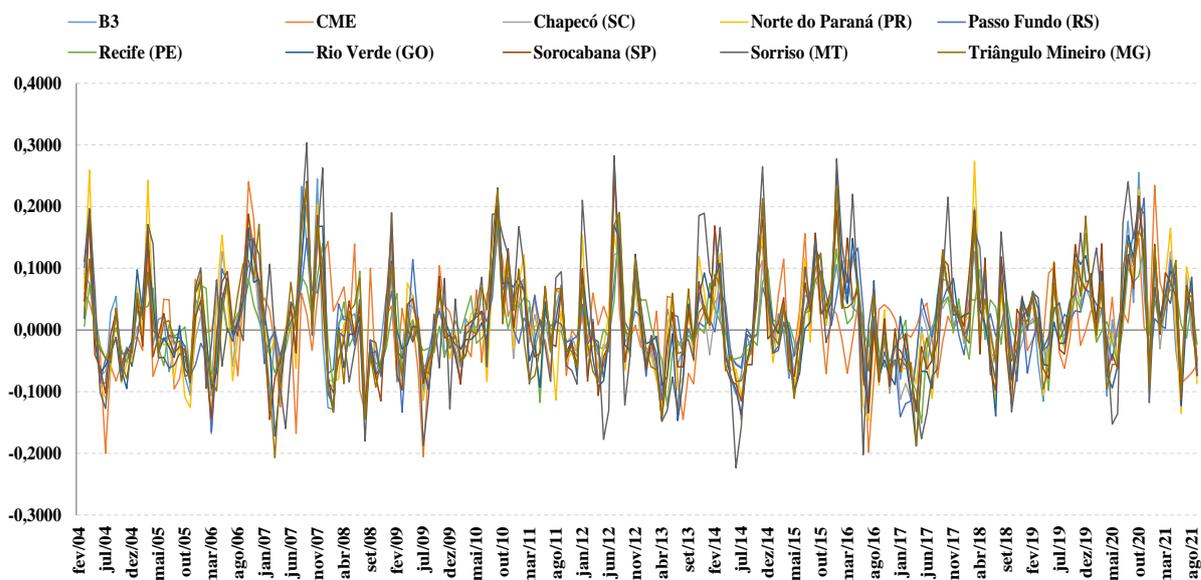
Figura 6 – Base das médias mensais a partir do contrato futuro CME



Fonte: CEPEA – Esalq/USP, CME.

Por fim, a FIG. 7 mostra os retornos das médias mensais dos preços de milho utilizados nos modelos deste estudo; já a TAB. 7 apresenta algumas estatísticas descritivas das séries desses retornos.

Figura 7 – Retornos das médias mensais dos preços à vista e futuro do milho



Fonte: B3, CEPEA – Esalq/USP, CME.

Tabela 7 – Estatística descritiva dos retornos das médias mensais dos preços à vista e futuro do milho

	Média (R\$/saca)	Mediana (R\$/saca)	Mínimo (R\$/saca)	Máximo (R\$/saca)	Desvio padrão	n
B3	0,0100	0,0057	-0,1428	0,2730	0,0725	211
CME	0,0083	0,0077	-0,2054	0,2737	0,0724	211
Chapecó (SC)	0,0101	0,0019	-0,1681	0,2021	0,0651	211
Norte do Paraná (PR)	0,0116	-0,0005	-0,1492	0,2736	0,0844	211
Passo Fundo (RS)	0,0099	0,0058	-0,1648	0,2139	0,0630	211
Recife (PE)	0,0084	0,0046	-0,1512	0,1887	0,0526	211
Rio Verde (GO)	0,0117	0,0040	-0,1880	0,2521	0,0822	211
Sorocabana (SP)	0,0112	-0,0020	-0,1461	0,2514	0,0820	211
Sorriso (MT)	0,0151	-0,0009	-0,2235	0,3036	0,1048	211
Triângulo Mineiro (MG)	0,0114	-0,0009	-0,2071	0,2373	0,0786	211

Fonte: B3, CEPEA – Esalq/USP, CME.

2.3. Metodologia

O presente trabalho utilizará o modelo de Ederington (1979) considerando intercepto e retorno dos preços para estimar a razão ótima e a efetividade de *hedge* nas oito praças selecionadas. O estudo comparará os resultados do *hedge* valendo-se dos contratos futuros de milho tanto da B3 quanto da CME.

O modelo de Ederington (1979) realizou, através do método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), a regressão dos preços à vista (P_s) sobre os preços futuros (P_f), em que β é o coeficiente angular da regressão, representando a razão ótima de *hedge*¹³, e ε é o termo de erro com média igual a zero e variância constante:

$$P_{s_t} = \beta P_{f_t} + \varepsilon_t \quad (8)$$

O modelo de Hayenga, Jiang e Lence (1996) modificou sutilmente o modelo de Ederington, adicionando o intercepto α :

$$P_{s_t} = \alpha + \beta P_{f_t} + \varepsilon_t \quad (9)$$

Cruz Jr. e Silveira (2010), ao revisarem a literatura dos procedimentos de estimação da razão ótima e da efetividade de *hedge*, apontaram que os modelos acima haviam usado as variáveis em nível, o que poderia resultar em um cálculo da razão ótima de *hedge* não confiável, dado que boa parte das séries econômicas apresenta autocorrelação serial e, conseqüentemente, a regressão estimada poderia ter origem espúria.

Os autores, então, trouxeram o procedimento baseado no modelo de Brown (1985), pelo qual a regressão é feita com os retornos dos preços à vista sobre os retornos dos preços futuros, mediante o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e com os retornos definidos como uma mudança percentual dos preços em um dado intervalo de tempo:

$$\Delta P_{s_t}/P_{s_{t-1}} = \alpha + \beta \Delta P_{f_t}/P_{f_{t-1}} + \varepsilon_t \quad (10)$$

Nos modelos de regressão entre a variação dos preços à vista sobre a variação dos preços futuros, a medida do grau de efetividade do *hedge* é o coeficiente de determinação da regressão

¹³ “Segundo Hull (2003), a razão de *hedge* ótima ou razão de mínima variância é definida de acordo com a proporção do tamanho da posição em futuros em relação à extensão da exposição no mercado físico” (FIGUEIREDO et al., 2009, p. 118).

(R^2), que é igual ao coeficiente da correlação entre as variações dos preços à vista e futuro ao quadrado. “Assim, quanto maior o valor deste coeficiente, mais eficiente será a operação de *hedge*, já que as variações dos preços à vista serão bem explicadas pelas variações nos preços futuros, o que demonstra um menor risco de base” (CRUZ JR. e SILVEIRA, 2010).

O modelo da Equação (10) será aplicado de três formas diferentes neste trabalho: i) para o período completo das séries históricas, de fevereiro de 2004 a setembro de 2021; ii) para dois subperíodos divididos pelo ano em que a produção da safra de inverno do milho brasileiro ultrapassa a da safra de verão, sendo, portanto, o primeiro subperíodo de fevereiro de 2004 a dezembro de 2011, e o segundo, de janeiro de 2012 a setembro de 2021; e iii) para uma janela móvel de cinco anos, iniciando no intervalo de março de 2004 a fevereiro de 2009 e finalizando na janela de outubro de 2016 a setembro de 2021.

2.4. Análise dos resultados

2.4.1. Período completo: fevereiro de 2004 a setembro de 2021

Os resultados estimados das razões ótimas e das efetividades de *hedge* podem ser vistos na TAB. 8 a seguir. Considerando todas as praças selecionadas, nota-se uma efetividade de *hedge* maior utilizando-se o contrato futuro de milho B3 em vez do contrato CME – efetividade média de 55,65% com contrato B3 contra 21,30% com contrato CME. Da mesma forma, a razão ótima média também foi maior ao considerar-se a bolsa de São Paulo: 78,99% contra 49,12% da bolsa de Chicago.

As praças que apresentaram maior efetividade de *hedge*, seja pelo contrato B3, seja pelo contrato CME, foram Sorocabana (SP), Norte do Paraná (PR) e Chapecó (SC). Por outro lado, Recife (PE) e Passo Fundo (RS) observaram os menores valores de efetividade. Alguns fatores podem explicar tais resultados, dentre eles: a proximidade geográfica da praça selecionada com os lugares de referência considerados pelas bolsas e a integração econômica da praça local com a dinâmica geral do mercado de milho – isto é, quanto mais a produção local for voltada a si mesma, menor a tendência de correlação dos preços locais com os preços de referência das bolsas e, analogamente, quanto mais a produção local estiver integrada ao circuito de exportação ou de consumo doméstico interestadual, maior a tendência de correlação dos preços locais com os preços das bolsas.

Tabela 8 – Razão ótima e efetividade de *hedge* dos preços do milho de fevereiro de 2004 a setembro de 2021

	B3		CME	
	Razão ótima (%)	Efetividade (%)	Razão ótima (%)	Efetividade (%)
Chapecó (SC)	71,13	62,83	44,08	24,01
Norte do Paraná (PR)	95,84	67,79	63,43	29,55
Passo Fundo (RS)	55,38	40,73	34,12	15,38
Recife (PE)	37,12	26,19	21,72	8,93
Rio Verde (GO)	85,04	56,39	54,80	23,30
Sorocabana (SP)	102,01	81,40	61,89	29,82
Sorriso (MT)	100,39	48,29	66,00	20,77
Triângulo Mineiro (MG)	85,04	61,61	46,94	18,68
Média	78.99	55.65	49.12	21.30

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os resultados obtidos por este trabalho apresentaram valores relevantes para a efetividade de *hedge* estimada. Comparando a outros estudos, Figueiredo, Machado e Oliveira Neto (2009) utilizaram o modelo de Myers e Thompson (1989) a fim de fazer essa análise para o estado de Goiás, considerando o período de outubro de 2002 a maio de 2007. Em seu artigo, a razão ótima foi de 85,10% para o período de safra, enquanto, para o período de entressafra, foi de 80,98%; a efetividade de *hedge* observada para os períodos, por sua vez, foi de 70,37%, constatando a relevância das operações de *hedge* para aquela região. Cunha e Rodrigues (2013) utilizaram diferentes modelos para estimar a efetividade de *hedge* também em importantes municípios goianos, com dados semanais de janeiro de 2005 a março de 2011. Segundo os autores, o método de séries cointegradas de Engle-Granger com mecanismo de correção de erro, estimado por MQO, foi o mais eficiente dos modelos, e os resultados apresentaram razão ótima de *hedge* acima de 62% para a maioria dos municípios e efetividade acima de 51% – igualmente comprovando a importância das operações no mercado futuro da B3. Por outro lado, Braga, Coelho e Tonin (2009), ao analisarem a razão ótima e a efetividade de *hedge* do milho na região de Maringá (PR) pelo modelo de Myers e Thompson (1989), encontraram valores insatisfatórios de, respectivamente, 12,83% e 29,97%, a partir do contrato futuro de milho B3 cotado em reais por saca. O estudo utilizou séries semanais, do período de 29/11/1996 a

30/11/2007. De acordo com os autores, a baixa liquidez do mercado futuro no período analisado e o risco de base na região de Maringá (PR) podem ser explicações para a baixa efetividade de *hedge* estimada.

2.4.2. Primeiro subperíodo: fevereiro de 2004 a dezembro de 2011

O ano de 2012 marcou o momento em que a produção da safra de inverno do milho brasileiro ultrapassou a da safra de verão (MATTOS e SILVEIRA, 2018, p. 3; SOUZA et al., 2021, p. 2). Ao definir um subperíodo de análise precedente a esse marco, não se perceberam diferenças significativas em relação ao modelo que havia considerado a série histórica completa de fevereiro de 2004 a setembro de 2021.

Considerando o corte temporal de fevereiro de 2004 a dezembro de 2011, a média da efetividade de *hedge* foi de 55,97% com o contrato de milho B3 e de 22,53% com o contrato CME – no período completo, cabe lembrar que tais indicadores foram de 55,65% para B3 e 21,30% para CME. A razão ótima média, por sua vez, foi de 79,66% e 46,74%, respectivamente, enquanto para o período completo atingiram 78,99% e 49,12%.

Sorocabana (SP), Norte do Paraná (PR) e Chapecó (SC) continuaram sendo as praças com os maiores níveis de efetividade de *hedge* a partir dos contratos da bolsa de São Paulo, com valores acima de 60%, enquanto Recife (PE), Sorriso (MT) e Passo Fundo (RS), por outro lado, apresentaram níveis abaixo de 50%. Ao considerar a bolsa de Chicago, no entanto, as quatro primeiras praças com as melhores efetividades de *hedge* foram, em ordem decrescente, Norte do Paraná (PR), Rio Verde (GO), Sorriso (MT) e Sorocabana (SP), todas com números acima de 25%. As praças que apresentaram as piores efetividades de *hedge* a partir do contrato CME foram Recife (PE), Passo Fundo (RS) e Triângulo Mineiro (MG), com níveis abaixo de 20% – TAB. 9.

Tabela 9 – Razão ótima e efetividade de *hedge* dos preços do milho de fevereiro de 2004 a dezembro de 2011

	B3		CME	
	Razão ótima (%)	Efetividade (%)	Razão ótima (%)	Efetividade (%)
Chapecó (SC)	77,12	65,87	43,52	24,96
Norte do Paraná (PR)	100,50	66,69	58,63	27,01
Passo Fundo (RS)	61,20	49,71	33,01	17,21
Recife (PE)	40,93	31,48	25,43	14,45
Rio Verde (GO)	79,96	54,14	51,50	26,71
Sorocabana (SP)	100,20	78,79	52,98	26,20
Sorriso (MT)	91,55	42,63	66,05	26,40
Triângulo Mineiro (MG)	85,78	58,42	42,77	17,28
Média	79.66	55.97	46.74	22.53

Fonte: Resultados da pesquisa.

2.4.3. Segundo subperíodo: janeiro de 2012 a setembro de 2021

O corte temporal de janeiro de 2012 a setembro de 2021 busca analisar com mais precisão o período em que a produção de safra de inverno do milho brasileiro superou a da safra de verão (MATTOS e SILVEIRA, 2018, p. 3; SOUZA et al., 2021, p. 2). Assim como no primeiro subperíodo analisado, este segundo subperíodo também não apresentou diferenças consideráveis em relação aos resultados do modelo que tinha analisado o período completo de fevereiro de 2004 a setembro de 2021.

Neste segundo subperíodo, a efetividade de *hedge* média com o contrato B3 foi de 55,52%, enquanto que, com o contrato CME, foi de 20,72% (no período completo, estes resultados foram iguais a 55,65% para o contrato B3 e a 21,30% para o contrato CME). As médias das razões ótimas de *hedge* foram, respectivamente, de 78,39% e 51,32% (sendo iguais a 78,99% para B3 e 49,12% para CME no período completo)¹⁴.

¹⁴ Melo (2021, p. 9) estudou se a transferência do plantio de milho da primeira para a segunda safra teria alterado o padrão de comportamento dos preços recebidos pelos produtores no Paraná. Sua pesquisa também comparou dois subperíodos: de julho de 2001 a junho de 2010 e de julho de 2010 a junho de 2019. Seus resultados mostraram que os preços oscilaram em ambos os subperíodos analisados, apesar de terem tido um padrão de comportamento de variação moderado. Além disso, a partir da análise da variância, Melo constatou a não significância das variações dos preços nos dois subperíodos. Uma explicação para os resultados sugerida por seu estudo foi a produção constante ao longo do ano, dadas as duas safras de milho anuais.

Sorocabana (SP) e Norte do Paraná (PR) permaneceram com os maiores níveis de efetividade de *hedge* – acima de 65% utilizando o contrato de milho B3 e de 30% utilizando o contrato CME. Por outro lado, Recife (PE) e Passo Fundo (RS) apresentaram os valores mais baixos de efetividade: abaixo de 35% com B3 e de 15% com CME – TAB. 10.

Tabela 10 – Razão ótima e efetividade de *hedge* dos preços do milho de janeiro de 2012 a setembro de 2021

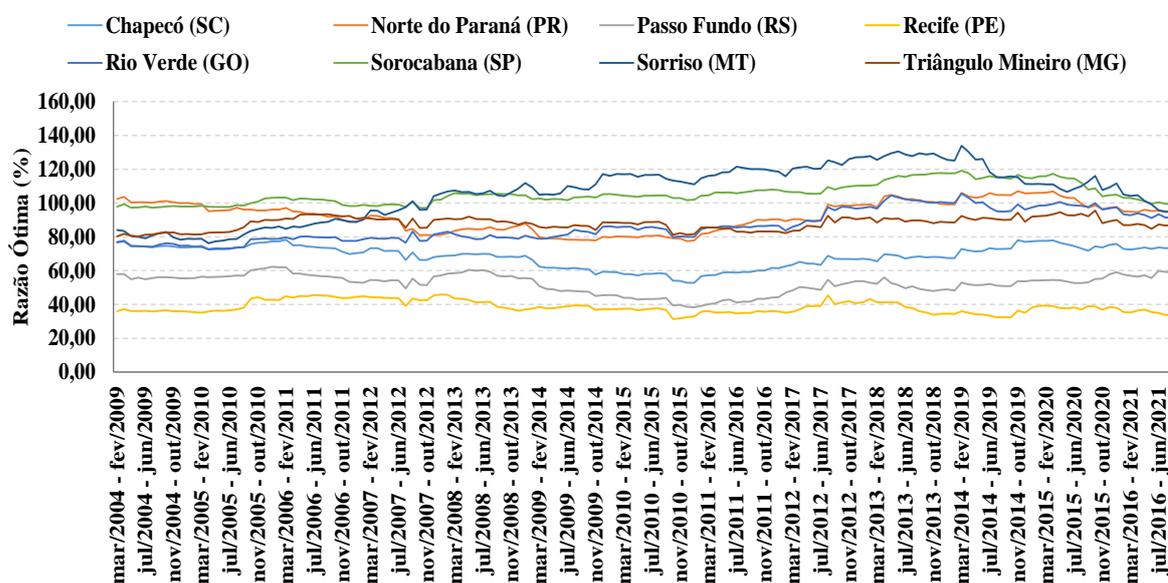
	B3		CME	
	Razão ótima (%)	Efetividade (%)	Razão ótima (%)	Efetividade (%)
Chapecó (SC)	66,70	60,62	44,47	23,06
Norte do Paraná (PR)	92,38	68,88	68,08	32,00
Passo Fundo (RS)	51,05	34,63	35,07	13,98
Recife (PE)	34,09	22,42	17,72	5,18
Rio Verde (GO)	88,57	57,91	57,90	21,18
Sorocabana (SP)	103,28	83,27	70,71	33,39
Sorriso (MT)	106,63	52,31	65,68	16,98
Triângulo Mineiro (MG)	84,41	64,12	50,95	19,99
Média	78.39	55.52	51.32	20.72

Fonte: Resultados da pesquisa.

2.4.4. Janela móvel de cinco anos

O presente trabalho também analisou os resultados de razão ótima e efetividade de *hedge* para uma janela móvel de cinco anos, com início no intervalo de março de 2004 a fevereiro de 2009 e término no intervalo de outubro de 2016 a setembro de 2021. Dessa forma, totalizaram-se 152 janelas de tempo modeladas e analisadas. Através deste método, verificou-se a evolução da razão ótima e da efetividade de *hedge* no decorrer do tempo, tanto com o contrato futuro de milho B3 quanto com o contrato de milho CME. As FIG. 8 e 9 mostram a evolução da razão ótima de *hedge* e a suas efetividades, respectivamente, a partir do contrato B3 considerando a janela móvel de cinco anos; as TAB. 11 e 12 complementam as informações apresentando as estatísticas descritivas.

Figura 8 – Razão ótima de *hedge* com contrato futuro de milho B3 e janela móvel de cinco anos



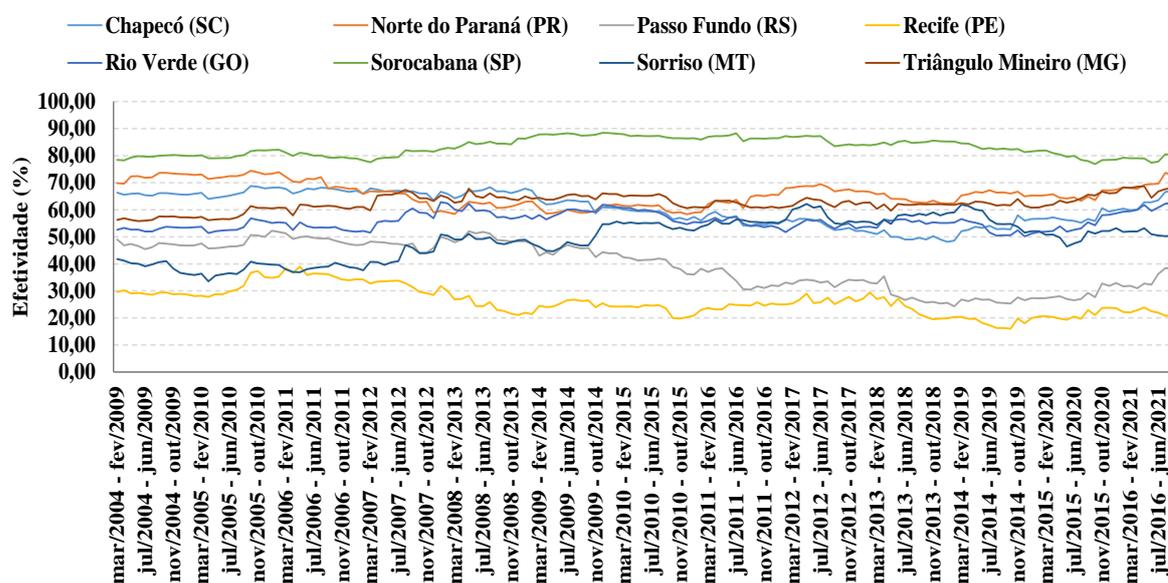
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 11 – Estatística descritiva da razão ótima de *hedge* com contrato futuro de milho B3 e janela móvel de cinco anos

	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Desvio padrão	<i>n</i>
Chapecó (SC)	68.63	69.86	52.77	78.35	6.43	152
Norte do Paraná (PR)	92.49	94.78	77.52	107.04	8.65	152
Passo Fundo (RS)	52.31	53.72	38.30	62.26	5.74	152
Recife (PE)	38.42	37.47	31.34	45.85	3.64	152
Rio Verde (GO)	86.35	84.50	72.70	105.61	9.07	152
Sorocabana (SP)	105.27	104.31	97.04	119.16	6.09	152
Sorriso (MT)	106.15	108.45	76.23	133.85	15.54	152
Triângulo Mineiro (MG)	87.83	88.49	80.25	95.49	3.70	152

Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 9 – Efetividade de *hedge* com contrato futuro de milho B3 e janela móvel de cinco anos



Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 12 – Estatística descritiva da efetividade de *hedge* com contrato futuro de milho B3 e janela móvel de cinco anos

	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Desvio Padrão	<i>n</i>
Chapecó (SC)	60.57	60.75	48.14	68.78	5.98	152
Norte do Paraná (PR)	65.87	65.74	58.36	74.44	4.45	152
Passo Fundo (RS)	39.41	41.52	24.34	52.21	8.69	152
Recife (PE)	26.02	25.01	16.07	39.01	5.16	152
Rio Verde (GO)	55.81	55.37	50.14	62.87	3.11	152
Sorocabana (SP)	83.06	82.70	76.91	88.47	3.30	152
Sorriso (MT)	49.17	50.80	33.52	62.14	7.44	152
Triângulo Mineiro (MG)	62.50	62.41	55.80	68.66	3.00	152

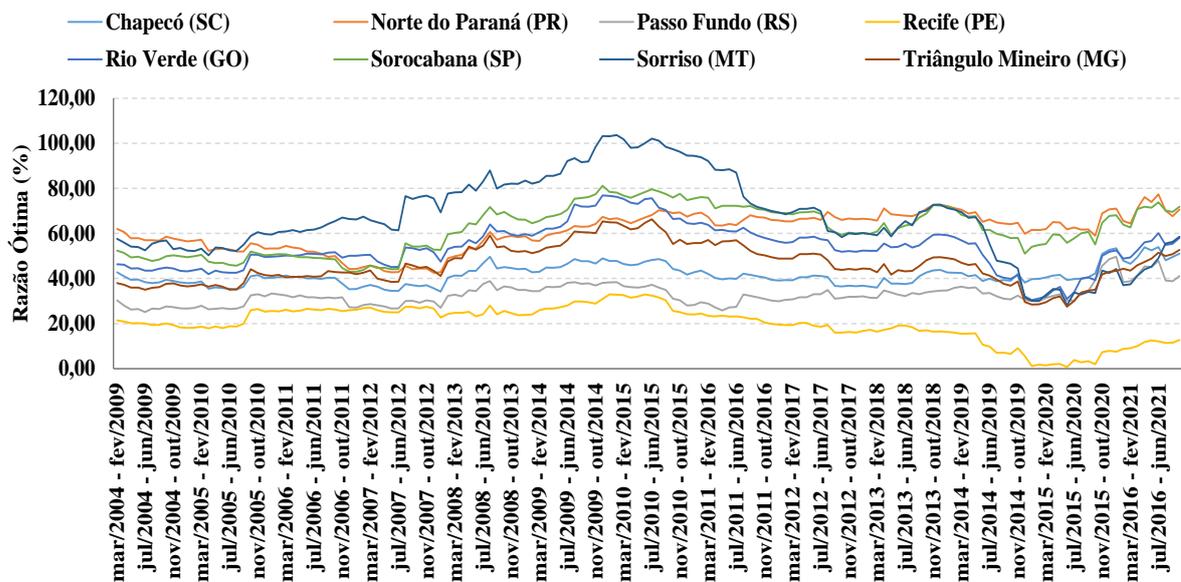
Fonte: Resultados da pesquisa.

Pelos dados acima, percebe-se que os resultados de razão ótima e efetividade de *hedge* oscilaram ao longo do período, apesar de não terem definido uma tendência clara de subida ou de queda nos valores. Como já vinha sendo apontado pelas análises dos modelos anteriores, as

praças com os melhores níveis de efetividade de *hedge*, considerando o contrato B3, foram Sorocabana (SP) e Norte do Paraná (PR), enquanto os menores valores de efetividade ficaram a cargo das praças de Recife (PE) e Passo Fundo (RS).

A seguir, a FIG. 10 e a TAB. 13 apresentam, respectivamente, a evolução da razão ótima de *hedge* e suas estatísticas descritivas para uma janela móvel de cinco anos, considerando agora o contrato CME. Já a FIG. 11 e a TAB. 14 mostram a evolução da efetividade de *hedge* e suas estatísticas descritivas a partir do contrato CME e da mesma janela temporal de análise. Novamente, Sorocabana (SP) e Norte do Paraná (PR) figuraram com os valores mais altos de efetividade de *hedge*, enquanto Recife (PE) apresentou os menores níveis.

Figura 10 – Razão ótima de *hedge* com contrato futuro de milho CME e janela móvel de cinco anos



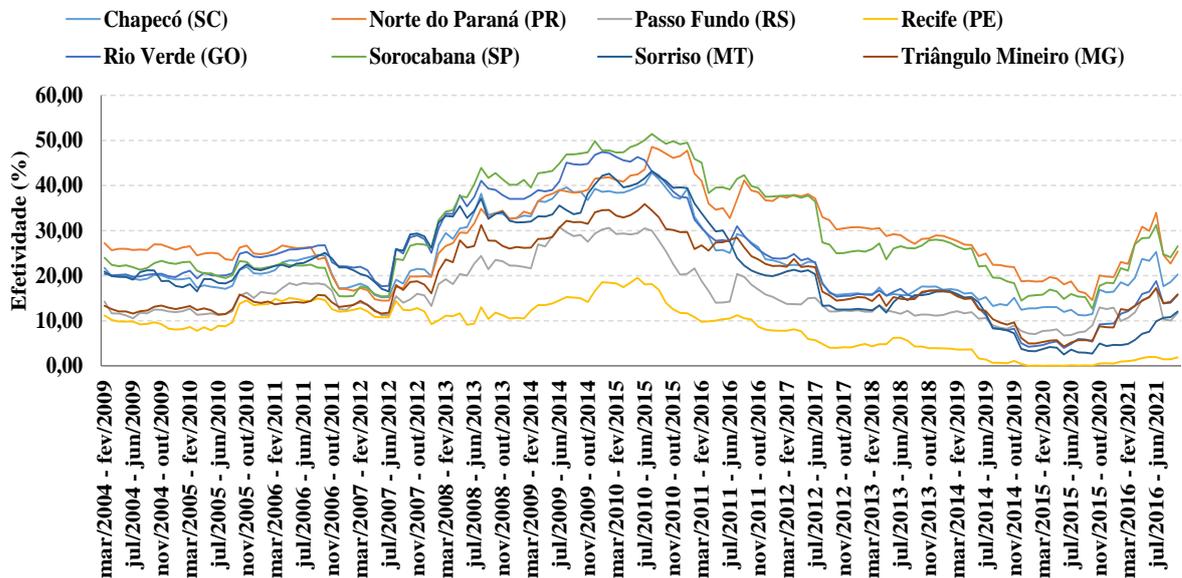
Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 13 – Estatística descritiva da razão ótima de *hedge* com contrato futuro de milho CME e janela móvel de cinco anos

	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Desvio Padrão	<i>n</i>
Chapecó (SC)	41.53	40.59	34.21	53.95	4.43	152
Norte do Paraná (PR)	60.91	63.16	42.51	77.35	8.25	152
Passo Fundo (RS)	32.76	32.18	25.13	49.69	4.70	152
Recife (PE)	20.00	20.35	0.69	32.97	7.81	152
Rio Verde (GO)	53.75	53.39	30.39	76.85	10.05	152
Sorocabana (SP)	61.78	62.47	43.01	81.11	10.43	152
Sorriso (MT)	66.73	65.18	27.96	103.62	18.41	152
Triângulo Mineiro (MG)	46.16	44.63	27.46	66.26	8.77	152

Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 11 – Efetividade de *hedge* com contrato futuro de milho CME e janela móvel de cinco anos



Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 14 – Estatística descritiva da efetividade de *hedge* com contrato futuro de milho CME e janela móvel de cinco anos

	Média (%)	Mediana (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Desvio Padrão	n
Chapecó (SC)	23.12	20.23	11.19	42.84	8.42	152
Norte do Paraná (PR)	28.97	27.11	14.47	48.57	8.19	152
Passo Fundo (RS)	15.85	13.72	6.76	30.81	6.25	152
Recife (PE)	8.67	9.67	0.01	19.52	5.25	152
Rio Verde (GO)	23.87	22.00	3.98	47.42	11.33	152
Sorocabana (SP)	29.38	26.04	12.66	51.44	10.85	152
Sorriso (MT)	21.42	20.66	2.51	43.18	10.88	152
Triângulo Mineiro (MG)	18.27	15.26	4.30	35.89	8.08	152

Fonte: Resultados da pesquisa.

Diferentemente da evolução com o contrato B3, o *hedge* feito com o contrato CME apresentou oscilações com movimentos mais bem definidos durante o período, o que pode ser comprovado pelos níveis de desvio padrão mais elevados nas estatísticas deste contrato quando comparado ao da bolsa de São Paulo. Aproximadamente a partir da janela de julho de 2007 a junho de 2012, a efetividade passou a apresentar valores mais elevados até chegar a um pico próximo à janela de novembro de 2010 a outubro de 2015: mais de 50% para a praça de Sorocabana (SP) e pouco menos de 20% para Recife (PE), por exemplo. A partir desse ponto, os níveis de efetividade de *hedge* fizeram uma inflexão e passaram a diminuir, até alcançar outro ponto de inflexão na janela de novembro de 2015 a outubro de 2020, quando tornaram a elevar-se – como ilustração desse ponto, os valores ficaram abaixo de 15% para Sorocabana (SP) e Norte do Paraná (PR) e perto de 0% para Recife (RE). Alves, Barros e Sanches (2018, p. 93-94) apontaram que, a partir de 2012, as exportações de milho brasileiro tiveram sucessivos aumentos, com exceção do ano-safra 2015-2016, quando houve uma quebra de produção no país. Uma possível justificativa, portanto, para os movimentos da efetividade de *hedge* utilizando o contrato futuro CME no período observado é a relação com os aumentos e os decréscimos nas exportações de milho do Brasil e, por consequência, com o ritmo de integração dos mercados locais de milho aos circuitos internacionais.

Vale reforçar, por fim, que o contrato CME reflete melhor os fundamentos globais quando comparado ao contrato B3, o que pode torná-lo mais sensível a situações como, por exemplo,

a crise do *subprime* em 2007/2008, a quebra da safra estadunidense de milho em 2012/2013 e a pandemia da covid-19 em 2020/2021. Além disso, o contrato CME é cotado em US\$/bushel e, portanto, as movimentações da taxa de câmbio também possuem um papel fundamental na definição da cotação equivalente a R\$/saca e, conseqüentemente, na definição da efetividade de *hedge* nas praças brasileiras a partir do contrato CME.

CONCLUSÃO

A produção de milho no Brasil, durante o ano-safra 2001/2002, foi de aproximadamente 35 milhões de toneladas. No final da década de 2010 e início do decênio de 2020, esse valor saltou para mais de 100 milhões de toneladas. Ganhos de produtividade e aumento de área colhida fizeram com que o cultivo de milho, destacadamente na safra de inverno, se tornasse uma das culturas mais relevantes do país (ALVES, BARROS e SANCHES, 2018; CONAB, 2021). Com isso, a oferta de milho foi suficiente não apenas para atender à demanda interna das indústrias de carne por ração animal, como também para satisfazer parte da demanda internacional através do crescimento das exportações. O milho das diversas regiões produtoras brasileiras, dessa forma, passou a integrar-se intensamente aos grandes circuitos de comercialização nacionais e internacionais, resultando em uma necessidade maior do uso de ferramentas de gerenciamento de risco de preço para essa *commodity* agrícola cujo mercado é cada vez mais relevante e integrado (MATTOS e SILVEIRA, 2018, p. 1).

Os principais instrumentos utilizados para a gestão do risco de mercado são os chamados derivativos: contratos financeiros cujos preços derivam de seu ativo-objeto e pelos quais se estabelece um acordo presente com liquidação futura (ARAUJO, 2017, cap. 3; BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, cap. 7; CME GROUP, 2019, cap. 1-4; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, cap. 12). Existem quatro tipos diferentes de derivativos: contrato a termo, contrato futuro, contrato de opção e contrato de *swap*. É importante conhecer bem tais ferramentas para utilizá-las apropriadamente de acordo com cada situação e, assim, fazer um gerenciamento de risco de preço que seja eficiente e gere retorno.

O gerenciamento de risco de preço utilizando os contratos de derivativos acontece através das operações de *hedge*. O objetivo econômico do *hedge* é atingido quando se transfere o risco de preço de uma posição própria a um terceiro; nos mercados futuros agropecuários, essa transferência acontece dos *hedgers* para os especuladores (SILVEIRA, 2002, p. 27-28). O *hedge* de venda tem por objetivo mitigar o risco de uma queda nos preços do ativo-objeto, enquanto o *hedge* de compra busca reduzir o risco de uma alta nos preços. As operações de *hedge* proporcionam tal proteção pois a posição assumida nos mercados futuros é oposta à posição que se tem no mercado físico e, dessa maneira, uma perda no mercado físico é compensada por um ganho no mercado financeiro e vice-versa (ARAUJO, 2017, cap. 3-8; BUAINAIN e SILVEIRA, 2017, cap. 7; CME GROUP, 2019, cap. 2-3, 5-6; MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007, cap. 12).

Dada toda essa construção teórica e conceitual feita, o presente trabalho estimou, então, a razão ótima e a efetividade das operações de *hedge* para algumas importantes praças produtoras de milho no Brasil, utilizando os contratos futuros tanto da B3 quanto da CME. Para isso, foi adotado o modelo de Ederington (1979), considerando intercepto e retorno dos preços, em três aplicações distintas: i) para o período completo das séries históricas, de fevereiro de 2004 a setembro de 2021; ii) para o primeiro subperíodo de fevereiro de 2004 a dezembro de 2011 e para o segundo subperíodo de janeiro de 2012 a setembro de 2021, divididos pelo ano em que a produção da safra de inverno do milho brasileiro ultrapassou a da safra de verão; e iii) para uma janela móvel de cinco anos, iniciando no intervalo de março de 2004 a fevereiro de 2009 e finalizando na janela de outubro de 2016 a setembro de 2021. Os dados diários foram transformados para médias mensais; as séries dos preços futuros foram obtidas junto às bolsas B3 e CME, e os preços à vista referiam-se às seguintes oito regiões consideradas: Chapecó (SC), Norte do Paraná (PR), Passo Fundo (RS), Recife (PE), Rio Verde (GO), Sorocabana (SP), Sorriso (MT) e Triângulo Mineiro (MG).

A aplicação do modelo para o período completo apresentou uma efetividade média de 55,65% com contrato B3 contra 21,30% com contrato CME, e uma razão ótima média de 78,99% da bolsa de São Paulo contra 49,12% da bolsa de Chicago. As praças que apresentaram maior efetividade de *hedge*, seja pelo contrato B3, seja pelo contrato CME, foram Sorocabana (SP), Norte do Paraná (PR) e Chapecó (SC). Por outro lado, Recife (PE) e Passo Fundo (RS) observaram os menores valores de efetividade.

Considerando o corte temporal do primeiro subperíodo, a média da efetividade de *hedge* foi de 55,97% com o contrato de milho B3 e de 22,53% com o contrato CME. A razão ótima média, por sua vez, foi de 79,66% e 46,74%, respectivamente. Sorocabana (SP), Norte do Paraná (PR) e Chapecó (SC) continuaram sendo as praças com os maiores níveis de efetividade de *hedge* a partir dos contratos da bolsa de São Paulo, com valores acima de 60%, enquanto Recife (PE), Sorriso (MT) e Passo Fundo (RS), por outro lado, apresentaram níveis abaixo de 50%. Considerando a bolsa de Chicago, no entanto, as quatro primeiras praças com as melhores efetividades de *hedge* foram Norte do Paraná (PR), Rio Verde (GO), Sorriso (MT) e Sorocabana (SP), com números acima de 25%. As praças que apresentaram as menores efetividades de *hedge* a partir do contrato CME foram Recife (PE), Passo Fundo (RS) e Triângulo Mineiro (MG), com níveis abaixo de 20%.

O corte temporal do segundo superíodo, por sua vez, apresentou uma efetividade de *hedge* média com o contrato B3 de 55,52% e, com o contrato CME, de 20,72%. As médias das razões ótimas de *hedge* foram, respectivamente, de 78,39% e 51,32%. Sorocabana (SP) e Norte do

Paraná (PR) permaneceram com os maiores níveis de efetividade de *hedge* – acima de 65% utilizando o contrato de milho B3 e de 30% utilizando o contrato CME. Por outro lado, Recife (PE) e Passo Fundo (RS) apresentaram os valores mais baixos de efetividade: abaixo de 35% com B3 e de 15% com CME.

A partir da janela móvel de cinco anos, os resultados de razão ótima e efetividade de *hedge* com contrato B3 oscilaram ao longo do período, apesar de não terem definido uma tendência clara de subida ou de queda nos valores. As praças com os melhores níveis de efetividade de *hedge*, considerando o contrato B3, foram Sorocabana (SP) e Norte do Paraná (PR), enquanto os menores valores de efetividade ficaram a cargo das praças de Recife (PE) e Passo Fundo (RS). O *hedge* feito com o contrato CME apresentou oscilações com movimentos mais bem definidos durante o período. Uma possível justificativa para isso é a relação com os aumentos e os decréscimos nas exportações de milho do Brasil (ALVES, BARROS e SANCHES, 2018, p. 93-94) e, conseqüentemente, com o ritmo de integração dos mercados locais de milho aos circuitos internacionais. Além disso, o contrato CME também reflete melhor os fundamentos globais quando comparado ao contrato B3, o que pode torná-lo mais sensível a situações macroeconômicas internacionais. Sorocabana (SP) e Norte do Paraná (PR) figuraram com os valores mais altos de efetividade de *hedge*, enquanto Recife (PE) apresentou os menores níveis.

Os resultados obtidos por este trabalho apresentaram valores relevantes para a efetividade de *hedge* estimada, corroborando a importância das operações de *hedge* como uma forma eficiente de gerir o risco de preço no mercado de milho, destacada também por outros estudos, como Figueiredo, Machado e Oliveira Neto (2009), Cunha e Rodrigues (2013) e Braga, Coelho e Tonin (2009).

De uma forma geral, a utilização do contrato futuro B3 para as operações de *hedge* apresentou resultados melhores de efetividade do que o contrato futuro CME: da mesma forma que o contrato CME reflete melhor os fundamentos globais, o contrato B3 absorve com mais precisão os fundamentos da dinâmica do milho dentro do Brasil. Assim, recomenda-se preferencialmente a utilização da bolsa de São Paulo para as operações de *hedge* feitas pelos agentes desse mercado. Isso não significa, porém, o descarte completo da utilização da bolsa de Chicago; como foi discutido durante este estudo, o milho brasileiro está cada vez mais se integrando ao mercado internacional e, portanto, o contrato CME configura-se como uma alternativa viável e interessante de *hedge* para parte do volume de produção, com a perspectiva de relevância crescente para os próximos anos.

Trabalhos futuros podem aprofundar a análise realizada por este trabalho. Além de utilizar dados com frequência semanal, como realizado em Cunha e Rodrigues (2013) e Braga, Coelho e Tonin (2009), outros estudos podem inserir metodologias alternativas de análise, como feito em Figueiredo, Machado e Oliveira Neto (2009), em adição aos dois estudos já citados focados no mercado de milho. De forma complementar, os mercados de soja e de boi gordo podem ser objetos de análise, dada a relação existente com a cadeia agroindustrial do milho.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. R. D.; MARTINS, A. G. Efetividade do *hedge* de soja em grão brasileira com contratos futuros de diferentes vencimentos na *Chicago Board of Trade*. *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 2, n. 4, p. 449-472, 2004.

ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. C.; SANCHES, A. Oferta e demanda mensal de milho no Brasil: impactos da segunda safra. *Revista de Política Agrícola*, v. 27, n. 4, p. 73-97, 2018.

ARAUJO, M. O segredo do grão: o comércio de *commodities* agrícolas. Curitiba: 2017.

BALLINI, R.; SILVEIRA, R. L. F.; SOUZA, D. K. F. Efeito da expansão da “segunda safra” de milho no Brasil sobre a sazonalidade dos preços *spot*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA (ANPEC 2021), 49º, 2021.

BRAGA, M. J.; COELHO, A. B.; TONIN, J. M. 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. 117-142, 2009.

BROWN, S.L. *A reformulation of portfolio model of hedging*. *American Journal of Agricultural Economics*, v.67, n.3, p. 508-512, 1985.

BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, R. L. F. Manual de avaliação de riscos na agropecuária. 1. ed. Rio de Janeiro: ENS-CPES, 2017.

CBOT Rulebook, Chapter 10 Corn Futures. BOARD OF TRADE OF THE CITY OF CHIGADO (CBOT), 2000. Disponível em: <<https://www.cmegroup.com/rulebook/CBOT/>>. Acesso em: 16 de mai. de 2021.

CONAB – Série Histórica das Safras. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB), 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em: 02 de nov. de 2021.

Contrato Futuro de Milho com Liquidação Financeira – Especificações. BM&FBOVESPA, 2008. Disponível em: <http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/commodities/ficha-do-produto-8AE490CA6D41D4C7016D45F3CB0A38F0.htm>. Acesso em: 16 de mai. De 2021.

CRUZ JÚNIOR, J. C.; SAES, M. S. M.; SILVEIRA, R. L. F. Uma análise da gestão de risco de preço por parte dos produtores de café arábica no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 50, n. 3, p. 397-410, 2012.

CRUZ JÚNIOR, J. C.; SILVEIRA, R. L. F. Efetividade e razão ótima de *hedge* no mercado futuro de café: uma comparação entre diferentes métodos. *In: CONGRESSO SOBER – SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL*, 48º, 2010, Campo Grande (MS).

CUNHA, C. A.; RODRIGUES, G. Z. Operações de *hedge* de milho para importantes municípios goianos. *Revista de Política Agrícola*, v. 22, n. 4, p. 38-55, 2013.

EDERINGTON, L.H. *The hedging performance of the new futures markets*. *Journal of Finance*, v.34, n.1, p. 157-70, 1979.

ETD Volume – March 2021. FUTURES INDUSTRY ASSOCIATION, 2021. Disponível em: <<https://www.fia.org/resources/etd-volume-march-2021>>. Acesso em: 03 de mai. de 2021.

FERREIRA FILHO, J. B. S.; SILVEIRA, R. L. F. Análise das operações de *cross hedge* do bezerro e do *hedge* do boi gordo no mercado futuro da BM&F. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 41, n. 4, p. 881-899, 2003.

FIGUEIREDO, R. S.; MACHADO, A. G.; OLIVEIRA NETO, O. J. Efetividade de *hedge* e razão ótima de *hedge* para cultura do milho no estado de Goiás. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 5, n. 2, p. 115-138, 2009.

GRANGER, C. W. J. *Investigating causal relationships by econometric models and cross spectral methods*. *Econometrica* 37 (3), 424-38, 1969.

HAYENGA, M.L.; JIANG, B.; LENCE, S.H. *Improving wholesale beef and pork product cross hedging*. Agribusiness, v.12, n.6, p. 541-560, 1996.

HULL, J. *Introdução aos mercados futuros e de opções*. 2 ed. São Paulo: BM&F; Cultura Editores Associados, 1996.

HULL, J. *Opções, futuros e outros derivativos*. 3. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2003.

MATTOS, F.; SILVEIRA, R. L. F. *The Expansion of the Brazilian Winter Corn Crop and Its Impact on Price Transmission*. International Journal of Financial Studies, v. 6, p. 1-17, 2018.

MELO, C. O. *Modificação no padrão de comportamento dos preços do milho no Paraná em 2001-2019*. Revista de Política Agrícola, v. 30, n. 1, p. 7-19, 2021.

MENDES, J. T. G; PADILHA JUNIOR, J. B. *Agronegócio: uma abordagem econômica*. São Paulo: Pearson, 2007.

MYERS, R. J.; THOMPSON, S. R. *Generalized optimal hedge ratio estimation*. American Journal of Agricultural Economics, v. 71, n. 4, p. 858-867, 1989.

NATENBERG, S. *Option volatility and pricing: advanced trading strategies and techniques*. 2 ed. McGraw-Hill Education, 2015.

RAABE, J. P.; SHIKIDA, P. F. A; STADUTO, J. A. R. *A efetividade de hedge do mercado futuro de açúcar nos mercados de Nova York, Londres e da BM&F*. Revista de Economia e Administração, v. 5, n. 3, p. 338-357, 2006.

Self-Study Guide to Hedging with Grain and Oilseed Futures and Options. CME GROUP, 2019. Disponível em: <https://www.cmegroup.com/trading/agricultural/files/pm255_self-study-guide_hedging_en_2019.pdf>. Acesso em: 11 de abr. de 2021.

SILVEIRA, R. L. F. Análise das operações de *cross hedge* do bezerro e do *hedge* do boi gordo no mercado futuro da BM&F. Piracicaba, 2002. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.