

UFSCar - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

CAIO ZOMPERO PALADINI

**ANÁLISE DA EFETIVIDADE DA ESTRATÉGIA DE *HEDGE* NO MERCADO
DE CAFÉ**

SOROCABA – SP

2022

UFSCar - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

CAIO ZOMPERO PALADINI

**ANÁLISE DA EFETIVIDADE DA ESTRATÉGIA DE *HEDGE* NO MERCADO
DE CAFÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para a obtenção do título de
Bacharel em Ciências Econômicas pela
UFSCar – Universidade Federal de São
Carlos – Campus Sorocaba.
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Rodrigues de
Castro

SOROCABA – SP

2022

Caio Zompero, Paladini

ANÁLISE DA EFETIVIDADE DA ESTRATÉGIA DE
HEDGE NO MERCADO DE CAFÉ: Caio Zompero Paladini
- 2022 / Paladini Caio Zompero -- 2022.

42f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos,
campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Prof. Dr. Eduardo Rodrigues de Castro

Banca Examinadora: Prof. Dr. José César Cruz Júnior,

Prof. Dr. Adelson Martins Figueiredo

Bibliografia

1. Café. 2. Hedge. 3. Risco. I. Caio Zompero, Paladini. II.
Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979

CAIO ZOMPERO PALADINI

ANÁLISE DA EFETIVIDADE DA ESTRATÉGIA DE *HEDGE* NO MERCADO DE CAFÉ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas pela UFSCar – Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba

Aprovado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Orientador

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues de Castro

Examinador

Prof. Dr. José César Cruz Júnior

Examinador

Prof. Dr. Adelson Martins Figueiredo

RESUMO

PALADINI, C. Análise da efetividade da estratégia de *hedge* para o mercado de café. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2022.

Diante dos diferentes fatores de risco atrelados à produção do café, aliado à representatividade do Brasil na produção e exportação desta commodity, o presente trabalho tem como objetivo analisar a eficiência da estratégia de *hedge* para um produtor de café que busca uma estratégia para minimização do risco de sua produção. Através do modelo da máxima utilidade esperada, foram analisados os resultados mensais da carteira do produtor de janeiro de 2010 até dezembro de 2021, tanto para contratos futuros cotados na B3, quanto para contratos futuros cotados na bolsa de Nova Iorque. Os resultados indicam que a estratégia de *hedge* realizada em sua razão ótima, promoverá condições mais favoráveis ao produtor em relação à redução do risco e pela obtenção da maior utilidade possível, em ambas as bolsas analisadas. Além disso, verifica-se que a utilização da estratégia de *hedge* no mercado de café é mais eficiente em relação à não adoção desta estratégia, e também, em relação à adoção desta estratégia para 100% da produção.

Palavras-chave: café, *hedge*, risco, utilidade, eficiência

ABSTRACT

PALADINI, C. Analysis of the effectiveness of the hedging strategy for the coffee market. Completion of course work (Graduate in Economic Sciences) – Center for Science in Management and Technology, Federal University of São Carlos, Sorocaba, 2022.

Given the different risk factors linked to coffee production, combined with the representativeness of Brazil in the production and export of this commodity, the present work aims to analyze the efficiency of the hedging strategy for a coffee producer that seeks a strategy to minimize the risk of your production. Using the maximum expected utility model, the monthly results of the producer's portfolio were analyzed from January 2010 to December 2021, both for futures contracts quoted on the B3 and for futures contracts quoted on the New York Stock Exchange. The results indicate that the hedging strategy carried out in its optimal ratio will promote more favorable conditions to the producer in relation to the reduction of risk and by obtaining the greatest possible utility, in both analyzed exchanges. In addition, it appears that the use of the hedging strategy in the coffee market is more efficient in relation to the non-adoption of this strategy, and also, in relation to the adoption of this strategy for 100% of the production.

Key-words: coffee, *hedge*, risk, utility, efficiency

LISTA DE FIGURAS

GRÁFICO 1	Preços à vista (R\$) e futuros (R\$) - jan. 2010 - dez. 2021.....	25
GRÁFICO 2	Variação na carteira do produtor a partir da razão ótima de <i>hedge</i> - jan. 2010 - dez. 2021 - contratos nacionais (R\$).....	26
GRÁFICO 3	Oscilação da utilidade ao longo da variação da razão de <i>hedge</i> - contratos nacionais.....	27
GRÁFICO 4	Preços à vista (USD) e futuros (USD) - jan. 2010 - dez. 2021.....	29
GRÁFICO 5	Variação na carteira do produtor a partir da razão ótima de <i>hedge</i> - jan. 2010 - dez. 2021 - contratos internacionais (USD).....	29
GRÁFICO 6	Oscilação da utilidade ao longo da variação da razão de <i>hedge</i> - contratos internacionais.....	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Comparação dos resultados da carteira do produtor com a razão ótima de 77%, sem a adoção do <i>hedge</i> , e com 100% da produção <i>hedgeada</i>	27
TABELA 2	Comparação dos resultados da carteira do produtor com a razão ótima de 75%, sem a adoção do <i>hedge</i> , e com 100% da produção <i>hedgeada</i>	30
TABELA 3	Aplicação da razão ótima de <i>hedge</i> dos anos de 2010 a 2018 nos preços de 2019 comparado ao cenário onde o <i>hedge</i> não é feito.....	32
TABELA 4	Aplicação da razão ótima de <i>hedge</i> dos anos de 2010 a 2019 nos preços de 2020 comparado ao cenário onde o <i>hedge</i> não é feito.....	33
TABELA 5	Aplicação da razão ótima de <i>hedge</i> dos anos de 2010 a 2020 nos preços de 2021 comparado ao cenário onde o <i>hedge</i> não é feito.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3. METODOLOGIA.....	19
3.1 RAZÃO DE MÍNIMA VARIÂNCIA.....	20
3.2 RAZÃO DE MÁXIMA UTILIDADE ESPERADA.....	21
3.3 EFETIVIDADE DO <i>HEDGE</i>	22
3.4 DADOS.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 <i>HEDGE</i> COM CONTRATOS NACIONAIS.....	24
4.2 <i>HEDGE</i> COM CONTRATOS INTERNACIONAIS.....	28
4.3 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA RAZÃO ÓTIMA DE <i>HEDGE</i>	31
5. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura, há mais de dois séculos, apresenta grande relevância econômica e social para a nação brasileira. No mês de setembro de 2021, de acordo com um relatório do Conselho dos Exportadores de Café do Brasil (CAVATON, 2021), as exportações de café brasileiro atingiram 29,7 milhões de sacas de 60 quilos no acumulado de nove meses, recuando 16,5% em relação às 36,227 milhões de sacas exportadas entre julho de 2020 e março de 2021. Em receita, houve evolução de 29,5%, com o valor saltando de US\$ 4,555 bilhões para US\$ 5,901 bilhões.

Quando se investiga o envolvimento do Brasil no mercado internacional e na produção de café, associado à importância econômica dessas atividades, percebe-se a necessidade de cada vez mais fazer uso de ferramentas modernas, que deem suporte à edificação de bases de proteção de preços e coordenação de riscos e também que possibilitem e promovam a expansão dos negócios. De acordo com Matiello e Carvalho (1980), os efeitos prejudiciais causados pela falta de conhecimentos e de tecnologia apropriada, no manejo de cafezais, foram evidentes nas crises econômicas e na ação predatória do meio ambiente.

Por ser uma importante commodity agrícola ao redor do globo é fundamental entender os impactos que a economia orientada pelas transações no mercado futuro pode apresentar na movimentação física, na precificação e na valorização interna e externa do produto (REGO; PAULA, 2012).

No sentido mercadológico, a especulação pode causar consideráveis altas e quedas nas bolsas de valores mundiais. O clima, como um fator não sistêmico, pode causar alterações drásticas na produção que impactam diretamente na oferta do produto e conseqüentemente no seu preço de mercado. Desta forma, os preços de mercado não são constantes, e sim, sistematicamente, variáveis o que torna a operação nestes mercados arriscada caso não sejam utilizadas estratégias que visem ao mínimo assegurar o investimento (RIBEIRO; ROGERS, 2006).

Os produtores de café, bem como todos os profissionais envolvidos na produção de commodities agrícolas, estão expostos a um amplo leque de adversidades que podem levar a grandes perdas, sendo elas caracterizadas por problemas atrelados à própria produção ou ainda perdas relacionadas com os

riscos gerados pelas flutuações de preço. São vários os fatores que afetam a oferta do produto no mercado cafeeiro como a tecnologia, o número de produtores, o custo dos insumos, o clima, entre outros fatores. (BARABACH, 2011).

Justamente por conta dessa imprevisibilidade existente no mercado, característica comum a todas as commodities agrícolas, é importante que o produtor busque alternativas para reduzir o impacto sobre sua produção e o retorno esperado sobre ela.

De acordo com Rugani e Silveira (2015), um dos maiores problemas relacionados ao café está associado aos baixos preços recebidos pelos produtores e sua instabilidade. Por conta dessa imprevisibilidade, os produtores entenderam que o conhecimento do comportamento dos preços é muito útil para a tomada de decisões no planejamento da produção, manutenção e formação de estoques. Dessa forma Neto (1998) explica o quão fundamental é a gestão de riscos para o produtor, visando atingir a diminuição do risco, impedindo grandes perdas, através da compreensão e do controle das operações nos mercados.

De acordo com BERNSTEIN (1997), os agentes deverão buscar a máxima compreensão dos riscos, como, os riscos de preços a que estão sujeitos, a fim de tomar as melhores decisões. O mercado agrícola é naturalmente instável devido sua dependência a fatores climáticos que não podem ser controlados. No entanto é justamente por ser natural e recorrente a instabilidade dos preços agrícolas, que o seu comportamento é previsível (ALMEIDA, 2019).

Envolvido em um cenário tão sensível com riscos de ser impactado por problemas extrínsecos às capacidades de intervenção direta dos agentes econômicos, o produtor tem a seu dispor como uma das possíveis estratégias de contenção dos riscos sob a as receita, a utilização do mercado de futuros como uma alternativa para se proteger. De acordo com Carmona (2009), costuma-se classificar os agentes econômicos que participam do mercado de derivativos, de acordo com a sua postura em relação ao risco em que assumem. Considera-se que produtores que utilizam uma postura mais cautelosa em busca de proteção, podem ser classificados como *hedgers*.

Esta monografia tem como objetivo analisar a opção de hedge para o mercado de café, pensando nessa possibilidade como forma de proteção dos

produtores ante às variações de preços. Foram exploradas duas diferentes abordagens que partem de diferentes pressupostos em relação às preferências do produtor em relação ao risco: a primeira delas tem como premissa que o produtor de café não fará o *hedge*, visando medir o quanto ele seria impactado por essa tomada de decisão. Já na segunda abordagem, o produtor realizará o *hedge* em 100% da sua produção, para então visualizar se isso será mais ou menos eficiente para ele.

De acordo com Harzer et al. (2012), o mercado de contratos futuros com derivativos se mostra uma possibilidade eficiente para o produtor devido a capacidade de gerenciamento das perdas financeiras decorrentes das oscilações dos preços. Assim, entender o relacionamento existente entre os preços à vista e preços futuros, torna-se imperativo para a realização de operações de *hedge* eficientes no propósito de eliminação ou minimização das perdas financeiras. Isto possibilita ao produtor rural programar suas atividades em termos da escolha do produto, época do plantio, área cultivada para cada produto, nível de produção, estoques, etc., além de proteger seus investimentos e garantir a sobrevivência do negócio.

Como apresentado por Thompson e Bond (1987) em sua pesquisa, a influência dos fatores relacionados ao câmbio gera impactos diretos na razão ótima de *hedge* que deverá ser realizada pelo produtor, e também no risco que essa estratégia impõe à operação. Justamente por essa influência do câmbio, e pelos contratos nacionais serem cotados em dólar, a análise realizada levou em consideração os contratos mensais cotados na bolsa nacional B3 e cotados na bolsa de Nova Iorque dentre janeiro de 2010 até dezembro de 2021.

Para entender e analisar as condições que mais favorecem o produtor, dois possíveis modelos teóricos foram explorados, sendo que ambos buscam tornar mais assertiva a tomada de decisão do agente econômico. Os modelos são o da mínima variância e o modelo da maximização da utilidade. Para a condução da pesquisa, será enfatizado o modelo da máxima utilidade esperada para definição da razão ótima de *hedge* que promova o menor grau de risco possível ao produtor, aliado com o maior retorno possível de sua utilidade.

A hipótese principal do trabalho é que a adoção da estratégia de *hedge* seja a opção que ofereça maiores ganhos ao produtor associado a redução do risco. Isso é esperado justamente pela contenção dos riscos encontrada na

estratégia de *hedge*, apoiada ainda no impacto que o tempo terá nesta estratégia, maximizando o retorno esperado pelo agente econômico, garantindo ainda, a maior utilidade sobre os retornos de sua carteira. Portanto, pode-se afirmar que essa estratégia de fato é eficiente para o produtor de café? Se sim, em qual cenário o produtor garante a proteção de sua produção de forma eficiente?

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil hoje tem como destino mais de 115 países importadores, sendo um dos maiores produtores e exportadores de café no mundo (CAVATON, 2021), os demais países não só dependem do Brasil para manutenção do equilíbrio da dinâmica comercial do café, como o próprio Brasil hoje depende desta commodity como uma de suas importantes fontes de abastecimento do seu balanço de pagamentos.

Uma das causas que justifica a relevância do Brasil no mercado de café mundial, bem como nos demais mercados do agronegócio, é explicada por Siqueira (2005), que afirma que os produtores brasileiros implantaram diversos programas visando a obtenção de ganhos de competitividade, que proporcionaram ganhos nos índices de produtividade e qualidade em todas as etapas da cadeia produtiva. Aliado a essas iniciativas, houveram investimentos com o foco na expansão das áreas de produção competitiva nacional e internacional, garantindo um maior fluxo de exportação de café.

Siqueira (2005) ainda afirma que essas medidas permitiram que o Brasil se apoiasse no produto como um catalisador no seu desenvolvimento agrícola e econômico e possibilitou ainda que a nação brasileira se estabelecesse, com o passar dos anos, como a principal exportadora e produtora de café do mundo, abastecendo os estoques de inúmeras nações ao redor do globo e interferindo diretamente na formação de preços do café comercializado em escala internacional.

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de café e é responsável por 30% do mercado mundial. De acordo com Brasil (2018), as duas principais espécies plantadas são a arábica (80% da área) e, a conilon ou robusta. O País também é o maior exportador de café e segundo maior consumidor da bebida no mundo. É o 5º produto na pauta de exportação brasileira, movimentando US\$ 5,2 bilhões em 2017. Ocupa uma área de 2 milhões de hectares com cerca de 300 mil produtores, predominando mini e pequenos, em aproximadamente 1.900 municípios, distribuídos nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Amazonas e Pará. Atualmente, a produção da espécie arábica está concentrada nos Estados de Minas Gerais, que é o maior produtor, seguido por São Paulo, Espírito Santo

e Bahia. Esses quatro estados concentram 85% da produção nacional dessa espécie, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2017). A Conilon é cultivada principalmente no Espírito Santo, Bahia e Rondônia, concentrando 95% da produção nacional.

As atividades agrícolas têm características econômicas diferentes em comparação com outros setores da economia. As diferenças mais relevantes são aquelas relacionadas aos fatores climáticos, a perecibilidade dos produtos e as grandes variações de preços nos mercados físico e futuro. A soma de todas estas características torna esta atividade muito arriscada dado o investimento realizado. Entre as commodities agrícolas produzidas no Brasil, a que apresenta maior volatilidade de preço é o café (AGUIAR, 2004).

A função fundamental da gestão de riscos, através do uso de derivativos, é a de diminuir a ameaça de grandes perdas, ao melhorar a compreensão e o controle das operações nos mercados futuros (SILVA NETO, 1998:195). Na visão de Marques e Mello (1999) mercados possibilitam a estabilização de preços e a redução de riscos, permitindo melhor planejamento, a diminuição dos custos de transação e o aumento da competitividade das cadeias, dessa forma representando um mecanismo de proteção para os agentes contra os efeitos adversos das variáveis de mercado.

Duarte Júnior (2001) expressa que o risco tem relação com o comportamento do preço do ativo diante das condições de mercado. Diz ainda que, para medir possíveis perdas causadas por flutuações, é importante identificar e quantificar as volatilidades e correlações dos fatores que causam impactos à dinâmica do preço do ativo.

Nesse sentido, de acordo com Lamounier (2007), o controle de risco tem se tornado cada vez mais um dos principais aspectos da melhoria da eficiência das diversas atividades econômicas por meio da compreensão das particularidades dos mercados em que atua. No entanto, pode-se observar que, devido a uma compreensão imperfeita da natureza da volatilidade dos preços, a maioria dos agentes econômicos participantes desses mercados ainda não aproveitou plenamente, o potencial de ganhos decorrentes de uma gestão de risco mais eficaz. Se não puder ser evitada, deve pelo menos ser melhor compreendida pelos agentes econômicos envolvidos nesses mercados para otimizar suas decisões de *hedge* e especulativas.

Conforme Hull (1996, apud BITENCURT, 2007), considera-se a base como a diferença entre o preço da commodity no mercado físico, na praça local onde é comercializada e o preço futuro para determinado mês de vencimento do contrato na B3. Os atuantes por meio dos mercados derivativos podem *hedgear* através da venda e compra de contratos futuros, ao mesmo tempo em que adotam posições contrárias no mercado físico. Essa tática minimiza o risco de mercado, uma vez que ocorrerá a proteção contra oscilações desfavoráveis de preços, porém, o investidor continua ainda exposto ao risco de base. Assim, a correlação ou conexão existente entre o preço da mercadoria e o preço do contrato futuro no mercado físico é o que dá fundamentação à estratégia de *hedge* já que, quando entre tais mercados há correlação, admite-se que as perdas num determinado mercado sejam cobertas, ao menos uma parte delas, pelo saldo positivo em outro mercado. Caso ocorra um descolamento de mercados derivado da anulação nessa correlação, as perdas financeiras incidirão sobre o agente. Já que a variação da base é menor, o risco de mercado é maior que o risco de base (BITENCURT, 2007).

Como explicado por Aguiar (2000), a utilização do mercado futuro é recomendada para minimização dos riscos justamente pela existência dos múltiplos mecanismos de seguridade aos investidores. A estratégia de *hedge* com contratos futuros consiste em se tomar uma posição vendida no mercado futuro e comprada no mercado físico (*hedge* de venda), e vice-versa (*hedge* de compra). De tal forma que, como os preços à vista e futuros tendem a variar no mesmo sentido, haverá ganho em um mercado e perda em outro. A questão relevante para quem faz um *hedge* é se o ganho em um mercado compensará a perda em outro. Isto dependerá, conforme argumentam Purcell e Koontz (1999), do comportamento conjunto dos preços à vista e futuro.

O objetivo básico dos contratos futuros é a proteção dos participantes do mercado contra as oscilações dos preços de seus produtos e de seus investimentos em ativos financeiros. Os contratos futuros são “um acordo para comprar ou vender um ativo em determinada data no futuro a preço previamente estabelecido” (HULL, 2010, p. 35). O risco da oscilação dos preços é distribuído entre os agentes econômicos e a relação entre oferta e demanda, influencia diretamente na formação futura dos preços dos produtos negociados nesses mercados. Ou seja, os contratos futuros são utilizados com o propósito

de minimizar os futuros riscos de caixa gerados pela possibilidade de alteração no valor de determinado ativo.

Mesmo com a baixa liquidez da maioria dos contratos futuros de commodities agropecuárias na B3, o café é a principal commodity transacionada no mercado de futuros do Brasil. Isso é explicitado tanto pelo número de contratos negociados, como também pelo volume financeiro envolvido nessas transações. Esse fato, em grande parte, é reflexo das acentuadas flutuações de preços ao longo do tempo, que caracterizam o mercado spot de café (LAMOUNIER, 2006).

Dessa forma, pode-se inferir que, toda a operação organizada com objetivo de diminuir o risco de perda por conta das oscilações de preço é conhecida como *hedge*. Uma "cobertura imperfeita", porém eficiente e completamente intuitiva, acontece na época de grandes inflações, que é quando é feito o domínio sobre ativos reais. A estruturação do *hedge* varia bastante (desde ativos tradicionais, como ouro e imóveis, até contratos futuros e derivativos com elevada complexidade e sofisticação). A finalidade do *hedge* perfeitamente desenvolvido e estruturado, sendo sempre importante destacar esse fato, reduz as possibilidades de perdas e ganhos.

De acordo com Paxson e Wood (2001), o conceito de *hedge* pode ser aplicado em diferentes problemas e cenários, sendo utilizado por empresas e indivíduos como proteção contra a incerteza. Segundo os autores, esta estratégia tem como característica duas principais funções: administrar riscos assumindo uma posição oposta à determinada exposição original e proteger-se de variações no valor de ativos ou passivos denominados em moeda estrangeira.

Já Souza et. al (2011) afirma que o *hedge* se caracteriza como o ato de transferência de risco de agentes avessos a este risco, para os especuladores mais tolerantes. Neste trabalho, partiremos da perspectiva de Paxson e Wood (2001), em que o principal objetivo do *hedge* é a minimização dos riscos, visando sempre o menor grau de risco possível.

É importante salientar que, apesar do foco deste artigo se apoiar no mercado cafeeiro, as operações de *hedge* são utilizadas em larga escala por produtores de diversas outras commodities agrícolas, já que a abrangência do

mercado de derivativos agrícolas está enraizada nas principais bolsas de valores ao redor do mundo.

3. METODOLOGIA

A estratégia de *hedge* utilizada nas análises deste trabalho teve como objetivo compreender a realidade de um produtor de café que está buscando uma alternativa para reduzir o risco de sofrer com as variações de preço, minimizando as possibilidades de perdas futuras. O produtor de café se apoia no mercado de futuros para realizar sua estratégia de *hedge*, que consiste em realizar a venda de contratos com volume equivalente ao da sua produção, visando mitigar o risco da oscilação dos preços.

Tendo em vista que o produtor tem como opção considerar tanto o mercado brasileiro como o de Nova York, ambas as possibilidades que ele tem disponível serão analisadas, justamente pelas diferenças mercadológicas existentes nos dois países. Através da análise dos preços do ativo, e considerando a aplicação da estratégia de *hedge*, o produtor criará uma expectativa de retorno em sua carteira.

A equação para obter o valor do retorno da carteira do produtor, de acordo com Jorion (2003) é a seguinte:

$$r_h = r_s - h^* \times r_f \quad (1)$$

Onde:

r_h é o retorno da carteira;

r_s é o retorno do ativo físico (spot);

h^* é a razão de *hedge* utilizada;

r_f é o retorno do ativo futuro.

Para garantir que o produtor obtenha os maiores ganhos associados à redução do risco, é importante que a razão de *hedge* utilizada na equação anterior seja a razão ótima de *hedge*. Esta razão pode ser definida como a melhor proporção entre o equivalente número de contratos futuros e o volume de café produzido, minimizando o risco do produtor.

Para efeito de comparação, a razão ótima de *hedge* será colocada em relação a dois cenários: o primeiro, onde será considerado que o produtor não

faça o *hedge*, busca entender o quanto ele teria sido impactado pela decisão de não proteger seu ativo; já o segundo cenário de comparação é aquele em que o produtor faz *hedge* em 100% de sua produção, com o objetivo de, por alguma forma, minimizar ao máximo, o risco de perdas financeiras. Adicionalmente, serão analisadas as estratégias obtidas com o modelo de minimização da variância e de maximização da utilidade do portfólio composto por ativos no mercado físico e futuro.

Para aumentar a confiabilidade das análises realizadas foram feitas desenvolvidas algumas aplicações da razão ótima de *hedge* obtida a partir dos dados de um determinado período e, esta razão ótima, é aplicada aos preços do ano seguinte ao período analisado. Esse teste foi feito para os anos de 2019, 2020 e 2021.

3.1 RAZÃO DE MÍNIMA VARIÂNCIA

De acordo com Figueiredo (2002), o objetivo da estratégia de *hedge* pela mínima variância é maximizar a eficiência da proteção obtida no uso dos contratos futuros, visando adequar as perdas com ganhos financeiros. De forma complementar, Hull (2008) diz que a razão de *hedge* ótima de mínima variância deve visar a máxima redução do risco da operação.

Partindo da variância como medida de risco, tem-se a seguinte expressão:

$$\sigma_p^2 = \sigma_S^2 + h^2 \sigma_F^2 - 2hp_{S,F} \sigma_S \sigma_F \quad (2)$$

Em que:

σ_p^2 é a variância da carteira;

σ_S^2 é a variância dos retornos dos preços do ativo no mercado físico;

σ_F^2 é a variância dos retornos dos preços do ativo no mercado futuro;

$p_{S,F}$ é a correlação entre os retornos dos preços dos ativos nos mercados spot e de futuros;

h é a razão de *hedge*;

σ_S é o desvio-padrão dos retornos dos preços do ativo no mercado físico;
 σ_F é o desvio-padrão dos retornos dos preços do ativo no mercado futuro;

Para obter a razão de *hedge* ótima através do modelo de mínima variância, deve-se minimizar σ_P^2 na equação (1), em relação a h^* . A condição de primeira ordem leva ao seguinte resultado para obtenção do valor de h , que apresenta o mínimo risco da variância da carteira:

$$h^* = P_{S,F} \times \left(\frac{\sigma_S}{\sigma_F} \right) \quad (3)$$

3.2 RAZÃO DE MÁXIMA UTILIDADE ESPERADA

Para Chen, Lee e Shrestha (2003), muitos autores expõem suas críticas em relação ao uso da variância como forma de expressar o risco do portfólio. Segundo Cruz Jr. (2009), a compatibilização das análises de média-variância e de utilidade esperada da riqueza final, traria como resultado um modelo que apresentasse a função de utilidade com os argumentos representados pelo retorno esperado do portfólio, expresso como a média dos retornos no período, e pelo risco expresso pelo desvio-padrão. A maximização desta função de utilidade nos dá a razão ótima que expressa a maior utilidade esperada da riqueza final.

A razão de máxima utilidade esperada é calculada com base na seguinte equação:

$$E [U(W_1)] = V(\mu_h, \sigma_h) = \mu_h - \frac{\theta}{2} \sigma_h^2 \quad (4)$$

Em que:

$E [U(W_1)]$ é a utilidade esperada da riqueza final;

θ é o grau de aversão ao risco do agente;

μ_h é a média dos retornos da carteira com *hedge*;

σ_h^2 é a variância dos retornos da carteira com *hedge*.

Para o cálculo das razões ótimas de *hedge* deste trabalho, foi utilizado este modelo, em que foi estabelecido um grau de aversão ao risco θ igual a 3, valor que representa um nível comum de aversão ao risco presente no mercado, como apresentado por Silveira e Barros (2009). Uma análise mais aprofundada sobre o grau de aversão ao risco foi realizada por Elton et al. (2004), Fabozzi et al. (2006) e Damodaran (2009). O cálculo é feito para 142 amostras de retornos de carteiras com *hedge*, considerando que a razão das carteiras vai de 0% a 100%. O valor máximo encontrado para a utilidade determina a razão ótima, segundo este método aqui apresentado.

Nas análises realizadas foi estabelecido um grau de aversão ao risco θ igual a 3. O cálculo é feito sobre os retornos de carteiras com *hedge*, considerando que a razão h das carteiras varia de 0% a 100%. O valor máximo encontrado para a utilidade determina a razão ótima, segundo o método aqui apresentado.

3.3 EFETIVIDADE DO HEDGE

Segundo Carter e Loynes (1985), a efetividade é definida como a redução percentual da variância, relativa à mudança dos preços à vista, causada pela realização do *hedge* e levando em conta a razão ótima. Ou seja, a efetividade da operação corresponde à proporção da variância da receita que pode ser eliminada com a prática do *hedge* em sua razão ótima.

Uma das estratégias para se analisar a efetividade de um *hedge* é comparar a variância dos retornos dos preços do ativo no mercado físico (carteira não-*hedgeada*, ou com $h * =0$) com a variância da carteira *hedgeada*. De acordo com Ederington e Salas (2008), a estimativa de desempenho em termos de maximização da utilidade esperada pela aplicação da razão de *hedge* ótima, mais conhecida por efetividade do *hedging*, é definida pela proporção da variância que é minimizada pela posição em futuros, como mostrado na seguinte equação:

$$e_{h^*} = \frac{\sigma_u^2 - \sigma_h^2}{\sigma_u^2} \quad (5)$$

Em que:

e_{h^*} é a efetividade do *hedge*;

σ_u^2 refere-se à variância da carteira não protegida;

σ_h^2 constitui-se como a variância mínima de uma carteira protegida.

3.4 DADOS

Todas as informações relativas aos preços dos contratos históricos e futuros foram retiradas da página do terminal Bloomberg. Os gráficos e tabelas usados no trabalho são de elaboração própria do autor. O banco de dados contém informações com frequência mensal, cujo período utilizado para as análises apresentadas está entre janeiro de 2010 e dezembro de 2021, visando compreender a relação dos preços no decorrer de uma década completa. O principal objetivo na escolha do período utilizado foi encontrar uma amostra de dados recente que permitisse estudar a correlação entre os preços presentes e futuros, sem que momentos atípicos e específicos interferissem de forma significativa nos resultados finais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises realizadas foram feitas em duas etapas, sendo que para os casos aqui estudados, a razão ótima de *hedge* será calculada através do modelo da máxima utilidade esperada. A primeira das etapas busca comparar em que cenário o produtor teria a estratégia de *hedge* mais vantajosa, o investimento de sua produção em contratos nacionais, ou em contratos investidos na bolsa de Nova Iorque. Já na segunda etapa, pressupõe-se que o produtor opte por realizar o *hedge* no Brasil mesmo, e portanto, serão analisados os resultados da aplicação da razão ótima de *hedge* para os preços dos anos de 2019, 2020 e 2021, buscando entender em qual período teria sido mais benéfico ao produtor a escolha do investimento na estratégia em questão. Para todas as análises realizadas, foi calculada a variação que seria obtida a partir da adoção da estratégia de *hedge* em 100% da produção, ou a não adoção da estratégia, em relação aos resultados obtidos quando adotado o *hedge* em sua razão ótima.

4.1 HEDGE COM CONTRATOS NACIONAIS

Para o conjunto de dados coletados com o histórico de preços futuros e históricos da bolsa brasileira foram comparados os resultados de utilidade, ganho financeiro e risco, da razão ótima de *hedge* calculada entre as opções em que o produtor não faz o *hedge* ($h=0$), e em que o produtor faz *hedge* em 100% da sua produção.

No gráfico abaixo, estão presentes as duas curvas que representam o comportamento dos preços ao longo do período analisado:

Gráfico 1 - Preços à vista (R\$) e futuros (R\$) - jan. 2010 - dez. 2021

Fonte: resultados do trabalho

A partir do Gráfico 1 apresentado, observa-se que na grande maioria do período, o preço futuro sempre tendeu a um resultado superior àquele apresentado pelo resultado realizado. Vale ressaltar ainda que, mesmo no momento de alta dos preços nos últimos anos de análise, o preço futuro e o realizado cresceram juntamente com comportamento e proporções parecidas.

A razão ótima de *hedge* foi definida através do cálculo da máxima utilidade esperada ponderando os retornos médios da carteira do produtor multiplicados pelas variações de h de 0 até 1. Nesse sentido, pode-se analisar o comportamento dos preços ao longo dos meses atrelado à variação da razão de *hedge*. O objetivo desta análise é encontrar qual é o valor de h que promove o maior nível de utilidade ao produtor. Através dessa análise, pode-se definir a média, a variância e a utilidade para cada um dos 101 valores de razão de *hedge* utilizados.

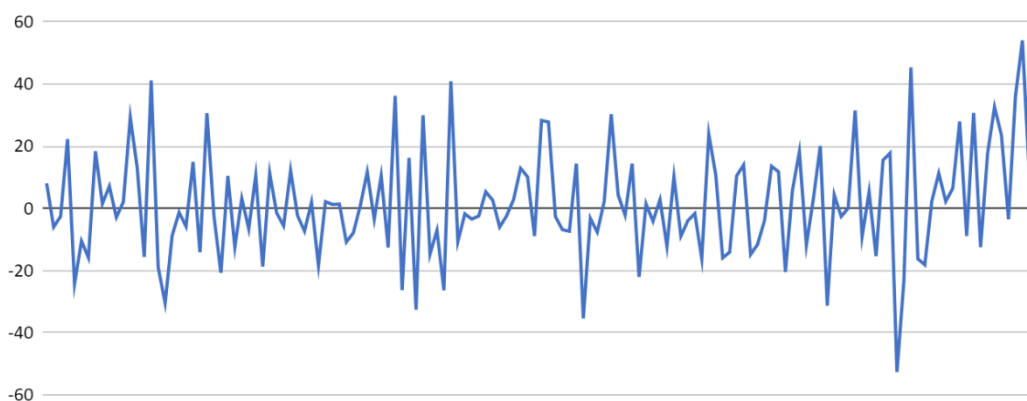
A utilidade máxima encontrada no período analisado foi igual à -461,8 que estava atrelada à razão de *hedge* de 77%. Ou seja, para maximizar a utilidade esperada no período, o produtor deveria investir no *hedge* para 77% de sua produção. O motivo para o valor da utilidade estar negativo, apenas diz respeito ao fato de que, o nível de retorno esperado é baixo para a quantidade de risco que está sendo considerada, isso é, a variância na carteira do produtor é muito maior do que os retornos financeiros médios obtidos.

No Gráfico 2 estão presentes as variações que foram geradas na carteira do produtor durante o período decorrido considerando a razão ótima de *hedge* igual à 77%.

Para calcular a efetividade da estratégia de *hedge*, foi utilizada a Equação 5, que define o valor da eficiência da estratégia através da variação das variâncias obtidas pela carteira *hedgeada* e da carteira não *hedgeada*. Portanto, com a razão ótima de *hedge* de 77%, foi verificada uma eficiência da estratégia relativa a 80,2%, que representa a confiabilidade da estratégia adotada.

Considerando a razão ótima de *hedge*, foram obtidos os valores da média dos resultados da carteira do produtor, igual a R\$1,57, o valor respectivo à variação da carteira, que foi igual a 308,76.

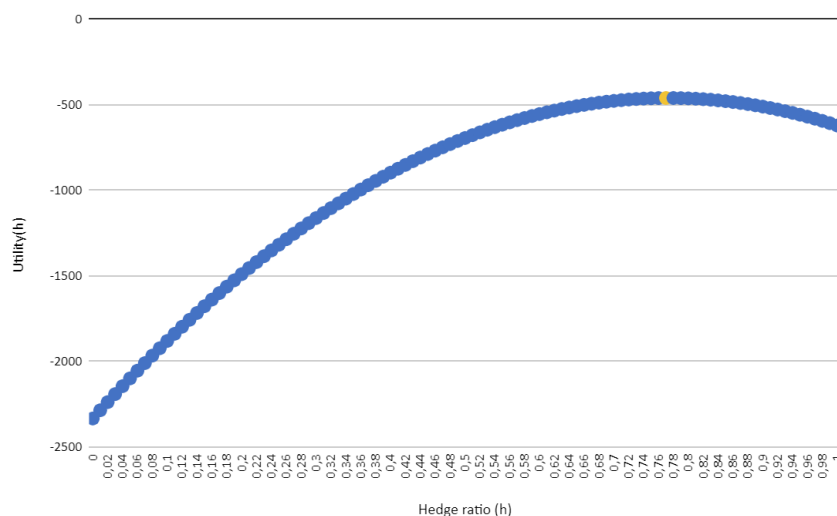
Gráfico 2 - Variação na carteira do produtor a partir da razão ótima de *hedge* - jan. 2010 - dez. 2021 - contratos nacionais (R\$).



Fonte: resultados do trabalho

Com os cálculos realizados, foi definida também a curva das utilidades esperadas a partir da variação do valor de h . A utilidade máxima foi obtida a partir da correspondência com o h^* igual à 77%, com o valor de -461,58. Segue o gráfico que expressa o comportamento dessa curva:

Gráfico 3 - Oscilação da utilidade ao longo da variação da razão de *hedge* - contratos nacionais.



Fonte: resultados do trabalho

Quando comparamos os resultados obtidos através da razão ótima de *hedge* com o cenário em que o *hedge* não fosse realizado ($h=0$), é possível identificar os seguintes resultados:

Tabela 1 - Comparação dos resultados da carteira do produtor com a razão ótima de 77%, sem a adoção do *hedge*, e com 100% da produção *hedgeda*.

	$h^*=77\%$	$h=0$	$h=100\%$
Média dos retornos	1,57	8,19	-0,41
Variância	308,76	1561,36	414,64
Máxima utilidade esperada	-461,58	-2333,86	-622,37
Eficiência da estratégia		80,2%	25,5%

Fonte: resultados do trabalho

No cenário apresentado pela Tabela 1, é possível verificar que, com a adoção da estratégia, o ganho financeiro do produtor cairia de R\$ 8,19 para R\$ 1,57 devido à variação da média dos retornos de sua carteira. No entanto, o risco da operação diminuiria de 1561,36 para 308,76, garantindo uma maior segurança ao produtor. Vale ressaltar ainda que, a utilidade do produtor

realizando o *hedge* na razão ótima de 77%, será 5 vezes maior do que a utilidade de quando o h for igual a 0.

Quando analisamos o cenário em que o produtor opta por fazer *hedge* em 100% de sua produção é possível identificar que a decisão do produtor poderá ser afetada pelo viés financeiro atrelado ao risco de sofrer com as variações de preço do mercado. É possível perceber que, caso o produtor opte por fazer 77% de *hedge* ao invés de fazer *hedge* em 100% de sua produção, ele terá, pela variação da média dos resultados da carteira do produtor retornos financeiros superiores. Além disso, garantirá através da aplicação da razão ótima de *hedge* uma redução adicional na variância, de 414,64 para 308,76. Vale ressaltar ainda que, a utilidade do produtor quando ele realiza o *hedge* na razão 100% seria menor do quando o produtor opta por fazer a operação com a razão ótima de 77%.

4.2 HEDGE COM CONTRATOS INTERNACIONAIS

Da mesma forma que foi feito para o histórico de preços futuros e históricos da bolsa brasileira, comparando os resultados de utilidade, ganho financeiro e risco, da razão ótima de *hedge* calculada entre as opções em que o produtor não faz o *hedge* ($h=0$), e em que o produtor faz *hedge* em 100% da sua produção, será conduzida a análise para os dados com os preços dos contratos na bolsa de Nova Iorque.

De acordo com o Gráfico 4, é possível verificar que na grande maioria do período, o preço futuro sempre tendeu a um resultado superior àquele apresentado pelo resultado realizado.

A utilidade máxima encontrada no período analisado foi igual à -66,63 que estava atrelada à razão de *hedge* de 75%. Ou seja, para maximizar a utilidade esperada no período, o produtor deveria investir no *hedge* para 75% de sua produção. O motivo para o valor da utilidade estar negativo é o mesmo apresentado anteriormente no caso dos contratos nacionais, em que o nível de retorno esperado é baixo para a quantidade de risco que está sendo considerada. Através da Equação 5, foi calculada a eficiência da estratégia de *hedge* para os resultados da carteira do produtor com a aplicação da razão ótima de 75%, e também, para os resultados da carteira não *hedged*. Por esse

cálculo, pode-se verificar uma eficiência de 80,3% da estratégia de *hedge* aplicada aos contratos internacionais.

No Gráfico 4, estão presentes as duas curvas que representam o comportamento dos preços ao longo do período analisado:

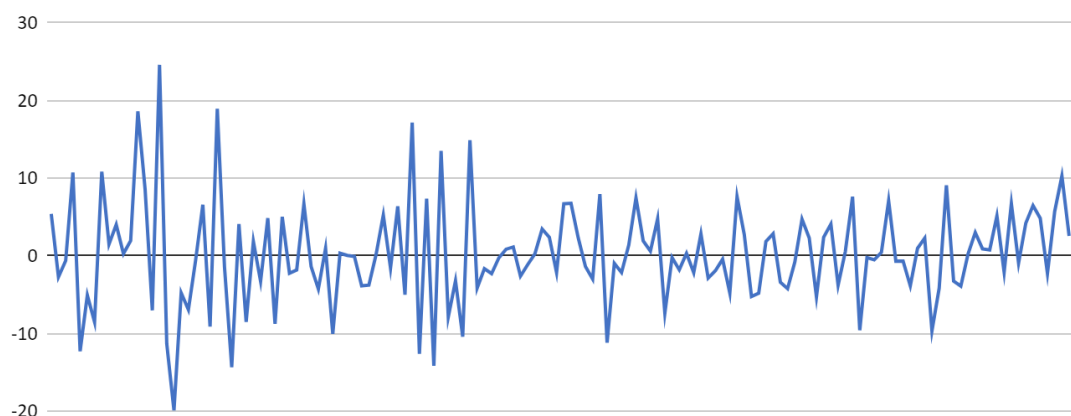
Gráfico 4 - Preços à vista (USD) e futuros (USD) - jan. 2010 - dez. 2021



Fonte: resultados do trabalho

No Gráfico 5, estão presentes as variações que foram geradas na carteira do produtor durante o período decorrido considerando a razão ótima de *hedge* igual à 75%:

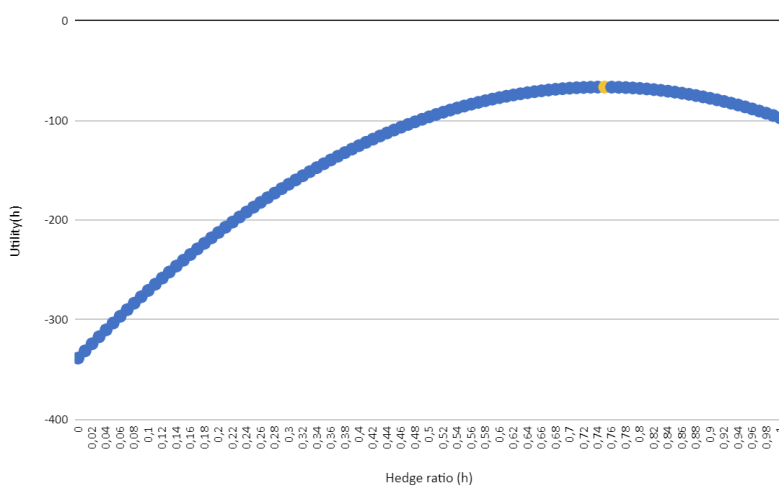
Gráfico 5 - Variação na carteira do produtor a partir da razão ótima de *hedge* - jan. 2010 - dez. 2021 - contratos internacionais (USD).



Fonte: resultados do trabalho

De acordo com a aplicação da razão ótima de *hedge* na carteira do produtor, obteve-se uma média dos retornos igual à USD 0,19 e uma variância de 44,55. A utilidade máxima que foi definida a partir da correspondência com o h^* é igual à 75%, com o valor de -66,63. Segue o gráfico que expressa o comportamento dessa curva:

Gráfico 6 - Oscilação da utilidade ao longo da variação da razão de *hedge* - contratos internacionais.



Fonte: resultados do trabalho

Quando comparamos os resultados obtidos através da razão ótima de *hedge* com o cenário em que o *hedge* não fosse realizado ($h=0$), é possível identificar os seguintes resultados:

Tabela 2 - Comparação dos resultados da carteira do produtor com a razão ótima de 75%, sem a adoção do *hedge*, e com 100% da produção *hedged*.

	$h^*=75\%$	$h=0$	$h=100\%$
Média dos retornos	0,19	0,79	0,00
Variância	44,55	226,09	65,03
Máxima utilidade esperada	-66,63	-338,34	-97,55
Eficiência da estratégia		80,3%	31,5%

Fonte: resultados do trabalho

Analisando os resultados apresentados na Tabela 2, pode-se afirmar que, de acordo com variação da média entre as duas razões de *hedge* utilizadas, o produtor, caso adotasse a estratégia para 75% de sua produção, teria uma redução do ganho financeiro de USD 0,79 para USD 0,19 sobre a produção. No entanto, garantiria através da estratégia de *hedge*, uma redução de 226,09 para 44,55 no risco, como apontado na redução da variância. Quanto a utilidade do produtor realizando o *hedge* na razão ótima de 75%, será 5 vezes maior do que utilidade de quando o h for igual a 0, maximizando o seu resultado em relação ao cenário em que o *hedge* não é adotado.

Quando analisamos o cenário em que o produtor opta por fazer *hedge* em 100% de sua produção é possível identificar que a decisão do produtor a favor do *hedge* passa a ser ainda mais clara, já que tanto o risco, quanto os retornos médios, passam a ser superiores quando a razão ótima é aplicada. Optando pela razão ótima de *hedge* de 75%, ao invés de fazer *hedge* em 100% de sua produção, é possível verificar que o produtor terá, pela variação da média dos resultados de sua carteira, retornos médios superiores aos que ele teria com 100% da produção *hedgeada*. Analisando a variância, é possível observar ainda que a estratégia de *hedge* aplicada na razão ótima garante ainda uma redução adicional do risco de 65,03 para 44,55. Por fim, vale ressaltar que a utilidade do produtor quando ele realiza o *hedge* na razão 100% seria menor do quando o produtor opta por fazer a operação com a razão ótima de 75%.

4.3 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA RAZÃO ÓTIMA DE HEDGE

Nesta etapa dos resultados foram analisados três cenários distintos a partir do histórico de preços dos contratos nacionais: o primeiro cenário calcula a razão ótima de *hedge* para os anos de 2010 a 2018, e esta razão ótima é aplicada aos preços de 2019. O objetivo desta análise é observar que mesmo a razão ótima calculada a partir dos preços dos anos anteriores não maximizarem a utilidade nos anos seguintes, a utilidade obtida com adoção da estratégia na razão ótima sugerida garantiria ganho de utilidade e diminuição do risco para o produtor. Justamente por isso, o resultado obtido é comparado ao cenário em que o produtor opta por não fazer o *hedge* ($h=0$) no ano de 2019 para, dessa forma, testar a efetividade do modelo aqui apresentado.

O segundo cenário realiza o mesmo procedimento, só que calculando a razão ótima de *hedge* para os anos de 2010 a 2019, e aplicando esta razão aos preços de 2020. E por fim, o terceiro cenário calcula a razão ótima de *hedge* para os anos de 2010 até 2020, e aplicará a razão ótima de *hedge* aos preços de 2021. Em todos os casos, os resultados obtidos a partir da adoção das razões ótimas de *hedge* serão comparados com os cenários onde o *hedge* não é feito.

Seguindo a mesma estratégia utilizada nos tópicos 4.1 e 4.2 deste trabalho para a descoberta da razão ótima de *hedge*, as variações dos resultados da carteira do produtor foram multiplicadas pela variação do h de 0 até 1, buscando encontrar o h que maximizasse a utilidade do produtor mediante as variações dos preços. Dessa forma, foi definido que a razão ótima de *hedge* para os anos de 2010 a 2018, é de 65%.

Para testar a efetividade do modelo aqui proposto, a razão ótima de *hedge* de 65% foi aplicada aos preços de 2019, e comparada ao cenário em que o produtor não fizesse *hedge* de sua produção:

Tabela 3 - Aplicação da razão ótima de *hedge* dos anos de 2010 a 2018 nos preços de 2019 comparado ao cenário onde o *hedge* não é feito.

	$h^*=65\%$	$h=0$	$h=100\%$
Média dos retornos	3,01	5,51	1,66
Variância	308,12	1518,00	439,62
Máxima utilidade esperada	-459,16	-2271,49	-657,76
Eficiência da estratégia		79,7%	29,9%

Fonte: resultados do trabalho

Neste cenário, é possível verificar que o ganho financeiro do produtor cairia de R\$ 5,51 para R\$ 3,01 devido à variação da média. No entanto, o risco da operação diminuiria de 1518 para 308,12, garantindo uma maior segurança ao produtor. Pode-se verificar ainda que a utilidade do produtor quando o *hedge* é realizado passa a ser 5 vezes maior do que quando o *hedge* não é feito.

Nesta análise, a efetividade do *hedge* comparado a não adoção da estratégia é de 79,7%, apresentando o nível de confiabilidade da estratégia realizada. Vale ainda ressaltar, como destacado anteriormente, que quando

comparada a aplicação da razão ótima com a adoção do hedge em 100% da produção a efetividade já é bem menor, justamente pela razão ótima calculada não ser a razão ótima do ano de 2019. Mas mesmo assim, a adoção da razão ótima de 65% promove significativos ganhos em relação a não adoção da estratégia.

A partir da mesma análise utilizada no tópico anterior, a razão de *hedge* ótima foi descoberta para os anos de 2010 a 2019 com o valor igual à 66%. Aplicando essa razão nos preços do ano de 2020 e comparando com os resultados onde o produtor não realizasse o *hedge*, obtêm-se os seguintes resultados:

Tabela 4 - Aplicação da razão ótima de *hedge* dos anos de 2010 a 2019 nos preços de 2020 comparado ao cenário onde o *hedge* não é feito.

	h*=66%	h=0	h=100%
Média dos retornos	-0,54	12,51	-7,26
Variância	730,26	2428,27	790,38
Máxima utilidade esperada	-1095,93	-3629,89	-1192,82
Eficiência da estratégia		69,9%	7,6%

Fonte: resultados do trabalho

É possível verificar que o ganho financeiro do produtor cairia de R\$ 12,51 para R\$ -0,54 devido à variação da média dos retornos. Já o risco da operação diminuiria de 2428,27 para 730,26, garantindo uma maior confiança ao produtor mediante as instabilidades do mercado. Por fim, a utilidade do produtor quando o *hedge* é realizado, passa a ser 3 vezes maior do que quando o *hedge* não é feito.

Nesta análise, a efetividade do hedge comparado a não adoção da estratégia é de 69,9%, apresentando o nível de confiabilidade da estratégia realizada. Como destacado anteriormente, é perceptível que quando comparada a aplicação da razão ótima com a adoção do hedge em 100% da produção a efetividade já é bem menor, comprovando que caso o produtor poderia maximizar ainda mais a sua utilidade e reduzir em maior proporção o risco sobre sua carteira.

Para finalizar, mantendo o mesmo racional utilizado nos dois últimos tópicos, a razão de *hedge* ótima foi descoberta para os anos de 2010 a 2020 com o valor igual à 68%. Aplicando essa razão nos preços do ano de 2021, e comparando com os resultados onde o produtor não realizasse *hedge*, obtêm-se os seguintes resultados:

Tabela 5 - Aplicação da razão ótima de *hedge* dos anos de 2010 a 2020 nos preços de 2021 comparado ao cenário onde o *hedge* não é feito.

	h*=68%	h=0	h=100%
Média dos retornos	25,27	71,25	3,63
Variância	584,16	4703,23	476,19
Máxima utilidade esperada	-850,97	-6983,60	-710,65
Eficiência da estratégia		87,6%	-22,7%

Fonte: resultados do trabalho

Na tabela acima, pode-se verificar que o ganho financeiro do produtor cairia de R\$ 71,25 para R\$ 25,27 pelo comportamento da média dos retornos. Já o risco da operação diminuiria de 4703,23 para 584,16, gerando, dos cenários analisados, o maior nível de estabilidade e confiança ao produtor. Por fim, a utilidade do produtor quando o *hedge* é realizado passa a ser, aproximadamente, 8 vezes maior do que quando o *hedge* não é feito.

Nesta análise, a efetividade do *hedge* comparado a não adoção da estratégia é de 87,6% apresentando o nível de confiabilidade da estratégia realizada. Quando comparada a aplicação da razão ótima com a adoção do *hedge* em 100% da produção, é identificado um nível de eficiência negativo. Nesse caso, é evidente que o *hedge* em 68% da produção não é a proporção ideal a ser *hedgeada* no ano de 2021, e mesmo assim a adoção desta razão de *hedge* já promove ganhos significativos ao produtor em relação ao cenário onde a estratégia não é adotada.

Quando comparamos as médias dos retornos presentes na Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5, é possível verificar uma grande dispersão entre os resultados. Enquanto na Tabela 3 temos um retorno médio de R\$ 3,01 e na

Tabela 4 o resultado de R\$ -0,54, na Tabela 5, o valor passa a ser de R\$ 25,27. O motivo dessa grande variação na média dos retornos obtidos pelo produtor, pode ser verificado no Gráfico 1, em que os preços à vista e futuros, além de se elevarem consideravelmente em relação aos meses anteriores, passam a caminhar quase que juntos no gráfico. O resultado desse comportamento é observado no Gráfico 2, em que, nos últimos meses de análise com a alta dos preços verificada, a variação na carteira do produtor passou grande parte do período analisado, sendo positiva.

É importante ressaltar que nos casos analisados, a média dos ganhos financeiros sempre deverá ser analisada juntamente à variância calculada. Isso porque, são observados casos em que a média dos retornos financeiros cai quando a estratégia de *hedge* é adotada com sua razão ótima. No entanto, nesses mesmos casos, é verificado que o risco passa a reduzir consideravelmente. Esse é o momento em que o produtor define se ele prefere com um risco elevado ganhar mais, ou garantir com certeza que ganhará um valor menor.

A partir das análises realizadas, foi possível verificar que apesar da diminuição do risco e aumento da utilidade dos produtores quando adotadas as razões ótimas de *hedge* calculadas entre os períodos analisados em relação ao cenário onde o *hedge* não é adotado, o valor da razão ótima que maximiza a utilidade nos períodos de análise não é a mesma razão que maximizará a utilidade do produtor nos anos posteriores. Isso prova ao produtor que a estratégia de *hedge* pode promover a diminuição dos riscos sobre os retornos de sua carteira. Cabe a ele encontrar o apoio necessário para definir qual é a proporção ideal de sua produção que deverá ser *hedgeada*, garantindo assim a seguridade desejada e a máxima utilidade esperada.

5. CONCLUSÃO

Entender a efetividade da execução da estratégia de *hedge* na realidade de um produtor de café é o principal objetivo deste trabalho. Na apresentação dos dados foi possível observar que os preços do café são marcados durante todo o período analisado com fortes oscilações. Tanto para a análise realizada para os contratos nacionais, quanto para a análise realizada para os contratos de Nova Iorque, pode-se verificar a constante repetição do ciclo de quedas de preço que, por si, justifica a necessidade por parte dos produtores rurais que tem o café como principal produto, buscar estratégias de proteção contra as instabilidades do mercado, marcado pelas constantes oscilações nos seus preços.

Para obter uma maior efetividade da proteção oferecida com as operações de *hedge*, é fundamental que os retornos apresentem um elevado coeficiente de correlação. Para ambos os cenários, nacional e internacional, a efetividade da estratégia de *hedge* calculada, ficou em torno de 80%, apresentando um grau de efetividade da estratégia suficiente para garantir assertividade ao produtor.

No entanto, quando se aprofunda a análise para avaliar o impacto da adoção da estratégia de *hedge* a partir de sua razão ótima, é possível mapear de forma mais assertiva os impactos que a carteira do produtor sofre, tanto diante aos riscos envolvidos no processo, quanto em relação ao impacto financeiro da decisão. No cenário em que foram levados em consideração os contratos nacionais, a razão ótima de *hedge* média para todos os meses de vencimento dos contratos futuros foi de 0,77. Essa razão ótima de *hedge* representa um percentual da quantidade de contratos futuros que devem ser negociados com operações futuras a fim de se minimizar os riscos contra as oscilações dos preços de mercado. Assim, um produtor que pretende se proteger, não deverá negociar toda sua produção em contratos futuros, mas, apenas uma parte dela, maximizando a eficiência da operação de *hedge*. Vale ressaltar ainda que, neste mesmo cenário, o risco do produtor ao adotar a estratégia de *hedge* aplicando a razão ótima encontrada de 77%, caiu em aproximadamente 80%, em relação ao cenário onde o *hedge* não é realizado, promovendo ainda um ganho de

utilidade cinco vezes superior ao que ele teria caso não tivesse adotado a estratégia sugerida.

Já no cenário em que a análise foi conduzida para os contratos internacionais, a razão ótima de *hedge* média para todos os meses de vencimento dos contratos futuros foi de 0,75, gerando condições em que o risco reduziu em 80,3% quando comparado ao cenário em que o *hedge* não fora feito, e a utilidade ganha pelo produtor, também era substancialmente maior, favorecendo a escolha da ação do modelo apresentado.

Em relação à segunda frente de análise, onde os intervalos foram divididos em três períodos distintos, e a razão ótima de *hedge* calculada para cada um desses períodos foi testada para os respectivos anos seguintes, algumas observações merecem ser feitas.

Para a razão ótima de *hedge* calculada entre os anos de 2010 e 2018, com valor igual à 0,65, e que fora aplicada para os preços dos contratos nacionais do ano de 2019, pode-se afirmar que a adoção da estratégia promoveria uma redução de risco devido a menor variância dos retornos na carteira do produtor. Em contrapartida, como observado pela redução das médias dos retornos do produtor, a estratégia promoveria impactos de redução sobre o ganho financeiro que do produtor. Vale enfatizar novamente que quanto menor for o risco esperado, menor serão os retornos esperados atrelados a ele.

Já para a razão ótima de *hedge* calculada entre os anos de 2010 e 2019, com valor igual à 0,66, e que fora aplicada para os preços dos contratos nacionais do ano de 2020, pode-se afirmar que a adoção da estratégia aplicando a razão ótima calculada, promoveria uma redução de risco, gerando ainda um impacto financeiro expressivo sobre o ganho financeiro que o produtor teria caso não fizesse o *hedge*.

Por fim, no cenário em que a razão ótima de *hedge* fora calculada entre os anos de 2010 e 2020, com valor igual à 0,68, e que fora aplicada para os preços dos contratos nacionais do ano de 2021, pode-se afirmar que a adoção da estratégia aplicada em sua razão ótima promoveria a maior redução de risco, gerando um impacto de diminuição nos ganhos financeiros que produtor teria caso não fizesse o *hedge*.

Através das aplicações das razões ótimas nos anos posteriores aos utilizados para o para o cálculo de h^* , ficou evidente que as razões ótimas dos

períodos de análise, não promoveram a maximização da utilidade nos anos seguintes. Isso acontece, porque o h^* dos períodos utilizados é diferente dos h^* seguintes. No entanto, a adoção da estratégia de *hedge* garantiu uma utilidade superior à que o produtor teria caso não adotasse a estratégia. Nos três casos observados, o *hedge* com a razão ótima dos anos anteriores, garantiu ao produtor uma redução do risco nas variações de sua carteira, e ainda, promoveu o aumento da utilidade esperada pelo produtor nos anos seguintes.

Nos casos observados onde a utilidade gerada teve valor negativo, pode-se dizer que isso aconteceu devido ao fato da variância ser muito superior do que a média dos retornos na carteira do produtor, ou seja, o risco nesses casos é muito maior do que o retorno gerado nesses investimentos.

Dessa forma, respondendo às perguntas que guiaram a execução deste trabalho, pode-se afirmar que a estratégia de *hedge* de fato se mostra eficiente para o produtor de café quando aplicada em sua razão ótima. Tanto o investimento na bolsa nacional, quanto o investimento na bolsa de Nova Iorque, apresentaram resultados mais benéficos ao produtor, marcados principalmente pela redução significativa do risco e pelo ganho considerável de utilidade quando a estratégia é feita de forma inteligente e planejada.

Vale ressaltar mais uma vez que o mercado de café, como a maioria do mercado agrícola com forte relação com o exterior, está localizado em um mercado regado de pequenos produtores que buscam formas de se proteger mediante as constantes instabilidades de mercado, promovidas por incontáveis variáveis. A estratégia aqui apresentada é uma das formas existentes no leque de opções que o produtor poderá resolver adotar para minimizar suas perdas com o passar das safras. Neste trabalho foi comprovado que a estratégia de *hedge* bem executada pode promover a proteção procurada pelo produtor e que, a não adoção dessa estratégia, impactará diretamente no risco que esse produtor estará disposto a correr, e sobretudo, o valor que o produtor estará disposto a deixar exposto ao imprevisível comportamento do *mercado*.

Para os próximos trabalhos que buscarem explorar o tema aqui apresentado, é recomendável que a análise parta da exploração do câmbio e a forma como esta variável influencia a razão ótima de *hedge* da estratégia que deverá ser adotada pelo produtor. Essa exposição passa a ser importante, já que os contratos futuros de café no Brasil e no exterior são negociados em dólares

por saca, tendo, portanto, influência direta da variação cambial sobre os preços que serão comercializados no mercado.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. R. D. **Agricultural futures contracts in Brazil: evolution and perspectives.** In: MOURA, A. D. e SILVA JUNIOR, A. G. (editores). *Competitividade do agronegócio brasileiro em mercados globalizados*, Viçosa: UFV, 2004. p.27-52.

ALMEIDA, C. **Forças que vão além do mercado: por que os preços dos produtos agrícolas são tão instáveis?** EMBRAPA, nov. de 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/204293/1/Documento237-Publica300-19-Clovis-AINFO.pdf>>. Acesso em 20 de abr. de 2022.

BARABACH, Gil. **Café: análise fundamental e introdução à comercialização.** In *CURSO CAFÉ ANÁLISE FUNDAMENTAL E INTRODUÇÃO À COMERCIALIZAÇÃO*, Guaxupé-MG, 2011.
BERNSTEIN, P.L. **Desafio aos deuses: a fascinante história do risco.** Rio de Janeiro: Campus, 1997.

BITENCURT, W. A.; PEREIRA, N. C.; REIS, R. P.; CASTRO JR., L. G.; CALEGARIO, C. L. L.. **Um estudo econométrico da base da commodity café a partir dos índices ESALQ e preço futuro BM&F.** In: XLV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2007, Londrina. XLV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL: Conhecimento para a Agricultura do Futuro. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007.

CAFÉ NO BRASIL. **Gov.br.** 30 de jan de 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 4 de mar. de 2022.

CARMONA, C. U. M; AQUINO, J. T.; PAREDES, B. J. B.; TORRES, M. L. **Teoria do hedge: recortes teórico-empíricos aplicados à gestão do risco com derivativos.** RIC - Revista de Informação Contábil - ISSN 1982-3967 - Vol. 8, no 2, p. 29-48, Abr-Jun/2014.

CARTER, C.A.; LOYNS, R.M.A. Hedging feedlot cattle: a Canadian perspective. **American Journal of Agricultural Economics**, v.67, n.1, p.32-39, 1985.

CAVATON, T. Exportação dos Cafés do Brasil atinge 29,7 milhões de sacas no acumulado de nove meses, **EMBRAPA**, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65651959/exportacao-dos-cafes-do-brasil-atinge-297-milhoes-de-sacas-no-acumulado-de-nove-meses>>. Acesso em 6 de nov. de 2021.

CHEN, Sheng-Syan; LEE, Cheng-few; SHRESTHA, Keshab. Futures hedge ratios: a review. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, [s. l.], v. 43, p. 433-465, 2003

DAMODARAN, A. **Gestão estratégica do risco**: uma referência para a tomada de riscos empresariais. Bookman, 2009. 384 p.

DUARTE JÚNIOR, A. M. **Risco**: definições, tipos, medição e recomendações para o seu gerenciamento. In: LEMGRUBER, E. F. et al. (Orgs.). **Gestão de risco e derivativos**. São Paulo: Atlas, 2001.

EDERINGTON, L. H.; SALAS, J. M. Minimum variance hedging when spot price changes are partially predictable. **Journal of Banking & Finance**, v. 32, n. 5, p. 654-663, may. 2008.

ELTON, E.; GRUBER, M.; BROWN, S.J.; GOETZMANN, W.N. **Moderna teoria de carteiras e análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2004. 602 p.

FABOZZI, F.J.; FOCARDI, S.M.; KOLM, P.N. **Financial modeling of the equity market** – from CAPM to cointegration. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. 651 p.

FIGUEIREDO, A. C. **Introdução aos Derivativos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

HARZER, J.; FUMAGALLI, L.; SOUZA, A. **Efetividade do Hedge de Variância Mínima no Mercado Futuro de Café Negociado na BM&FBOVESPA**. XXXVI Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro, 2021

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros e de opções**. 2. Ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros e Cultura Editores Associados, 1996.

HULL, J. Dynamic Models of Portfolio Credit Risk: A Simplified Approach. **The Journal of Derivatives**, Lavras, p. 9-28, 2008.

JORION, P., GOETZMANN, W. N. (1999). Global stock markets in the twentieth century. **Journal of Finance**. 54(3), 953-980.

JÚNIOR, C. **Modelo de razão de hedge ótima e percepção subjetiva de risco nos mercados futuros**. Orientador: Mirian Rumenos Piedade Bacchi. 2009. 100 p. Tese (Doutorado em economia aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

LAMOUNIER, W. Tendência, ciclos e sazonalidade nos preços spot do café brasileiro na NYBOT. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 13-23, jan. a abr. 2007.

MARQUES, P. V.; MELLO, P. C. **Mercados futuros de commodities agropecuárias**: exemplos e aplicações aos mercados brasileiros. São Paulo: BM&F, 1999.

MATIELLO, J; CARVALHO, F. **Contribuição das ciências agrárias para o desenvolvimento: o caso do café.** R. Econ. Rural, Vol. 18, Nº 03, p. 495-505, jul./set. 1980.

OLIVEIRA NETO, O. J.; FIGUEIREDO, R. S.; MACHADO, A. G. 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.

PAXSON, D.; WOOD, D. **Dicionário enciclopédico de finanças.** São Paulo, Atlas, 2001.

PURCELL, W. D; KOONTZ, S. R. **Agricultural Futures and Options: principles and strategies.** Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, 1999.

REGO, B. PAULA, F. O MERCADO FUTURO E A COMERCIALIZAÇÃO DE CAFÉ: Influências, Riscos e Estratégias com o uso de Hedge. **Revista do curso de Administração**, v. 7, n. 1, 2012.

RELATÓRIO MENSAL DE EXPORTAÇÕES. **CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ NO BRASIL**, mar. de 2021. Disponível em: <<https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>>. Acesso em: 16 de out. de 2021.

RIBEIRO, Karen Cristina Souza. SOUZA, Almir Ferreira de. ROGERS, Pablo. Preços de Café no Brasil: variáveis preditivas no mercado à vista e futuro. **Revista de Gestão USP**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 11-30, jan./mar. 2006.

RUGANI, F; SILVEIRA, S. **Análise de risco para o café em minas gerais.** Revista de Economia e Agronegócio 4, no. 3, junho 1, 2015.

SILVA NETO, L. A. **Derivativos: Definição, Emprego e Risco.** São Paulo: Atlas, 1998.

SILVEIRA, R; BARROS, G. Futuros agropecuários em portfólios de máxima utilidade esperada. **Revista de economia e agronegócio VOL.7, Nº 2.**

SIQUEIRA, T. **A cultura do café: 1961-2005.** Biblioteca Digital: BNDES. Rio de Janeiro, n. 22, p. 205-270, set. 2005.

SOUZA, W. A. da R.; MARTINES-FILHO, J. G.; MARQUES, P. V. O *hedge* simultâneo dos riscos de preço e de câmbio da produção de soja em Rondonópolis (MT), utilizando contratos da BOVESPA-BM&F. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 403-413, 2011.

THOMPSON, S. R.; BOND, G. E. 1987. Offshore commodity hedging under floating exchange rates. **American Journal of Agricultural Economics** 69: 46–55.