



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS DE ERECHIM**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**GABRIEL SARTORI UBERTI**

**EFICIÊNCIA DO CONTRATO FUTURO COMO INSTRUMENTO DE HEDGE  
PARA REDUÇÃO DA VOLATILIDADE DOS PREÇOS DE MILHO E SOJA**

**ERECHIM – RS**

**2024**

**GABRIEL SARTORI UBERTI**

**EFICIÊNCIA DO CONTRATO FUTURO COMO INSTRUMENTO DE HEDGE  
PARA REDUÇÃO DA VOLATILIDADE DOS PREÇOS DE MILHO E SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Gismael Francisco Perin

Coorientador: Prof. Dr. Jose Mario Vicensi Grzybowski

**ERECHIM**

**2024**

## **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Uberti, Gabriel Sartori  
EFICIÊNCIA DO CONTRATO FUTURO COMO INSTRUMENTO DE  
HEDGE PARA REDUÇÃO DA VOLATILIDADE DOS PREÇOS DE MILHO E  
SOJA / Gabriel Sartori Uberti. -- 2024.  
78 f.

Orientador: Doutor Gismael Francisco Perin  
Co-orientador: Doutor Jose Mario Vicensi Grzybowski  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2024.

1. Risco. 2. Hedge. 3. Mercado. 4. Soja. 5. Milho. I.  
Perin, Gismael Francisco, orient. II. Grzybowski, Jose  
Mario Vicensi, co-orient. III. Universidade Federal da  
Fronteira Sul. IV. Título.

**GABRIEL SARTORI UBERTI**

**EFICIÊNCIA DO CONTRATO FUTURO COMO INSTRUMENTO DE HEDGE  
PARA REDUÇÃO DA VOLATILIDADE DOS PREÇOS DE MILHO E SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Gismael Francisco Perin

Coorientador: Prof. Dr. Jose Mario Vicensi Grzybowski

Este trabalho de conclusão de curso foi definido e aprovado pela banca em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Gismael Francisco Perin – UFFS

---

Prof. Dr. Jose Mario Vicensi Grzybowski – UFFS

---

Prof. Dr. Valdecir José Zonin – UFFS

---

Especialista Rafael Franceschi - XP Investimentos

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, não somente a respeito do momento atual, mas sim por toda a minha vida. Sem Ele, nada faria sentido. À minha família, especialmente à minha mãe, que representa tudo o que há de bom em mim; se não fosse por ela, eu nem mesmo teria feito um curso superior. Aos meus orientadores, pelo auxílio durante todo o processo.

## **EFICIÊNCIA DO CONTRATO FUTURO COMO INSTRUMENTO DE HEDGE PARA REDUÇÃO DA VOLATILIDADE DOS PREÇOS DE MILHO E SOJA**

**RESUMO:** Um dos maiores riscos enfrentados por todos aqueles que trabalham com commodities, agrícolas ou não, está relacionado à exacerbada volatilidade de preços. Portanto, a existência de instrumentos capazes de mitigar os efeitos da volatilidade é de vital importância para os agentes econômicos envolvidos no processo. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência da utilização do contrato futuro como forma de reduzir a volatilidade de duas commodities agrícolas: soja e milho. Ainda, após a análise da volatilidade, foi considerada também a relação de risco e retorno produzida por cada uma das estratégias. Para a soja, com exceção do hedge de 150%, todas as demais estratégias vendidas apresentaram volatilidade inferior tanto em relação ao mercado físico quanto ao mercado futuro da commodity. No caso do milho, as posições vendidas de 30%, 40%, 50%, 60%, 70% e 80% apresentaram volatilidade inferior àquela observada nos mercados físico e futuro. Quando analisado o risco x retorno, por intermédio do Índice de Sharpe, de cada uma das estratégias, a posição vendida de 30% para o milho apresentou relação favorável, enquanto para a soja, nenhuma das posições, vendidas ou não, obteve relação positiva.

**Palavras-chave:** Commodities; volatilidade; soja; milho; hedge; risco; retorno.

## **EFFICIENCY OF FUTURE CONTRACT AS A HEDGING INSTRUMENT FOR REDUCING CORN AND SOYBEAN PRICE VOLATILITY**

**ABSTRACT:** One of the greatest risks faced by all those involved in commodities, agricultural or otherwise, is related to the heightened price volatility. Therefore, the existence of instruments capable of mitigating the effects of volatility is of vital importance to the economic agents engaged in the process. Thus, the objective of the present study was to evaluate the effectiveness of using futures contracts as a means to reduce the volatility of two agricultural commodities: soybeans and corn. Furthermore, after analyzing volatility, the risk-return relationship produced by each strategy was also considered. For soybeans, except for the 150% hedge, all other short positions showed lower volatility compared to both the physical market and the futures market of the commodity. In the case of corn, short positions of 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, and 80% exhibited lower volatility than that observed in the physical and futures markets. When examining the risk-return trade-off using the Sharpe Ratio for each strategy, the 30% short position for corn showed a favorable relationship, whereas for soybeans, none of the positions, whether short or not, yielded a positive relationship.

**Keywords:** Commodities; volatility; soybean; corn; hedge; risk; return.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. SOJA.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2. MILHO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3. COMMODITIES.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4. RISCO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1. A QUEM INTERESSA A PROTEÇÃO? .....</b>	<b>20</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. MÉTODO MONTE CARLO .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2. COLETA DE DADOS .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3. ESPECULAÇÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4. RISCO E RETORNO .....</b>	<b>22</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1. DESVIO-PADRÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2. O EFEITO DÓLAR .....</b>	<b>26</b>
<b>4.3. RISCO X RETORNO .....</b>	<b>27</b>
<b>4.4. SOJA.....</b>	<b>28</b>
<b>4.5. MILHO.....</b>	<b>40</b>
<b>4.6. ÍNDICE DE SHARPE.....</b>	<b>57</b>
<b>4.7. SHARPE SOJA .....</b>	<b>58</b>
<b>4.8. SHARPE MILHO .....</b>	<b>65</b>
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>76</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>77</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura surgiu há aproximadamente doze mil anos. Apesar de ser um período de tempo considerável para a escala humana, a evolução dos processos agrícolas e consequentemente a produtividade geral não apresentaram grandes mudanças até meados do século XX, período marcado pela Revolução Verde.

A Revolução Verde foi a adoção da tecnologia por parte da agricultura. Por tecnologia devemos entender as máquinas motorizadas e equipamentos de ferro e aço, que substituíram os animais de tração e os equipamentos de madeira; a engenharia genética, que desenvolveu cultivares adaptadas às necessidades do campo, responsivas à adubação, resistentes ao acamamento, etc.; e a indústria química, que desenvolveu fertilizantes altamente solúveis e produtos fitossanitários que permitiram o controle eficiente de pragas, doenças e plantas daninhas, que destruíam plantações desde o advento da agricultura e eram associadas a castigos divinos por muitas civilizações pré-científicas.

O impacto da Revolução Verde – tecnologia e técnicas agrônômicas – é evidente ao constatarmos que, de meados do século XX até os dias atuais, a produção de alimentos triplicou, enquanto a área cultivada aumentou em aproximadamente 10%. No mesmo período, a população humana quase triplicou, indicando que o tamanho médio de área agrícola necessária para alimentar cada pessoa foi reduzido pela metade (BOARETTO e NATALE, 2016).

Apesar de todas as evoluções e inovações técnicas, científicas e tecnológicas que o mundo tem experimentado e que têm elevado os patamares produtivos da agricultura, o desafio mais primordial da atividade continua sendo também o mais relevante: intempéries climáticas. Sendo a agricultura uma atividade a céu aberto, o agricultor está direta e constantemente exposto às condições climáticas, sejam elas quais forem. Os resultados dessa exposição podem ser observados com frequência, em qualquer país do mundo: quebra de safra por excesso/falta de chuva, por geada, por acamamento dos cultivos decorrente de vendavais, por destruição das lavouras em consequência de chuvas de granizo, etc.

A forma como se lida com o meio-ambiente pode – e deve – ser melhor do que é atualmente; pode-se manter o solo, mesmo em áreas de intensa mecanização, permanentemente coberto; utilizar terraços para impedir a água de ganhar velocidade e provocar erosão nos solos; preservar as matas ciliares para que os rios não sofram o constante assoreamento que vêm sofrendo e para que os períodos de elevada pluviosidade não causem tantos estragos; entre outras tantas ações que estão sob nosso controle. É verdade que não é possível controlar qualquer uma das situações citadas no parágrafo anterior: não há controle

pleno sobre a quantidade ou frequência das chuvas, formação de geadas, intensidade dos ventos ou formação de água congelada na atmosfera. Tudo isso está fora do alcance humano completo, ao menos nas condições atuais. Contudo, quando o conhecimento e os mecanismos disponíveis são utilizados da melhor forma possível, podem prover ao Homem a resiliência necessária para perseverar sobre esse planeta tão dinâmico.

Entretanto, além do risco climático inerente à atividade agrícola, outro fator de risco se materializou com a globalização e a demanda por commodities: a volatilidade de preços. O rápido avanço da globalização, que despontou em meados do século XX (acompanhado, conforme foi visto, pela Revolução Verde) e continuou crescendo vigorosamente até o final do décimo nono ano do século XXI, promoveu o que algumas pessoas chamam de “comoditização da agricultura”, isto é, o foco na produção de grãos classificados como commodities e comercializados no mundo todo. Nesse período, o Brasil saiu da condição de importador para exportador de alimentos (Embrapa), exportações essas puxadas, evidentemente, pela produção de commodities, com destaque para soja, café, açúcar e carne bovina.

Apesar desse volume de produção ser importantíssimo para o crescimento econômico e equilíbrio da balança comercial brasileira, as commodities têm seus preços formados nas bolsas de mercadorias ao redor do mundo todo, influenciados principalmente pela condição de oferta e demanda, o que lhes dá a característica de altíssima volatilidade. Essa volatilidade representa uma condição de risco elevado para os agentes econômicos envolvidos direta e indiretamente em sua produção, pois os preços podem despencar, comprometendo a margem de lucro de um produtor, ou mesmo subir fortemente, comprometendo a margem de lucro de uma empresa que utiliza as commodities como matéria-prima para a produção de algum bem agregado.

Para o gerenciamento de riscos climáticos, existem os seguros agrícolas; para os riscos financeiros, há as opções e futuros. Opções sobre milho e soja não tem muita liquidez na bolsa brasileira, então restam os contratos futuros. O risco financeiro de uma posição física em milho ou soja pode ser administrado através de uma posição oposta no mercado futuro correspondente. A uma operação desse tipo, dá-se o nome de proteção ou hedge. O objetivo deste trabalho é investigar aspectos de risco e retorno relacionados ao hedge de posições físicas em milho e soja utilizando contratos futuros. Apesar de estarem disponíveis e serem utilizados por muitos produtores, há grande dificuldade na tomada de decisão do quanto deveria ser vendido a futuro.

Implantar uma lavoura corresponde a ter uma posição comprada futura no produto agrícola correspondente. Em nosso caso, estaremos estudando o milho e a soja, então, levaremos em conta o fato de que, para um produtor, plantar equivale a adquirir uma posição futura no mercado físico de milho ou soja.

Desejamos compreender como o hedge pode ser útil na administração do risco financeiro da produção agrícola, e o quanto ele é eficaz para produtores gaúchos. Faremos isso utilizando séries históricas das cotações de milho e soja em uma cooperativa da região, e séries históricas de contratos futuros de milho e soja.

## **1.1. SOJA**

A soja (*Glycine max*) é uma planta originária da Ásia, ou seja, de clima temperado (altas latitudes; alternância entre a duração dos dias e noites ao longo do ano). Naturalmente, a única região brasileira capaz de produzir o grão é o sul do país, com destaque para o Rio Grande do Sul, local onde o cultivo comercial da planta começou a apresentar relevância a partir de 1940. A engenharia genética, contudo, conseguiu desenvolver cultivares adaptadas ao clima tropical (baixas latitudes, dias e noites com duração semelhante), predominante na maior parte do Brasil, e a região Centro-Oeste tornou-se a maior produtora da leguminosa no país (DE ALMEIDA, 1999). Atualmente, a cultura encontra-se em fase de expansão também para estados do Norte e Nordeste, regiões de latitudes ainda mais baixas.

Estudos de pesquisadores do CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada) e do CNA (Confederação Nacional de Agricultura), considerando o ano completo de 2023, concluíram que os valores atribuídos ao agronegócio responderam por 23,8% do PIB brasileiro (CEPEA/USP e CNA, 2024). Esse indicador esclarece a importância do agronegócio para a economia brasileira. Ainda de acordo com o CEPEA, no ano de 2023, a participação da cadeia produtiva da soja e do biodiesel no PIB total do agronegócio brasileiro foi de 23,2% e, em relação ao PIB brasileiro como um todo, de 5,9%, sendo que em 2010 esses números eram de 9% e 1,9%, respectivamente (CEPEA/USP e ABIOVE, 2024). Isso demonstra o crescimento expressivo da oleaginosa e seus derivados dentro da economia brasileira.

Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção global estimada para 2023 é de 399 milhões de toneladas, tendo o Brasil como maior produtor, com 40% do total.

Em 2023, as exportações brasileiras de soja em grão, farelo e óleo somaram 126.660.000 (cento e vinte e seis milhões e seiscentos e sessenta mil) toneladas, e renderam US\$67.300.000.000 (sessenta e sete bilhões e trezentos milhões de dólares) (ABIOVE, 2024),

valor equivalente a 40,41% do total de exportações do agronegócio, que foram de US\$166.550.000.000, segundo dados do Ministério da Agricultura e Pecuária publicados em janeiro de 2024.

## **1.2. MILHO**

O milho (*Zea mays*) é uma das plantas domesticadas mais antigas do mundo. Originário das Américas, provavelmente do México, registros indicam seu cultivo há pelo menos 5.000 anos. Sua adaptabilidade favorável, sendo cultivado desde 58° de latitude norte até 40° de latitude sul, contribuiu para que se espalhasse pelo mundo todo (DUARTE, 2021).

A cultura é uma das mais utilizadas para alimentação animal, seja com seu subproduto mais conhecido (silagem) ou com os grãos, principalmente na forma de farelo, sendo misturado com outros produtos, como a soja. De acordo com o USDA, até dezembro de 2023 haviam sido produzidas 1,22 bilhão de toneladas de milho (mundo), números que põem a cultura no primeiríssimo lugar do ranking geral da agricultura global, com 437 milhões de toneladas a mais que o segundo colocado. O Brasil ocupa a terceira posição na produção global, com produção estimada, também pelo USDA, em 129 milhões de toneladas para 2023.

Em 2023, as exportações brasileiras de milho totalizaram 55.000.000 (cinquenta e cinco milhões) de toneladas.

## **1.3. COMMODITIES**

Torna-se importante, para ampla compreensão do assunto aqui abordado, definir o que é uma commodity, afinal elas são o tema central deste estudo. De acordo com Martins (2009), uma commodity “é uma mercadoria padronizada e de baixo valor agregado, produzida por diferentes produtores e comercializada em nível mundial, cuja oferta e demanda são praticamente inelásticas no curto prazo e cujos preços são definidos pelo mercado”.

É possível listar, com base na definição proposta, vários produtos comercializados pelo Homem como commodities: petróleo, ouro, minério de ferro, alumínio e urânio, por exemplo, são commodities minerais, extraídas da natureza pelos mais variados processos e utilizadas como matérias-primas em praticamente qualquer produto ou instalação que possamos observar ao nosso redor. Por outro lado, soja, milho, trigo, açúcar e celulose são exemplos de commodities agrícolas. São negociadas da mesma forma que as minerais, mas são provenientes de outras fontes, não estando disponíveis - ao menos em larga escala - na natureza; precisam ser *produzidas*, ao passo que as anteriores precisam ser *extraídas*.

As commodities agrícolas estão sujeitas a adversidades que não afetam as commodities minerais. Um período de estiagem severa, por exemplo, pode acabar

completamente com uma safra de grãos, mas em nada altera a expectativa de extração de petróleo, ouro ou minério de ferro. A constatação pode ser estendida para vendavais, chuvas de granizo ou até mesmo um tornado: na pior das hipóteses, os trabalhos de extração da commodity mineral serão interrompidos enquanto durar a adversidade, retornando normalmente após o evento; para uma lavoura de soja, milho, trigo ou cana-de-açúcar, por outro lado, tais eventos podem significar a perda integral da expectativa de produção do ano ou, no caso da silvicultura, de vários anos.

Apesar das diferenças entre os tipos de commodities, todas compartilham a característica de oscilar abruptamente de preço, muitas vezes em períodos curtos de tempo, seja por influências climáticas (agrícolas), geopolíticas (minerais) ou econômicas (ambas), resultando em uma atividade de profunda incerteza para seus participantes (MARTINS, 2009).

#### **1.4. RISCO**

É imprescindível que a ideia de risco seja discutida de maneira mais profunda, para que seja dada, a ela e ao presente estudo, a atenção e importância que merecem.

Apesar do gerenciamento de riscos fazer parte do cotidiano da maioria das pessoas atualmente, nem sempre foi assim. Até o período da Idade Média, não existia sequer a necessidade de pensar a respeito de riscos, pois os Homens acreditavam que o futuro era obra do destino, ou seja, tudo aquilo que alguém poderia ser ou fazer já estava determinado. Se o futuro já está determinado, não há motivos para pensar sobre ele; e se não há nada que se possa fazer a respeito do futuro, conseqüentemente também não há a necessidade de pensar sobre riscos, pois risco é sempre sobre aquilo que *pode* acontecer *no futuro*. Além disso, vale destacar que o gerenciamento de riscos envolve a utilização da probabilidade e, conseqüentemente, de números. Por muito tempo o Homem existiu sobre a terra sem utilizar números; em algum momento, foram introduzidos os caracteres alfanuméricos, como os números romanos. Mas todos eram inúteis para o estudo de algo como a probabilidade ou a noção de riscos. Somente após a invenção, pela sociedade Hindu, dos algarismos de 0 a 9, é que isso foi possível.

Ao longo da história, vários são os exemplos de sociedades que atribuíam ao destino suas glórias e suas desgraças. Os gregos, responsáveis por grande parte de nossa herança cultural, artística, filosófica e até matemática, também eram assim. Algumas versões da mitologia grega contam, por exemplo, que os três deuses irmãos mais velhos - Zeus, Hades e Poseidon - testaram a sorte jogando um dado para decidir quem ficaria com cada domínio do mundo (céu, mar e submundo). Além disso, uma das entidades mais famosas da cultura grega

era o oráculo. O oráculo era uma pessoa, escolhida pelo Deus Apolo, para ser o intermediário entre Ele e os Homens, transmitindo mensagens sobre acontecimentos futuros. Alexandre Magno (O Grande), antes de iniciar sua campanha contra o Império Persa, foi consultar o Oráculo de Delfos, buscando respostas sobre a possibilidade de sucesso, num episódio que demonstra claramente a importância dada pelos Homens ao destino, controlado por divindades.

O movimento filosófico que marca o fim da Idade Média e início da Idade Moderna é o Renascimento. Esse período de transição foi marcado por transformações no modo como o Homem enxergava o mundo. Dentre todas as mudanças, a mais importante para o presente estudo é a substituição da ideia de destino pela de livre arbítrio. Em uma sociedade pautada pelo livre arbítrio, o Homem passa a tomar as rédeas da própria vida e a buscar alterá-la/melhorá-la. Nesse momento, o futuro torna-se importante e, com ele, a ideia de risco passa a fazer parte da vida das pessoas.

Em seu livro “Sociedade de Risco: Rumo a Uma Outra Modernidade”, o sociólogo alemão Ulrich Beck destaca, por analogia, que vivemos em uma sociedade de risco, não porque os dias atuais são mais perigosos, mas sim porque somos uma sociedade orientada para o futuro. Uma sociedade orientada, que pensa constantemente no futuro, está também constantemente se equilibrando em meio aos riscos e incertezas envolvidos no amanhã. Beck também aponta para a existência de dois tipos de riscos: os naturais e os manufaturados. Riscos naturais, segundo Beck, são os riscos relacionados à vida, a natureza, independentes do Homem, tais como terremotos e maremotos. Já os riscos manufaturados são aqueles *produzidos* pelo Homem, em virtude de nossa atividade, como um acidente nuclear e a queda de um avião, por exemplo.

Os riscos estão associados a tudo o que fazemos (ou deixamos de fazer). É importante destacar que risco é uma possibilidade, não uma certeza. Isso significa, por exemplo, que um fumante está assumindo, conscientemente, o risco de ter problemas de saúde relacionados ao tabagismo, principalmente nos pulmões, mas não quer dizer, de forma alguma, que ele terá, *certamente*, algum problema nos pulmões. É possível? Sim. É provável? Também, mas não se pode ter certeza, pois algumas pessoas fumam durante a vida toda e não sofrem consequências diretas de seu vício.

A ideia de risco está indissociavelmente ligada à combinação de probabilidade e impacto. Qual era a probabilidade de dois aviões baterem no World Trade Center, numa manhã de outono qualquer, no coração do país mais poderoso do mundo, econômica e militarmente? Todos concordarão que era baixa. Na verdade, era tão baixa, tão distante de

qualquer ceticismo, que sequer foi cogitada. Mas aconteceu, e o impacto foi catastrófico. Agora, qual a probabilidade de uma pessoa qualquer espirrar hoje? Alta, pois não foi definida nem mesmo qual a pessoa; pode ser qualquer um. Mas qual o impacto de um espirro na vida de qualquer pessoa? Na maioria das vezes, nenhum. Esses exemplos ilustram duas coisas: primeiro que, geralmente, probabilidade e impacto são inversamente proporcionais: quanto maior a probabilidade de ocorrência, menor tende a ser o impacto, e o inverso também é verdadeiro; e segundo, que o gerenciamento de riscos só tem importância para aspectos relevantes: ninguém calcula a probabilidade de espirrar.

Pense nisso: toda vez que alguém decide fazer algo, desde aplicar algum dinheiro até simplesmente atravessar a rua, está lidando com riscos. É como se estivesse se equilibrando em uma corda bamba, tentando não cair no precipício do desconhecido. E é aí que entra o gerenciamento de riscos - é como aprender a se equilibrar melhor, a se movimentar com mais segurança nessa corda bamba. Não obstante a natureza incerta da vida, a maneira como a sociedade contemporânea está organizada, completamente interdependente, torna a incerteza ainda mais aguda, afinal, as decisões de qualquer pessoa são sentidas pelas demais, mesmo que indiretamente.

Agora, o que acontece quando os riscos não são bem gerenciados? Bem, é como se as pessoas estivessem navegando em um navio sem capitão, sem mapa e sem bússola. Podem encontrar-se à mercê das tempestades financeiras, encalhadas nos recifes da insolvência. Pense no que aconteceu com a economia global durante e após o estouro da bolha imobiliária americana, que explodiu em 2008 e teve como marco a quebra do banco de investimentos Lehman Brothers. Os impactos de um desastre desse tipo não foram apenas financeiros, mas também sociais - uma cascata de efeitos que mudou vidas e afundou a economia de países a milhares de quilômetros de distância do foco do problema.

Dentre as diversas formas de encarar a análise de riscos, existem dois extremos: aqueles que acreditam que é possível mensurar tudo a qualquer momento e aqueles que acreditam que não é possível mensurar nada, devido a grande incerteza do mundo. Talvez uma média seja interessante nesse caso. De fato, é possível mensurar muitas coisas com o auxílio da matemática e da tecnologia. Mas não é possível mensurar *tudo*. Algumas coisas escapam até mesmo dos mais modernos softwares de análise de dados. Porém, quando há disponibilidade de dados e informações históricas abundantes, pode-se trabalhar com boa margem de erros. Alguns dos negócios mais lucrativos do mundo moderno, inclusive, estão inteiramente alicerçados sobre a probabilidade, como as seguradoras. Uma seguradora é, na

verdade, uma empresa que, em troca do pagamento de um valor em dinheiro (prêmio) assume o risco no lugar do cliente.

Sob a ótica específica da agricultura, os riscos podem ser enquadrados em dois grupos principais: ambientais e econômicos. Como já comentado, os riscos ambientais são inerentes à atividade agrícola e não há muito que se possa fazer sobre os mesmos. Os riscos econômicos - também já abordados de forma introdutória - no entanto, estão relacionados à volatilidade de preços dos produtos. Tanto soja quanto milho são commodities negociadas nas bolsas de mercadorias do mundo todo, e dentre as variáveis que influenciam seus preços, oferta e demanda certamente é a mais significativa. Se os preços são estabelecidos nas negociações das bolsas de mercadorias, isso significa que os produtores, independentemente da quantidade de terra que possuem, não têm controle sobre o preço de venda de seu produto.

Esse aspecto representa um dilema para o produtor de commodities: se ele não pode definir seus custos de produção (como qualquer atividade) e nem seu preço de venda, a viabilidade de seu negócio está constantemente ameaçada. Uma queda significativa nos preços de comercialização do produto pode tornar uma fazenda lucrativa em um empreendimento insolvente. Em outras palavras, quanto maior for a volatilidade nos preços de comercialização, maior também é o risco associado à atividade.

Soma-se a isso a questão da incerteza. Ninguém sabe o que acontecerá amanhã. As grandes crises globais (econômicas, sanitárias, etc.) tornam-se crises, de fato, por serem geralmente imprevisíveis. Muitas vezes dizemos frases como “quando tudo parecia correr bem, algo inesperado ocorreu e colocou tudo a perder”. Ora, praticamente tudo é inesperado em nossa vida. Até chegarem à Oceania, os ingleses pensavam que todos os cisnes fossem brancos. Lá, descobriram que existiam também cisnes negros. Uma vida de observações de cisnes brancos foi invalidada por uma única observação de um único cisne negro. O fato de algo nunca ter sido visto ou presenciado, não significa que não exista ou que não possa ocorrer.

Existem, portanto, duas maneiras de gerenciar os riscos: prevenção e precaução. Medidas de prevenção focam na eliminação das causas da situação de risco. O preço da saca de soja pode cair 30% e eliminar minha margem de lucro até o momento da colheita? Pode, então eu não irei plantar soja, pois desse modo estou eliminando o risco de ser afetado pela volatilidade de preços dela. Medidas de precaução, por outro lado, focam na mitigação das chances ou dos efeitos de uma ocorrência. No mesmo exemplo, ao invés de abdicar da atividade, o produtor poderia adotar medidas para tornar o efeito da queda de preços menor, ou mesmo beneficiar-se dela. Vale destacar que, quanto mais distante do momento futuro em

foco, menos informações há sobre o mesmo. Quanto mais próximo do ponto futuro, por outro lado, mais informações e, conseqüentemente, certeza. Porém, quanto mais próximo do momento futuro, menores são as chances de ação para lidar com ele.

Ao entender que volatilidade e incerteza são fatores de risco, e que esse risco é proporcional ao nível da volatilidade e incerteza, fica claro que estratégias de gerenciamento de riscos são importantíssimas para a atividade agrícola.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

A pandemia causada pelo Covid-19 impôs ao mundo globalizado uma situação que certamente jamais será esquecida. Todos os veículos, terrestres, aquáticos ou aéreos pararam. As pessoas fecharam-se em suas casas. A demanda por petróleo caiu a tal nível que a commodity chegou a ser negociada a preços negativos: pagava-se para armazenar o produto (VALOR INVESTE, 2020).

De acordo com Rossi e Ribeiro (2021), essa condição de restrição de consumo gerou uma demanda reprimida, para o turismo no caso do estudo em questão, mas que pode ser estendida para quase todas as atividades humanas. A alimentação, contudo, não pode ficar reprimida.

A partir de maio de 2020, a cotação do bushel de soja engatou uma subida de preços vigorosa, que só foi se estabilizar em maio do ano seguinte. Nesses doze meses, a cotação saiu de US\$8,28 para US\$14,80 por bushel, uma alta de 78,74%. De junho a outubro de 2021, houve uma sequência de quedas, que levaram o preço de volta aos US\$11,90. Porém, engatou nova alta que foi interrompida somente em junho de 2022, aos US\$16,40, mantendo-se acima dos US\$14,00 até agosto de 2023. Se considerarmos o período entre maio de 2020 e junho de 2022, a variação foi de 98%. Ou seja, em 25 meses, o preço dobrou (USDA, 2023).

No caso do milho, a situação foi semelhante, mas ainda mais impressionante. Em maio de 2020 a cotação era de US\$3,20 por bushel. Em agosto de 2021, atingiu o nível de US\$6,32, alta de 97,5% em 15 meses. O ciclo de alta foi interrompido brevemente entre setembro e outubro de 2021, mas recomeçou em novembro do mesmo ano e terminou somente em junho de 2022, aos US\$7,38. Entre maio de 2020 e junho de 2022 (os mesmos 25 meses), a alta foi de 130,62% (USDA, 2023).

Cabe aqui uma rápida explicação sobre a relação entre o bushel e a saca. Na CBOT (Chicago Board of Trade) as commodities agrícolas são negociadas em bushels, medida de volume bastante conhecida para os norte-americanos. No Brasil, contudo, sempre nos referimos ao preço por saca do produto. No caso das culturas aqui abordadas, todas são precificadas em sacas de 60 Kg. Para a soja, 1 (um) bushel equivale a 27,21 Kg, enquanto

para o milho a medida é de 25,40 Kg. Sendo assim, 1 (uma) saca de soja equivale a 2,2 bushels, enquanto para o milho o valor é de 2,36 bushels.

É importante ressaltar que o impacto dos preços tem um fator amplificador para o Brasil: a taxa de câmbio entre real e dólar. Em 31 de outubro de 2019, quando o mundo ainda nem conhecia o termo Covid-19, a cotação do dólar era de R\$4,01. Chegou a subir 16,35% em apenas um mês, entre fevereiro e março de 2020, período em que a Covid-19 foi elevada à classificação de pandemia. No dia 14 de maio de 2020, a moeda chegou a atingir a marca de R\$5,97, alta de 48,88% em relação aos níveis pré-pandêmicos de outubro de 2019 (INVESTING, 2023).

Em relação ao tema específico do estudo, existem algumas publicações relevantes, que também analisaram o mercado de commodities agrícolas e estratégias de hedge para o mesmo.

Buscando preencher a lacuna existente na literatura financeira relacionada aos mercados de commodities, Hélyette Geman escreveu, em 2008, o livro “Risk Management in Commodity Markets: From Shipping to Agricultural and Energy”, no qual buscou reunir uma série de capítulos escritos por especialistas, acadêmicos e profissionais do setor financeiro de commodities. A metodologia empregada no livro envolve uma combinação de análises econômicas, questões geopolíticas e modelagem financeira aplicada a diferentes mercados de commodities. Cada capítulo aborda um aspecto específico da gestão de riscos em mercados de commodities, utilizando tanto abordagens teóricas quanto empíricas. Dentre os resultados obtidos, é relevante, para o presente estudo, o hedging e a gestão de riscos aplicáveis a derivados de commodities. Geman analisou a viabilidade de contratos futuros e a importância da liquidez nos mercados futuros para a mitigação de riscos, destacando que os contratos negociados em mercados bem-sucedidos, como os contratos de milho na CBOT, são exemplos de como a gestão de riscos é aplicada de forma eficaz (GEMAN, 2008).

Scott Frush, também em 2008, publicou o livro “Commodities Demystified”, com o objetivo de desmistificar o mundo das commodities e fornecer uma compreensão clara e prática de como investir nesse mercado. A metodologia utilizada inclui a explicação detalhada de conceitos essenciais, a apresentação de estratégias de investimento e a análise de comportamentos racionais e irracionais dos investidores. Frush explora a eficiência dos derivativos, como futuros e opções, como instrumentos de hedge para commodities agrícolas. Ele descreve como empresas, como as fabricantes de cereais Kellogg’s e Post, utilizam futuros e opções para se proteger contra a volatilidade dos preços dos grãos, garantindo preços

fixos para entregas futuras e, assim, mitigando o risco de aumentos de preços que poderiam impactar seus custos operacionais (FRUSH, 2008).

Geman, novamente, em 2015, publicou o livro “Agricultural Finance: From Crops to Land, Water and Infrastructure”, com o objetivo de explorar os diversos aspectos financeiros da agricultura, abrangendo desde a produção de culturas até a infraestrutura necessária para suportar essa produção. A metodologia adotada envolve uma análise detalhada dos riscos financeiros, institucionais e operacionais que afetam a agricultura, além de um estudo sobre a produtividade e os impactos das mudanças climáticas. Em relação ao mercado de derivativos agrícolas, o livro aborda como os mercados futuros e os derivativos são utilizados como instrumentos de hedge para mitigar os riscos associados à volatilidade dos preços das commodities agrícolas e às variações climáticas. Além disso, o livro discute a importância dos contratos futuros para a estabilização da renda agrícola (GEMAN, 2008).

Daniel P. Ahn, em 2018, publicou o livro intitulado “Principles of Commodity Economics and Finance”, com o objetivo de oferecer uma visão rigorosa e prática sobre a economia de commodities, destinada tanto a acadêmicos quanto a profissionais do mercado. A metodologia adotada no livro é dividida em quatro módulos principais. O primeiro módulo cobre os conceitos fundamentais de oferta e demanda de commodities, utilizando modelos clássicos e explorando suas limitações. O segundo módulo aborda os mercados financeiros de commodities e a motivação por trás das atividades financeiras relacionadas. O terceiro módulo aprofunda os conceitos de decisão de investimento em portfólios físicos e financeiros de commodities. Finalmente, o quarto módulo discute tópicos especiais, incluindo geopolítica, (percebe-se que a questão geopolítica aparece com frequência nos trabalhos sobre commodities) regulamentação financeira e mercados de eletricidade. No capítulo 4, o autor introduz contratos financeiros e derivativos ligados a commodities, explicando como esses instrumentos ajudam na transação e alocação de riscos entre os participantes do mercado, explorando diferentes tipos de contratos, incluindo contratos à vista, contratos a termo (ou futuros) e opções. Além disso, o capítulo aborda a importância dos derivativos no mercado de commodities, discutindo as motivações para a utilização de derivativos, como hedge e especulação, e a formação de preços desses ativos (AHN, 2018).

Viviana Fanelli, em 2020, publicou o livro “Financial Modelling in Commodity Markets”, investigar a dinâmica de preços e a modelagem financeira no mercado de commodities. A metodologia utilizada inclui a análise de dados históricos dos preços das commodities, a aplicação de testes estatísticos para determinar a dinâmica dos preços, e a implementação de modelos econométricos para prever o comportamento do mercado.

Explorou também a eficiência dos derivativos como instrumentos de hedge, mas não para o mercado de commodities agrícolas. Apesar disso, a metodologia é interessante e proporciona uma base sólida para pesquisas relacionadas. Os resultados encontrados indicam que os preços das commodities exibem comportamentos de reversão à média, o que sugere a presença de componentes previsíveis nas séries temporais analisadas (FANELLI, 2020).

Joël Priolon, em 2019, publicou o livro “Financial Markets for Commodities”, no qual buscou analisar os mecanismos fundamentais dos mercados financeiros de commodities. A metodologia utilizada envolve uma abordagem teórica e descritiva, que visa explicar os conceitos econômicos e matemáticos necessários para entender o funcionamento desses mercados, incluindo mercados a termo, de opções de compra e de swaps. Priolon explora a eficiência dos derivativos como instrumentos de hedge para commodities agrícolas. Isso é abordado dentro do contexto de mercados financeiros de commodities, onde a utilização de contratos futuros e opções é discutida como uma forma de mitigar os riscos associados à volatilidade dos preços das commodities agrícolas (PRIOLON, 2019).

### **2.1. A QUEM INTERESSA A PROTEÇÃO?**

Os agentes econômicos ligados à cadeia produtiva das commodities, seja de forma direta ou indireta, estão sempre sujeitos aos impactos causados pelas alterações de preços desses produtos. A volatilidade elevada nos preços dos produtos é um fator de risco sistêmico para aqueles que dependem do mesmo. Dependendo da margem líquida do agente econômico e do nível de volatilidade dos preços no mercado em que atua, pode-se considerar que ele está constantemente sob o risco da ruína.

O sistema de hedge não é utilizado, num primeiro momento, como forma de aumentar ganhos, mas sim de eliminar ou limitar as perdas. Trata-se de uma estratégia com o objetivo de manter o agente econômico no mercado, em condições de operar normalmente, independentemente do que vier a ocorrer com os preços dos seus produtos. Dito isso, é possível que, utilizando uma estratégia de hedge, o agente deixe escapar uma parte do lucro que poderia ter, a depender da movimentação dos preços. Contudo, é igualmente possível que a movimentação de preços ocorra para o lado contrário, e aí o agente incorreria em prejuízo caso não utilizasse o hedge.

## **3. METODOLOGIA**

Primeiramente, foram coletados os dados históricos de preços das duas commodities, tanto locais quanto os preços negociados em bolsa, das épocas mais longevas possíveis.

Posteriormente, os dados foram utilizados dentro de uma simulação pelo método de Monte Carlo, sobre o qual será falado mais adiante.

De posse dos dados, das simulações e dos gráficos gerados sobre ambos, foi possível comparar a volatilidade entre as estratégias (físico, futuro e hedge).

Os dados do mercado físico - nesse caso, da Cotrijuc - foram utilizados para traçar os resultados considerando uma estratégia completamente livre, sem nenhuma forma de proteção. Os preços eram observados no momento de abertura - sempre no mês de outubro para o presente estudo - e no momento de encerramento da safra - sempre no mês de março.

Para os dados relativos ao mercado futuro, aqueles dos contratos negociados em bolsa, eram feitas as mesmas simulações. Contudo, a partir daí começava a montagem das estratégias de proteção à volatilidade, de 30% até 150% da posição. Isso significa que, para cada safra, foi construído um modelo de retorno e volatilidade em três níveis: somente mercado físico local, somente mercado futuro e a combinação entre ambos, esta última variando entre 30% e 150% da capacidade de produção do produtor.

### **3.1. MÉTODO MONTE CARLO**

A estratégia adotada utilizou o método conhecido como Monte Carlo. O Método de Monte Carlo (MMC) pode ser descrito como uma técnica de amostragem artificial utilizada para simular sistemas complexos com componentes aleatórios. A sua aplicação é valorizada devido ao aprimoramento contínuo dos computadores, que aumentam a velocidade de cálculo e a capacidade de armazenamento e processamento de dados. Em suma, a importância do MMC se dá como uma ferramenta poderosa para a análise de riscos, especialmente útil em contextos onde a variabilidade dos fluxos de caixa e as incertezas dos parâmetros são significativas (BRUNI, FAMÁ e SIQUEIRA, 1998).

O fator de aleatoriedade foi utilizado nos dias de abertura e fechamento da posição do contrato, sempre utilizando os meses de outubro (abertura da posição) e março (fechamento da posição). Foram 1.000 (mil) combinações para cada safra, em cada cultura.

### **3.2. COLETA DE DADOS**

A intenção foi trabalhar com a realidade de preços para os produtores gaúchos, principalmente da região do Alto Uruguai, se possível. Para isso, foi feita uma pesquisa intensa na busca por dados relativos aos preços de soja e milho nas cooperativas da região. Contudo, quase que em sua totalidade, as cooperativas não possuíam registros históricos significativos em seus acervos digitais, e a maioria delas não retornou as tentativas de contato realizadas. Dentre todas as tentativas, a Cotrijuc, de Júlio de Castilhos, disponibiliza em seu

site os preços desde o ano de 2005. Os dados utilizados para o mercado físico regional do produto, portanto, são da Cotrijuc. Já para o mercado futuro, foram utilizados os dados disponíveis no TradingView<sup>®</sup>, uma plataforma virtual de apoio para traders, com as mais avançadas e eficazes ferramentas de análise gráfica disponíveis no mercado, além de um bom histórico de preços disponível para consulta.

### **3.3. ESPECULAÇÃO**

É provável que algumas pessoas questionem estratégias acima de 100%, pois elas implicam em vender contratos em quantidade maior que a capacidade produtiva, uma forma de especulação, o que é fato. Acontece que, no fundo, tudo é especulação. O produtor que não vende contrato algum, deixando sua produção inteira à mercê dos movimentos de mercado, está igualmente especulando, na expectativa de que os preços subam até o momento da colheita. Mas eles podem cair, fazendo com que ele deixe de lucrar ou mesmo tenha prejuízos. Portanto, cada produtor - ou mesmo qualquer pessoa que não seja um produtor rural - terá uma estratégia para uma determinada safra, baseada no seu palpite e/ou nos palpites de terceiros. E é realmente isso: um palpite, pois, assim como explicado no tópico sobre riscos, o futuro é apenas incerteza.

### **3.4. RISCO E RETORNO**

Os valores de risco são obtidos calculando o desvio-padrão dos retornos do ativo, e é representado de forma percentual. Já o retorno é a diferença percentual entre o preço inicial e o preço final do produto na janela observada – nesse caso, entre outubro e março.

## **4. RESULTADOS**

Após a obtenção de todos os preços e dos resultados das simulações, foi possível criar gráficos relativos aos dados apresentados. Como o objetivo principal do estudo está relacionado com a volatilidade, a ênfase está justamente ali. Sendo assim, é necessário entendermos como quantificar a volatilidade de um ativo.

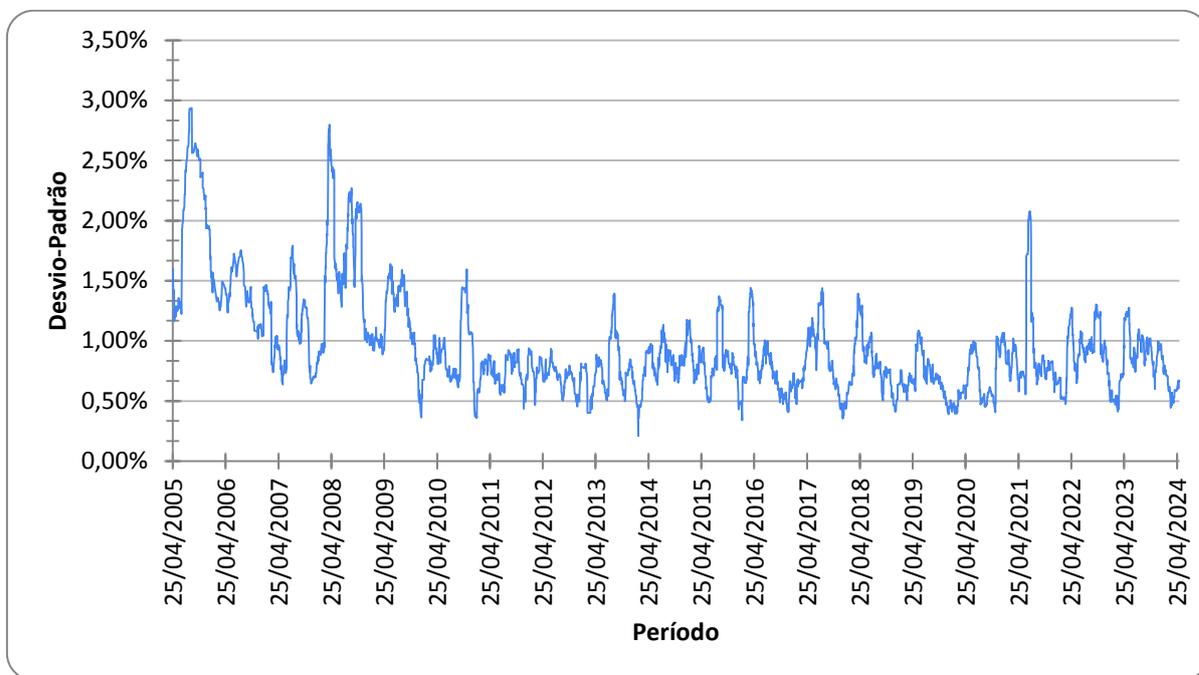
A forma mais utilizada para determinar o grau de variabilidade dos dados de uma série de valores é a utilização das medidas de dispersão, com destaque para o desvio-padrão.

### **4.1. DESVIO-PADRÃO**

Como visto, o risco associado a um ativo está relacionado à volatilidade do mesmo. O desvio-padrão permite mensurar essa volatilidade a partir dos retornos do ativo. Em outras palavras, o desvio-padrão dos retornos dos preços do ativo ao longo do tempo é a sua volatilidade e, portanto, seu nível de risco. Na Figura 1, é possível observar o gráfico do

desvio-padrão relativo aos preços da saca de soja na cooperativa Cotrijuc, de março de 2005 até maio de 2024.

**Figura 1 - Volatilidade dos retornos diários do preço da soja, de março de 2005 até maio de 2024, na Cooperativa Cotrijuc.**

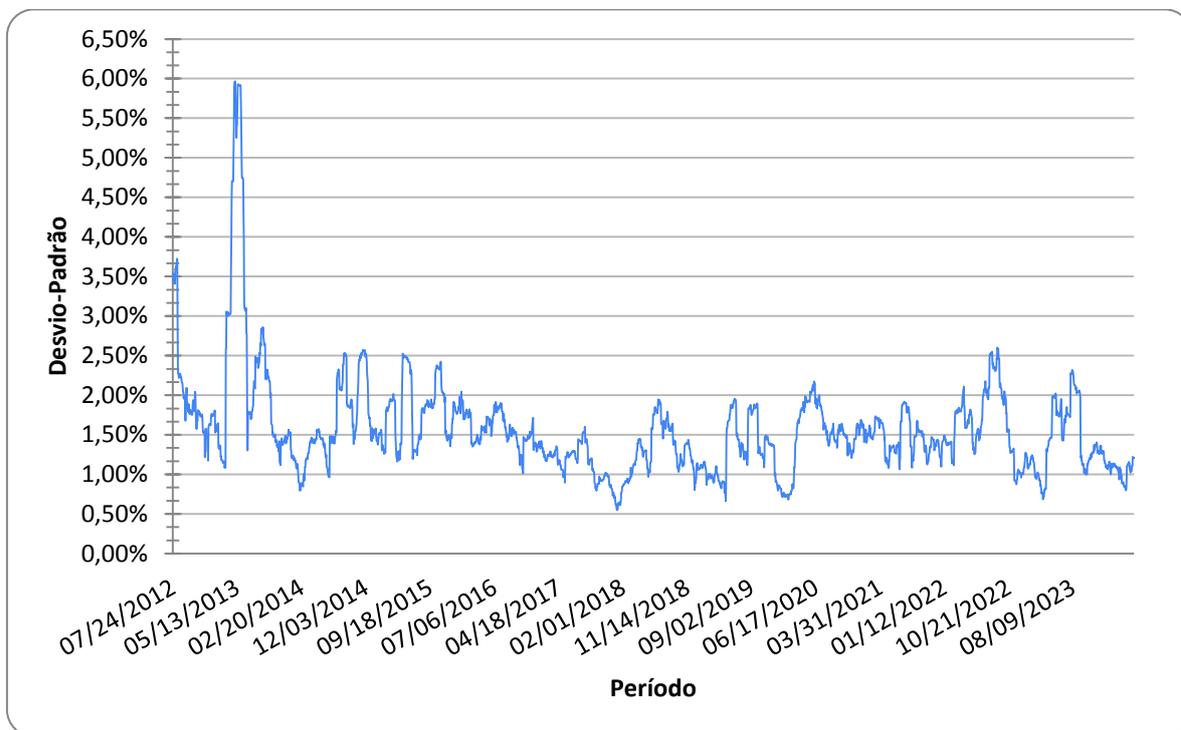


Fonte: Autor.

A análise do gráfico demonstra visualmente a volatilidade sobre os retornos diários do preço da saca de soja. Em média - aritmética - o desvio-padrão foi de 0,92%, com pico de 2,94% e suporte de 0,21%. A moda, isto é, o valor que mais vezes se repetiu no conjunto de dados, foi 0,40%.

Observe agora o gráfico do desvio-padrão para os futuros da soja na bolsa de Chicago, representado pela Figura 2, negociados no Brasil pela B3, com o ticker “SJCc1”.

**Figura 2 - Volatilidade dos retornos diários do preço dos contratos futuros da soja, de 2012 até 2024, na B3.**

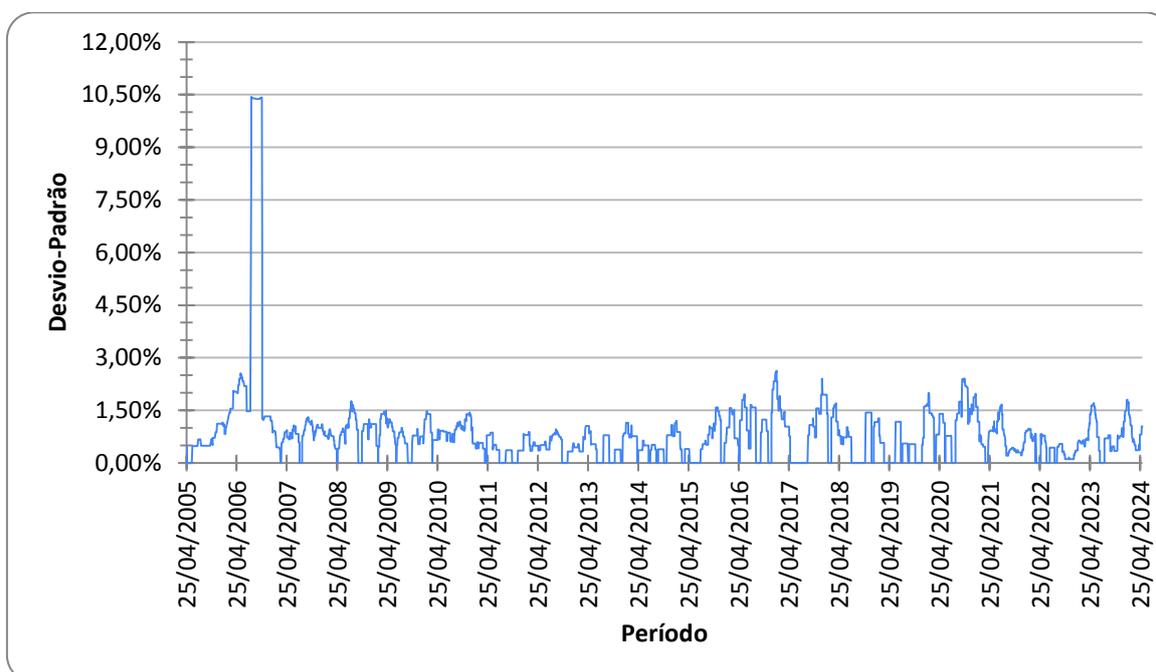


Fonte: Autor.

Para os futuros, a média aritmética do desvio-padrão dos retornos foi de 1,57%, com pico de 5,97% e suporte de 0,55%. Não existe moda para a série de dados em questão. É importante frisar que o histórico de preços dos futuros começa em 2012, ou seja, é uma amostra bem menor que a amostra de preços locais da Cotrijuc. Apesar dos preços do SJC1 serem negociados em dólares americanos, foram considerados os preços em reais, fazendo a conversão com base no câmbio do dia.

Observe agora, na Figura 3, as mesmas informações, mas para o desvio-padrão dos retornos da saca de milho, na cooperativa Cotrijuc.

**Figura 3 - Volatilidade dos retornos diários do preço do milho, de março de 2005 até maio de 2024, na Cooperativa Cotrijuc.**

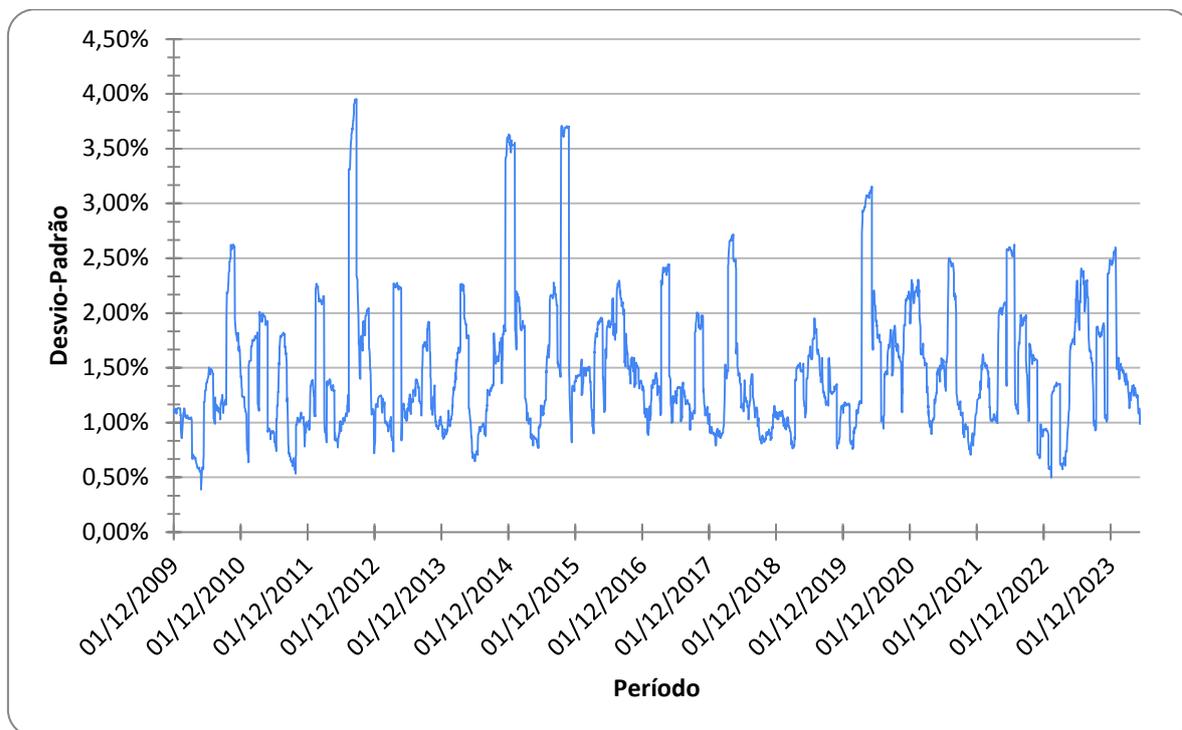


Fonte: Autor.

No caso do milho, a média aritmética do desvio-padrão dos retornos dos preços foi de 0,82%, apresentando pico de 10,43% e suporte de 0%. A moda também foi de 0%, indicando que, na cooperativa, os preços da saca de milho apresentaram, no período estudado, uma tendência de estabilidade por períodos bem maiores que a soja.

Na sequência, representado pela Figura 4, pode-se avaliar também o gráfico do desvio-padrão dos retornos dos futuros de milho na bolsa de Chicago.

**Figura 4 - Volatilidade dos retornos diários do preço dos contratos futuros de milho, de 2010 até 2024, na B3.**



Fonte: Autor.

A média aritmética do desvio-padrão dos retornos dos futuros de milho na bolsa de Chicago foi de 1,48%, com pico de 3,95% e suporte de 0,39%. A moda foi de 1,29%.

Tanto para a soja quanto para o milho, a média da volatilidade foi mais alta no mercado futuro em comparação ao físico.

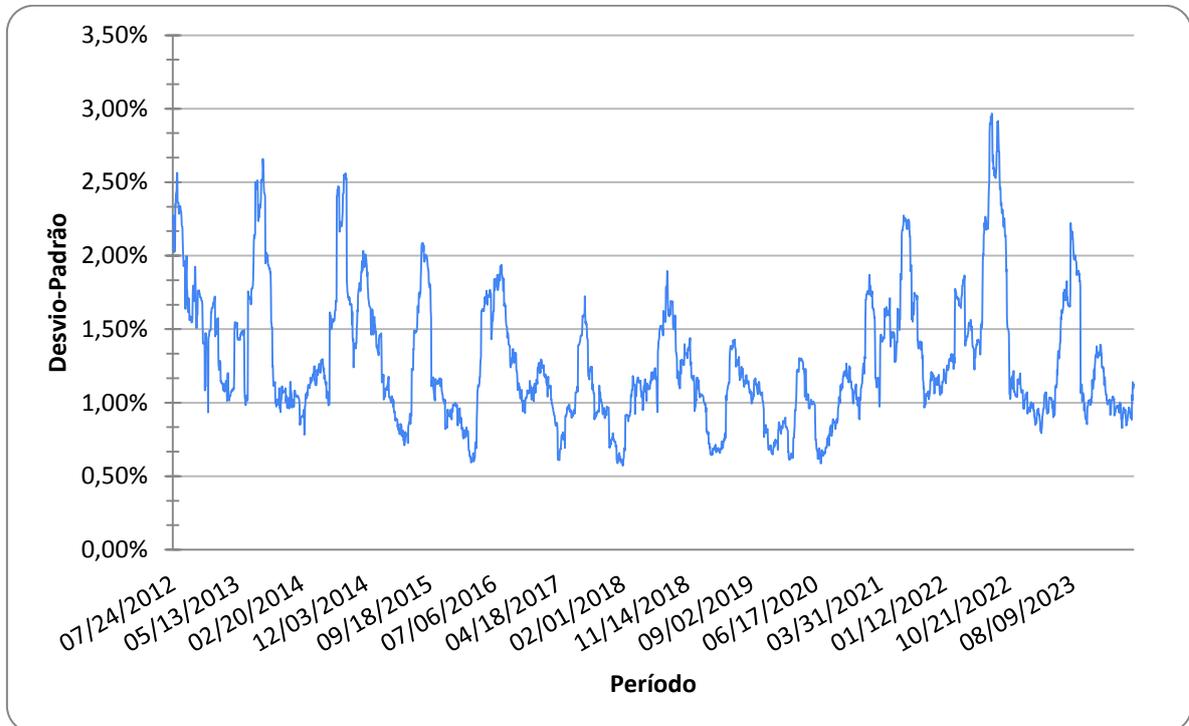
#### **4.2. O EFEITO DÓLAR**

As commodities são mercadorias negociadas no mundo todo, e sua cotação é expressa em dólares americanos, pois essa é a moeda, a unidade de conta, escolhida por unanimidade entre os mercados globais. Países considerados emergentes, como o Brasil, costumam ter moedas bastante voláteis em comparação com moedas de países desenvolvidos. Esse fator acaba sendo um amplificador de volatilidade - e risco - para os produtos cotados em dólares, caso da soja e do milho. Contudo, o contrato futuro de milho utilizado no presente estudo, o CCM1, já possui cotação em reais brasileiros. O contrato de soja, SJC1, por outro lado, é cotado em dólares americanos, e foi convertido para reais brasileiros de acordo com o câmbio do dia, conforme explicado anteriormente.

Para ter ideia da influência da volatilidade cambial na volatilidade dos preços internos, foi calculado também o desvio-padrão para o futuro da soja considerando a cotação original, em dólares americanos. Isso permite eliminar a questão cambial e observar o comportamento

da commodity baseado apenas em seus aspectos de risco originais. Abaixo, o gráfico, representado pela Figura 5.

**Figura 5 – Volatilidade dos retornos diários do preço do contrato futuro de soja, em dólares americanos, de 2012 a 2024.**



**Fonte: Autor.**

Numa observação rápida, já é possível perceber que o pico da volatilidade, nesse caso, é bem menor. E de fato é o que ocorre, pois enquanto o pico da volatilidade em reais brasileiros foi de 5,97%, em dólares americanos o pico foi de 2,97%. O suporte foi de 0,57% e a média aritmética de 1,28%, contra 1,57% da média em reais. A moda foi de 1,40%. A margem de risco fica bem mais estreita neste caso, pois a oscilação máxima foi de 0,57% até 2,97%, ou seja, 240 pontos-base. Em reais, essa mesma diferença foi de 542 pontos-base, aproximadamente 126% maior.

#### **4.3. RISCO X RETORNO**

Conforme observado anteriormente, o desvio-padrão representa o nível de volatilidade e, conseqüentemente, de risco de um determinado ativo. No mundo dos negócios, para correr maiores riscos, o investidor (empreendedor, especulador, enfim, qualquer pessoa) requererá maiores possibilidades de retorno. O contrário também é verdadeiro: quanto menor o risco - volatilidade - de um ativo, menores as possibilidades de retorno, sempre de forma relativa às demais opções de investimento - relativa porque dizer que alguém obteve um retorno de 10% ou 100% não significa nada sem uma base de comparação (ganhar 10% A.A. na Argentina

dos últimos anos é pouco, mas os mesmos 10% nos Estados Unidos são um excelente resultado). A essa relação, dá-se o nome de “relação risco x retorno”.

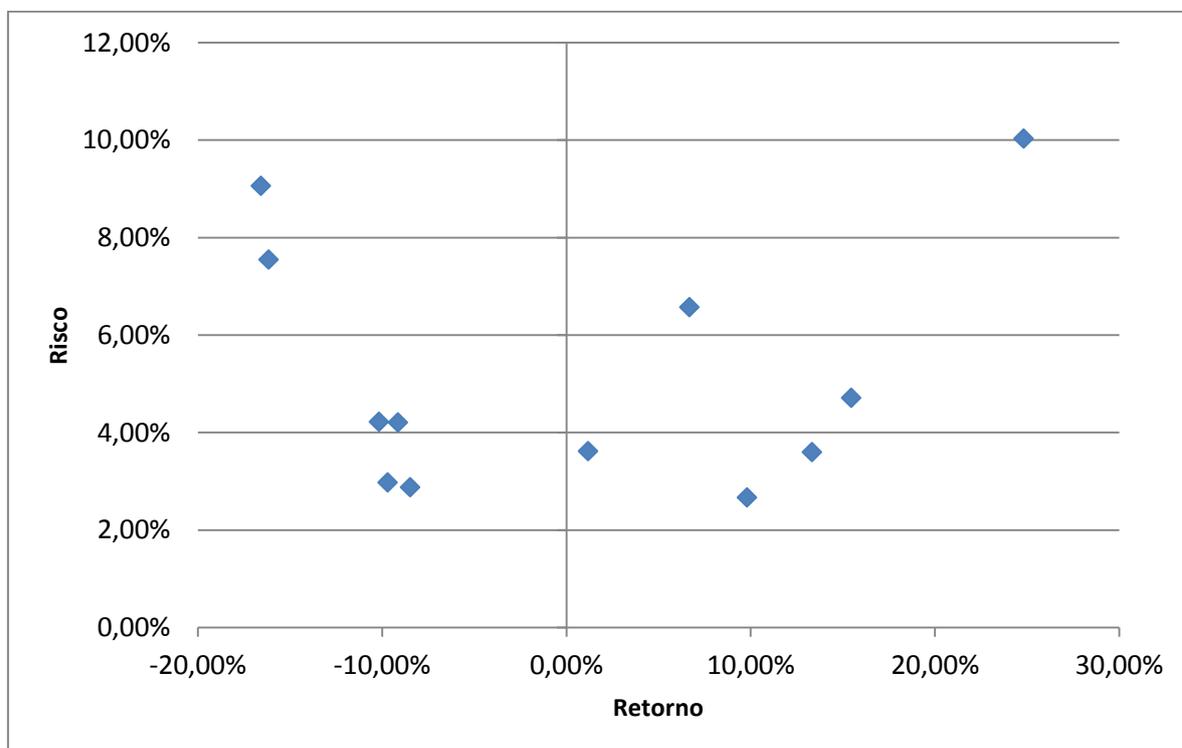
Essa relação pode - e deve - ser aplicada ao presente estudo, afinal, o objetivo primeiro é a montagem de uma estratégia que diminua o risco do empreendimento agrícola. Sendo assim, é importante analisar a relação risco x retorno de cada uma das estratégias (mercado físico, futuro e hedge).

Para analisar a relação de risco x retorno, a opção foi pela construção de gráficos de dispersão utilizando os dados médios obtidos com as simulações pelo método de Monte Carlo. Conforme observado anteriormente, para cada safra, foram feitas 1.000 (mil) simulações de abertura e fechamento de posição vendida. Considerando os resultados de cada uma dessas simulações, foi obtida a média dos valores de retorno (variação da cotação entre o dia de abertura e fechamento da posição) e do desvio-padrão (para as mesmas condições) que, como vimos, é a representação da volatilidade dos ativos.

#### 4.4. SOJA

Abaixo, representado pela Figura 6, o gráfico de dispersão para risco x retorno de uma estratégia sem hedge, trabalhando apenas com o mercado físico local da soja.

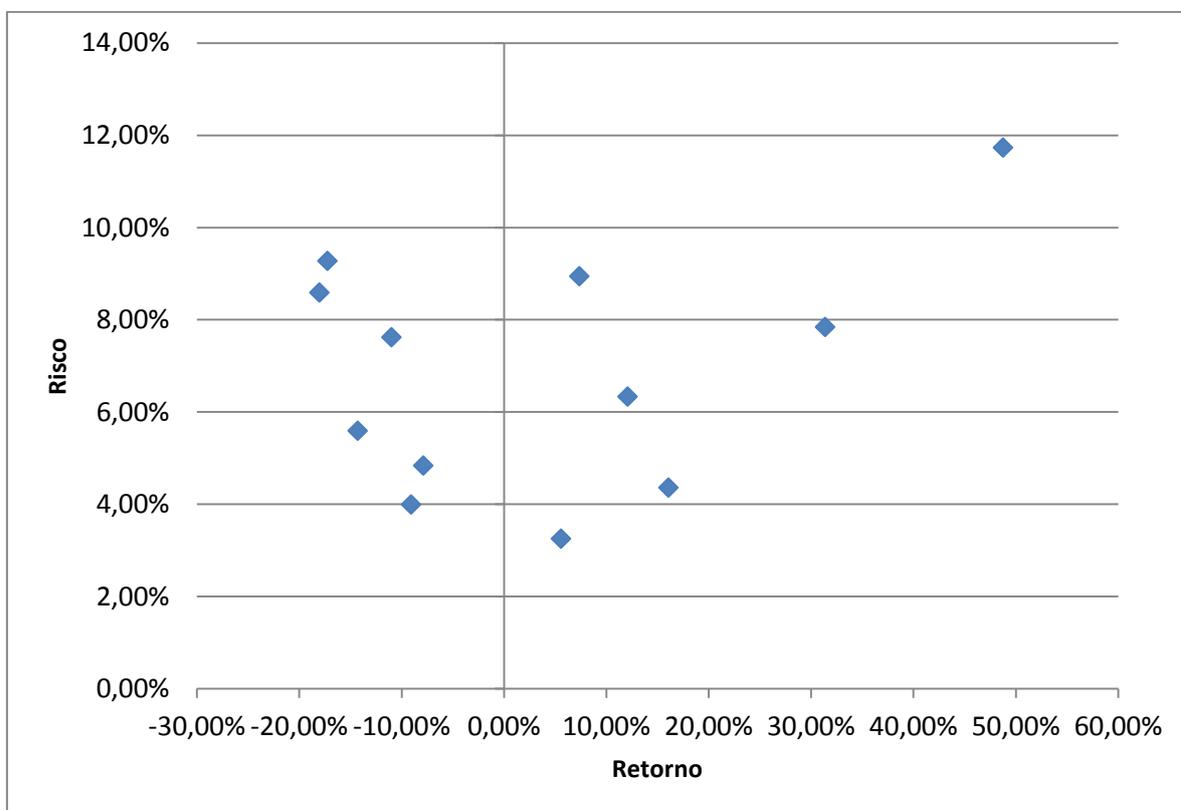
**Figura 6 – Risco x retorno médio de uma estratégia sem hedge para as doze safras analisadas, levando em consideração os preços da Cooperativa Cotrijuc.**



Fonte: Autor.

Dentre as doze safras analisadas, em seis delas houve retornos positivos (aumento de preço da saca entre outubro e março) e em seis houve retornos negativos. Ou seja, 50% de chances de ganhar ou perder dinheiro. O maior retorno foi de 24,83% e o menor foi de -16,57%, com os dois maiores desvios-padrão, de 10,03% e 9,06%, respectivamente. A volatilidade média entre as doze safras foi de 5,18%, e a média dos retornos foi de 0,10%, levemente positiva. Pode-se analisar agora o mesmo gráfico, representado pela Figura 7, para os valores dos futuros.

**Figura 7 - Risco x retorno levando em consideração os preços dos contratos futuros de soja, negociados na B3 sob o código “SJC1”.**

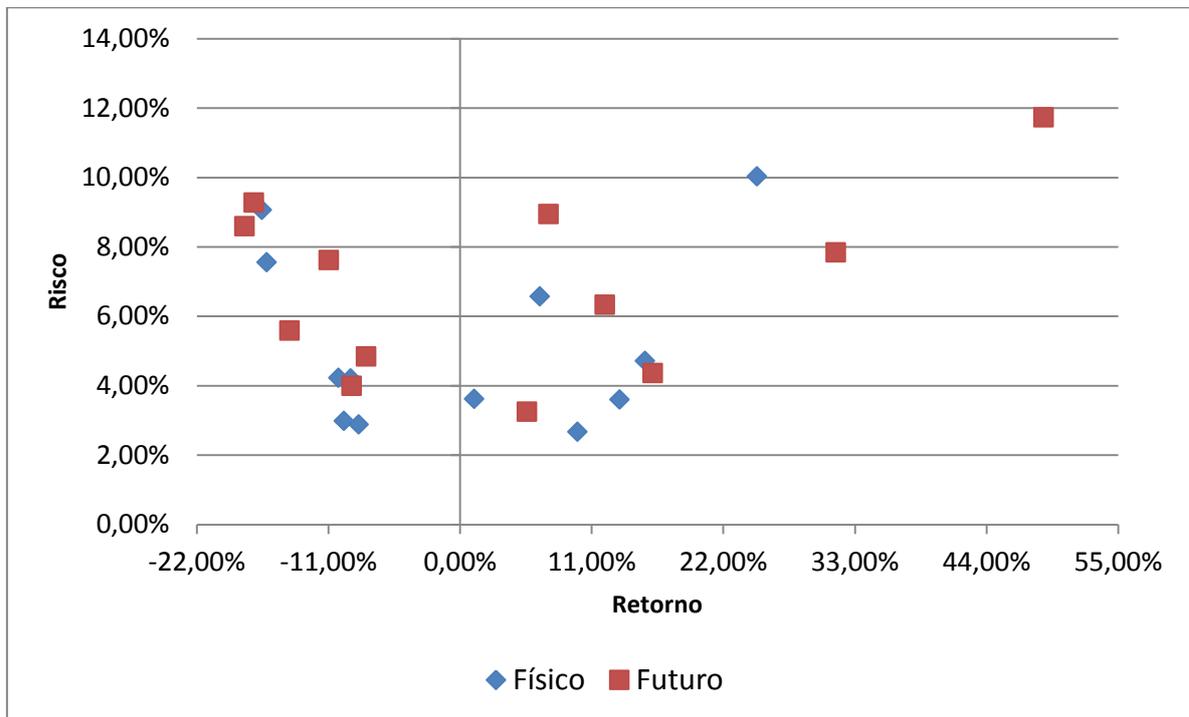


**Fonte: Autor.**

Tanto em relação ao nível de risco quanto ao retorno, os dados referentes ao mercado futuro foram mais agressivos. O retorno máximo atingiu 48,78%, enquanto o mínimo foi de -18,02%. Contudo, a diferença foi muito mais expressiva sobre os retornos do que sobre a volatilidade. A volatilidade média entre as safras foi de 6,86%, 168 pontos base acima da volatilidade média do mercado físico. A média dos retornos foi de 3,67%, bem melhor nesse caso, corroborando com a ideia de que um maior nível de risco proporciona a possibilidade de maiores retornos.

É possível combinar os pontos de ambos e analisar o gráfico conjunto, conforme a Figura 8.

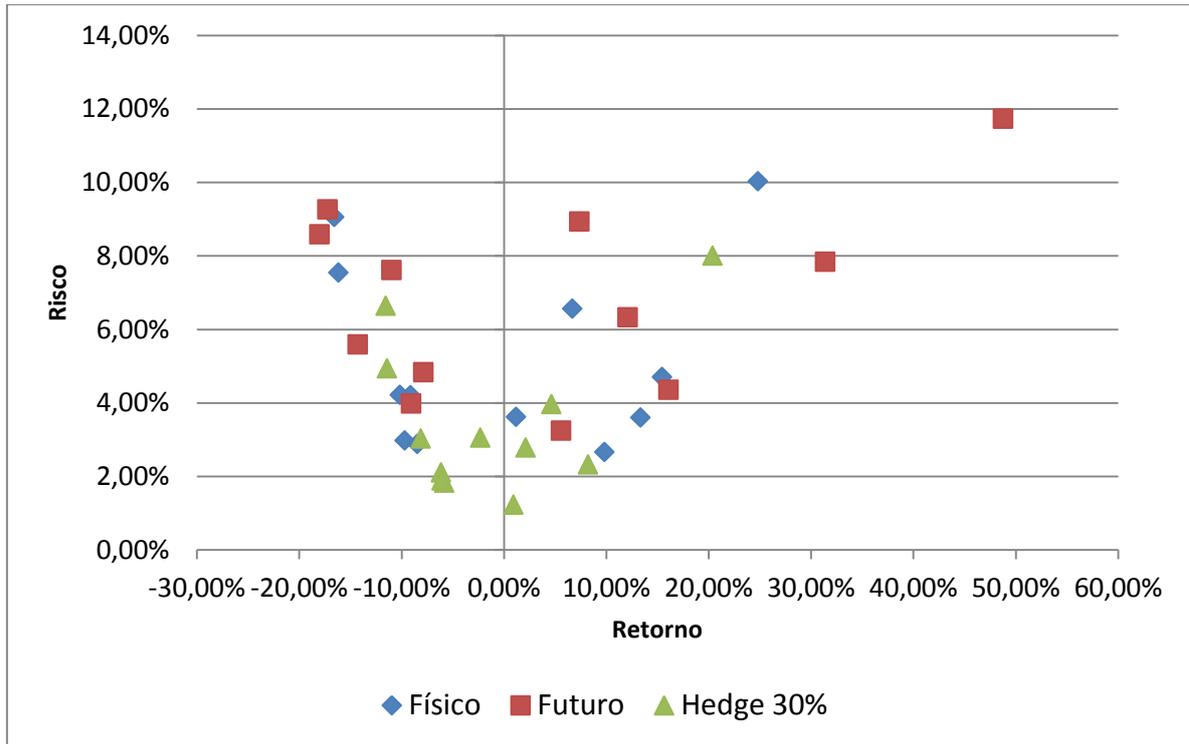
**Figura 8 – Risco x retorno conjunto das duas estratégias, tanto do mercado físico quanto do mercado futuro de soja.**



**Fonte: Autor.**

Pode-se analisar agora, na Figura 9, o comportamento de uma estratégia que utiliza 30% de hedge, ou seja, monta uma posição vendida, em outubro, de 30% daquilo que espera colher em março.

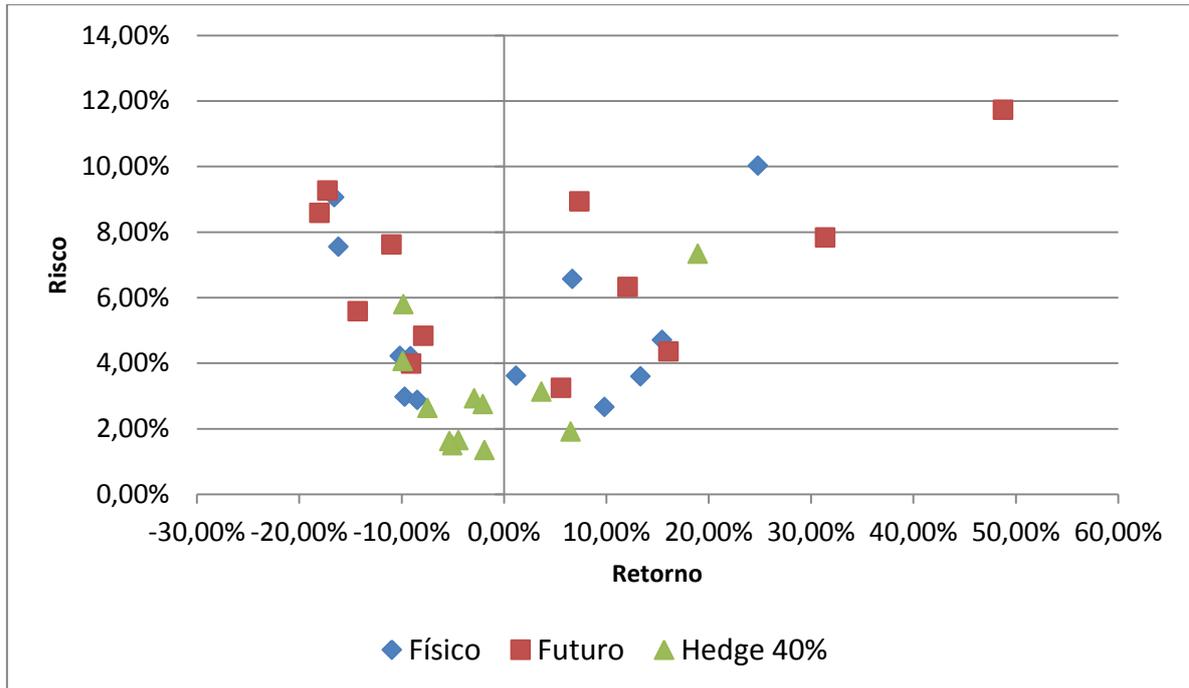
**Figura 9 – Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 30%.**



Fonte: Autor.

Visualmente já é possível perceber uma maior aglomeração dos triângulos verdes abaixo da linha de 4% de desvio-padrão. Dentre as 12 safras, em 9 delas a volatilidade foi menor do que 4%. Na média, o desvio-padrão da estratégia foi de 3,49%, bem abaixo dos 5,18% do mercado físico e mais distante ainda dos 6,86% do mercado futuro. A média dos retornos foi de -1,25%. Portanto, o objetivo principal, de redução da volatilidade, foi atingido. O procedimento será repetido com as diferentes estratégias, até o teto de 150% de posição vendida. Seguindo com a próxima estratégia, o hedge de 40%, na Figura 10.

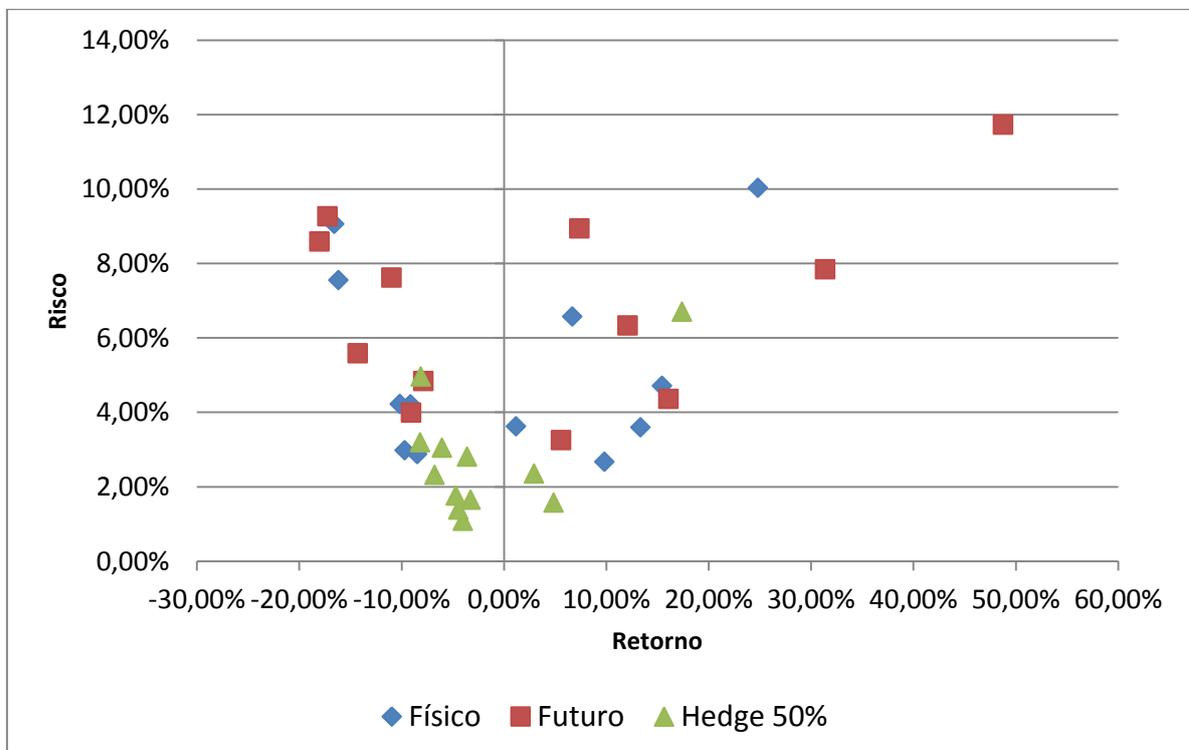
**Figura 10 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 40%.**



Fonte: Autor.

Com 40% da posição vendida, o retorno médio foi de -1,64% e a volatilidade média foi de 3,06%. Na Figura 11, o hedge de 50%.

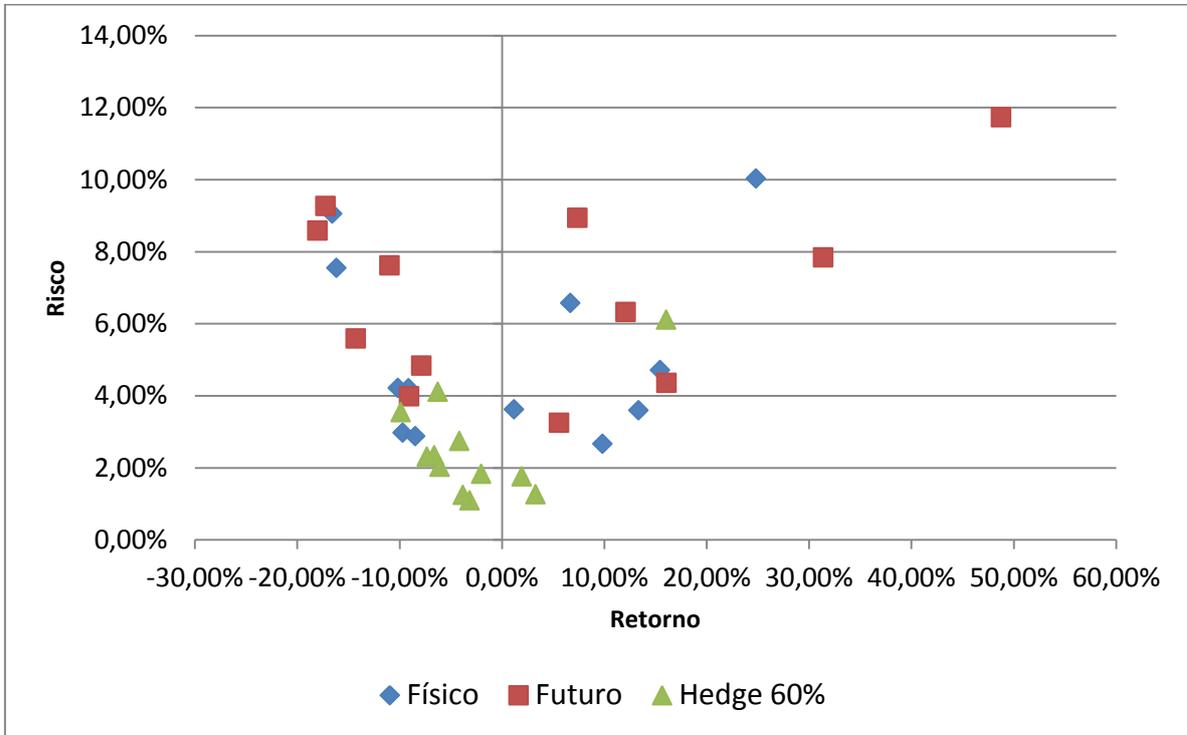
**Figura 11 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 50%.**



Fonte: Autor.

Com 50% da posição vendida, o retorno médio foi de -1,98% e a volatilidade média foi de 2,74%. Na Figura 12, o hedge de 60%.

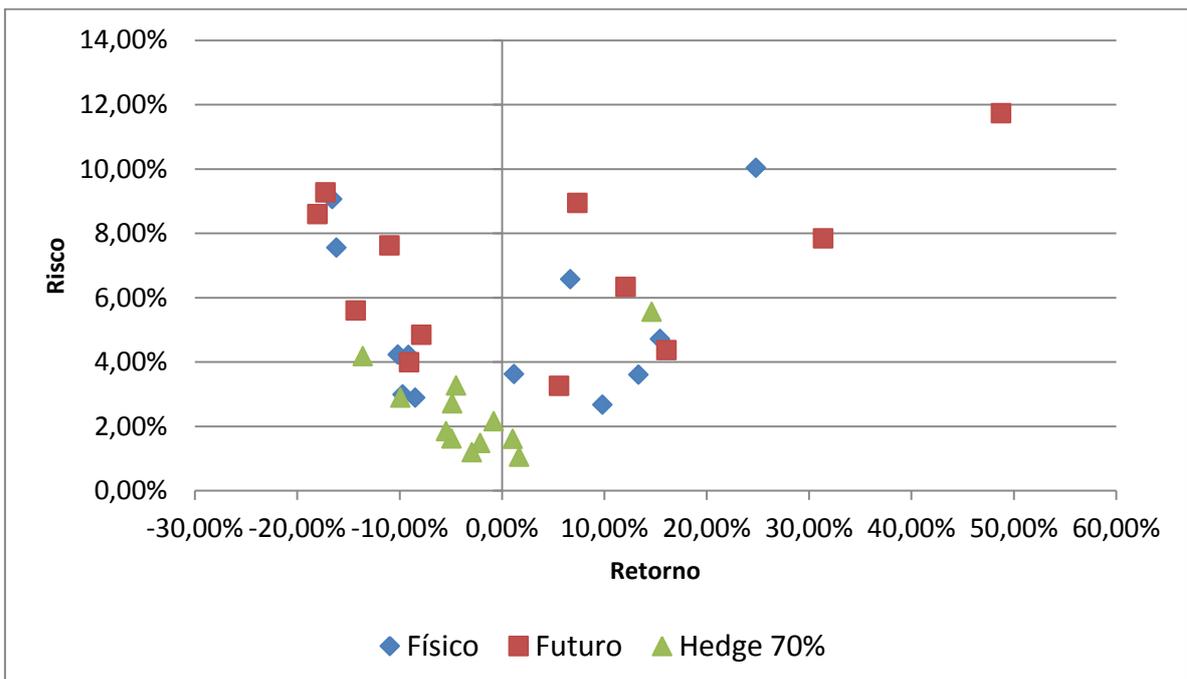
**Figura 12 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 60%.**



Fonte: Autor.

Com 60% da posição vendida, o retorno médio foi de -2,33% e a volatilidade média foi de 2,53%. Na Figura 13, o hedge de 70%.

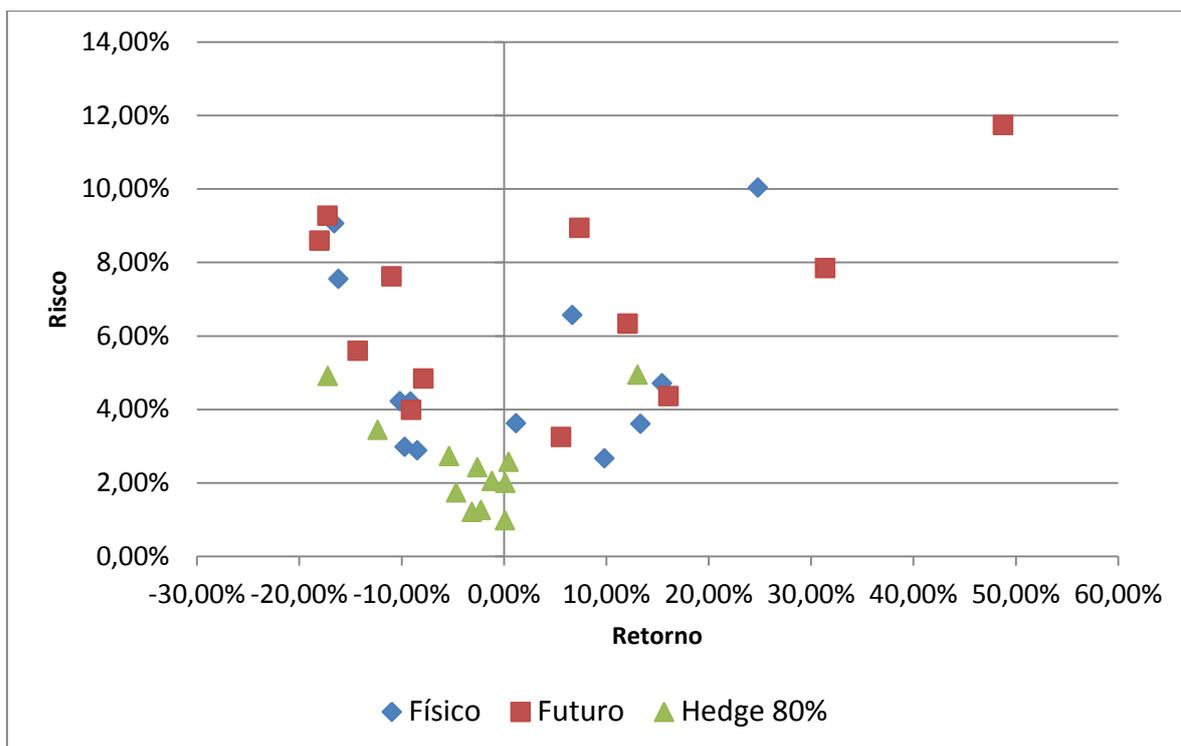
**Figura 13 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 70%.**



Fonte: Autor.

Com um hedge de 70%, em 10 das 12 safras analisadas a volatilidade ficou abaixo de 4%, e em 6 delas, abaixo de 2%. Certamente é uma redução expressiva do nível de exposição ao risco. Contudo é perceptível também que os retornos foram bem menores, sendo inclusive negativos na maioria das situações. A média dos retornos foi de -2,63% e a média da volatilidade foi de 2,46%. Na Figura 14, o hedge de 80%.

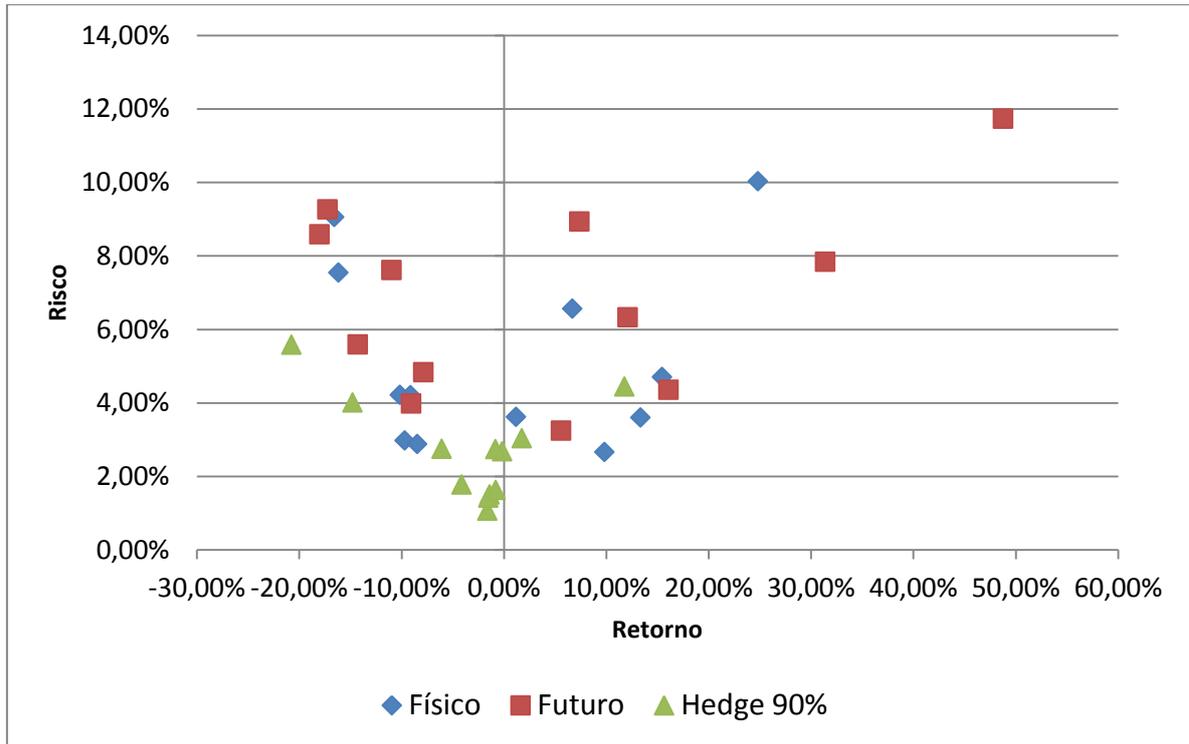
**Figura 14 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 80%.**



Fonte: Autor.

Com 80% da posição vendida, o retorno médio foi de -2,94% e a volatilidade média foi de 2,52%. Na Figura 15, o hedge de 90%.

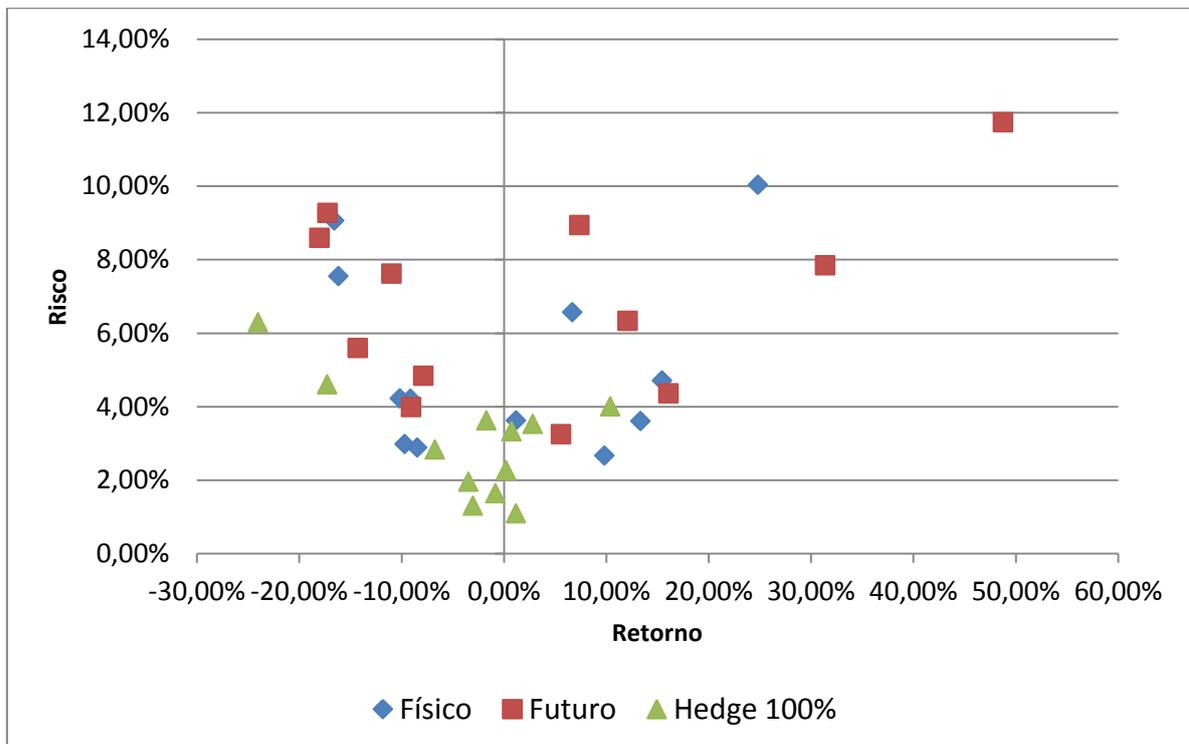
**Figura 15 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 90%.**



Fonte: Autor.

Com 90% da posição vendida, o retorno médio foi de  $-3,21\%$  e a volatilidade média foi de  $2,72\%$ . Na Figura 16, o hedge de 100%.

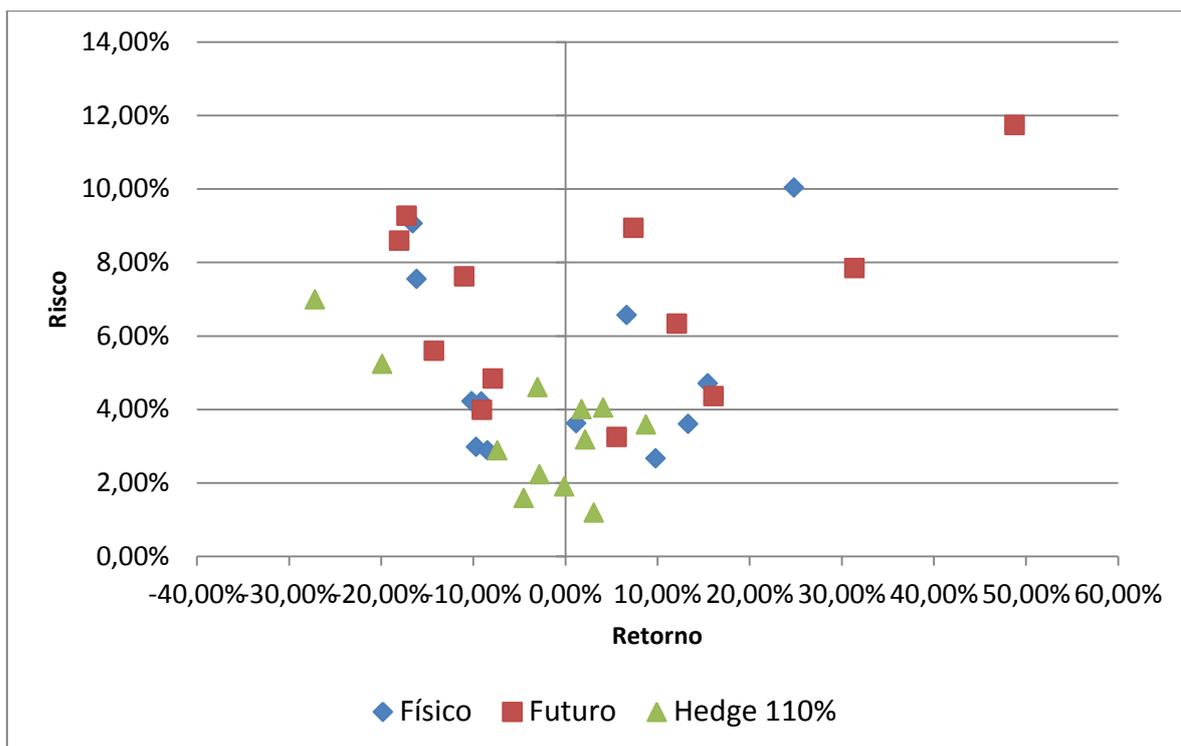
**Figura 16 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 100%.**



Fonte: Autor.

Quando o estudo foi iniciado, a hipótese preponderante era de que uma posição 100% protegida, isto é, operando com toda a expectativa de produção vendida, fosse apresentar a menor volatilidade dentre todas as demais. Contudo, não foi o que aconteceu. O hedge de 100% apresentou retorno médio de -3,47% e volatilidade média de 3,04%. Na Figura 17, o hedge de 110%.

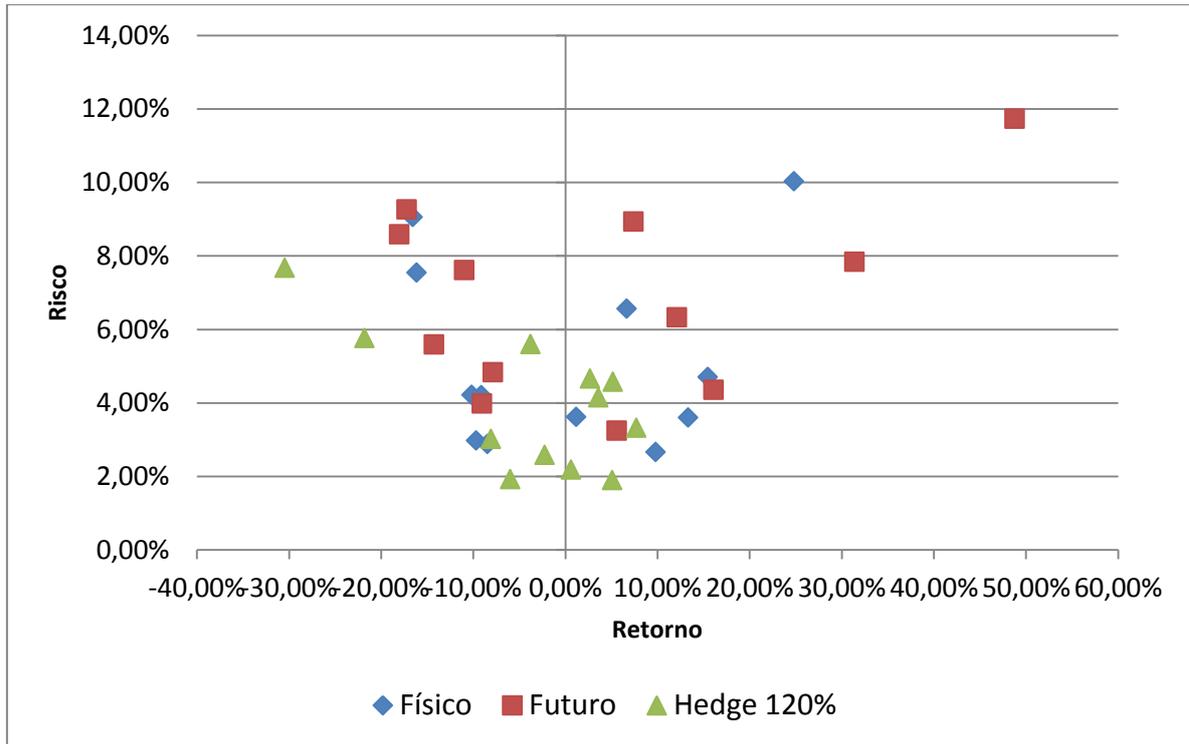
**Figura 17 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 110%.**



Fonte: Autor.

Com 110% da posição vendida, o retorno médio foi de -3,75% e a volatilidade média foi de 3,45%. Na Figura 18, o hedge de 120%.

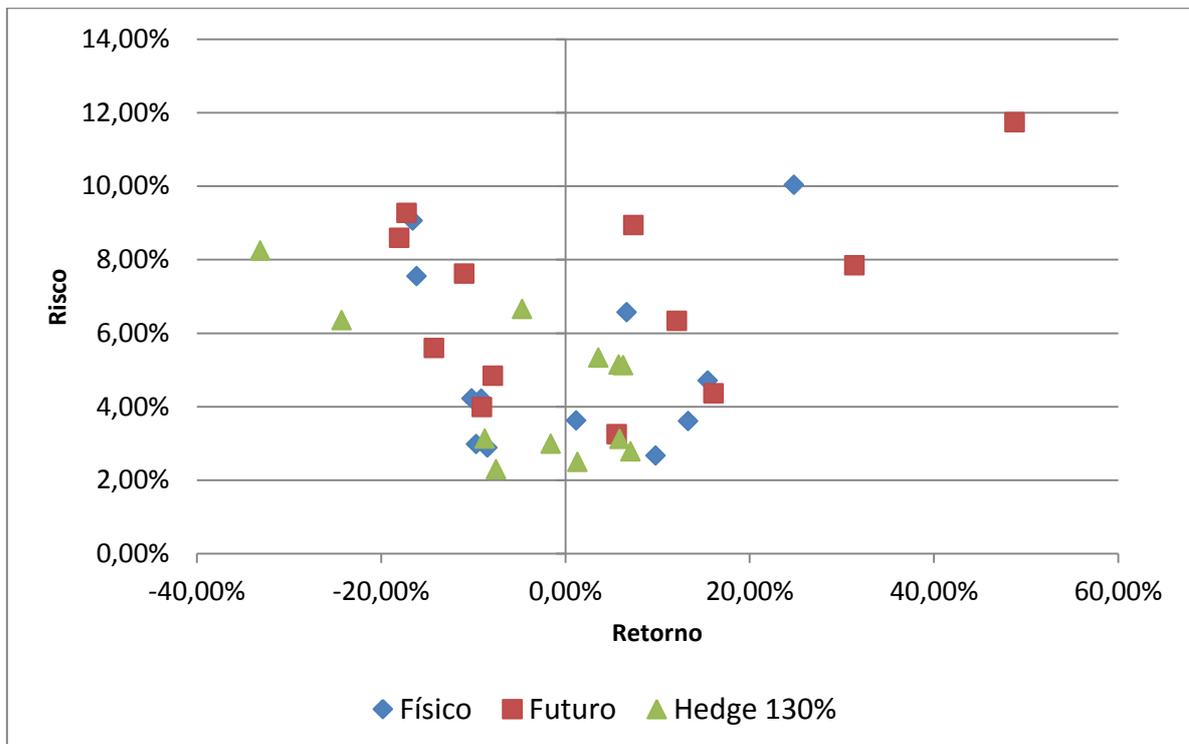
**Figura 18 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 120%.**



Fonte: Autor.

Com 120% da posição vendida, o retorno médio foi de  $-3,96\%$  e a volatilidade média foi de  $3,95\%$ . Na Figura 19, o hedge de 130%.

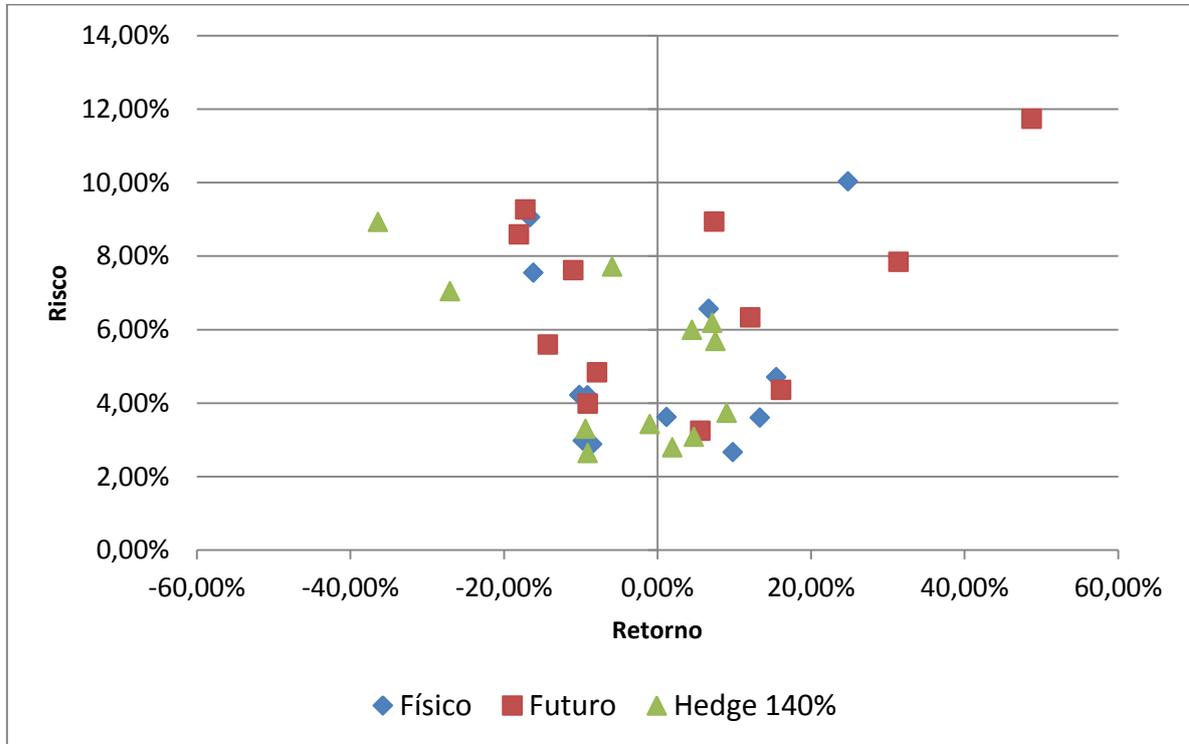
**Figura 19 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 130%.**



Fonte: Autor.

Com 130% da posição vendida, o retorno médio foi de  $-4,16\%$  e a volatilidade média foi de  $4,47\%$ . Na Figura 20, o hedge de 140%.

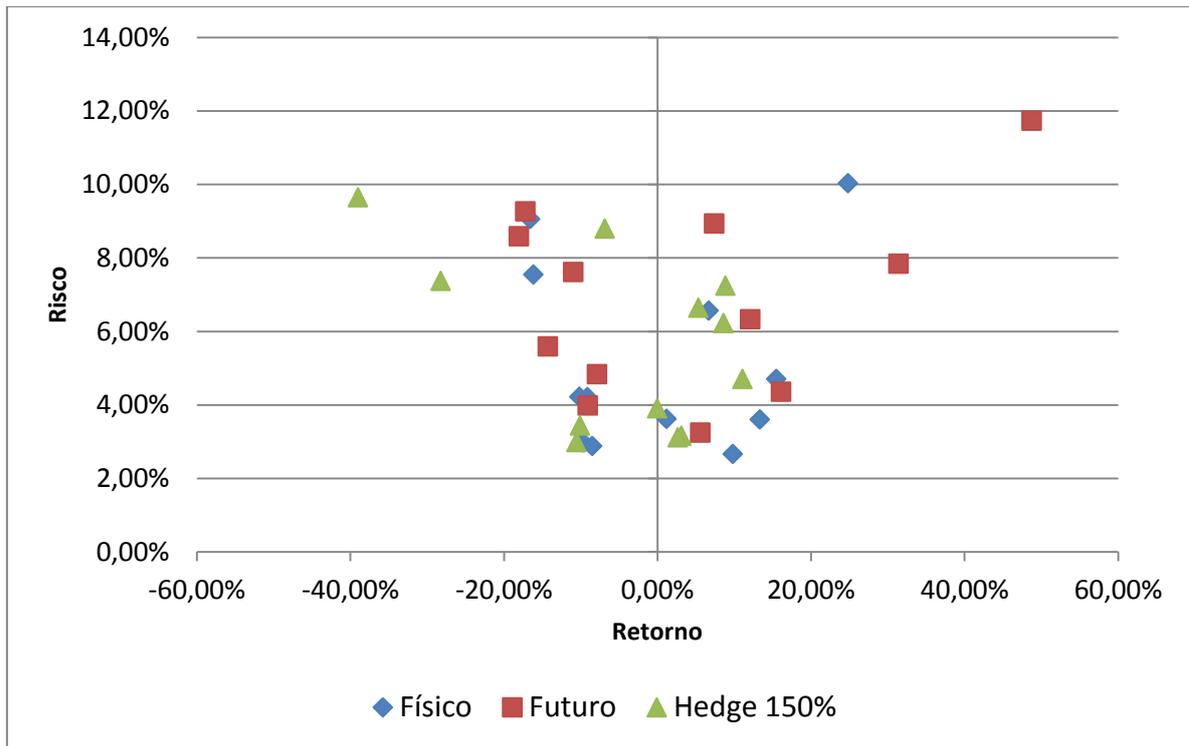
**Figura 20 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 140%.**



Fonte: Autor.

Com 140% da posição vendida, o retorno médio foi de  $-4,47\%$  e a volatilidade média foi de  $5,04\%$ . Na Figura 21, o hedge de 150%.

**Figura 21 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 150%.**

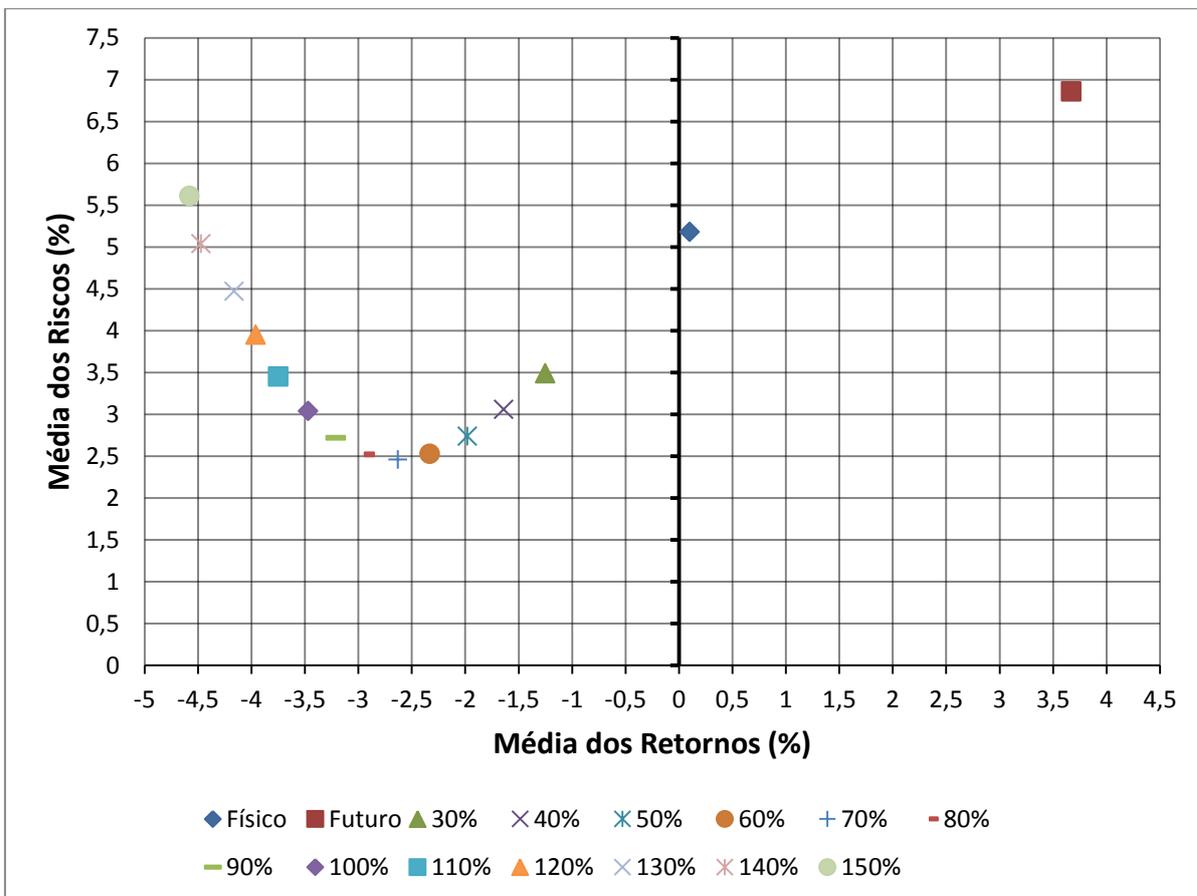


Fonte: Autor.

Por fim, a última das estratégias testadas, com 150% de posição vendida, isto é, com uma posição vendida 50% maior que a capacidade de produção do agente. Neste caso, o retorno médio foi de -4,58% e a volatilidade média foi de 5,61%.

Pode-se analisar também, na Figura 22, todas as médias de forma conjunta, para entender o comportamento apresentado de forma mais sucinta.

**Figura 22 - Risco x retorno médio entre cada estratégia para a soja.**



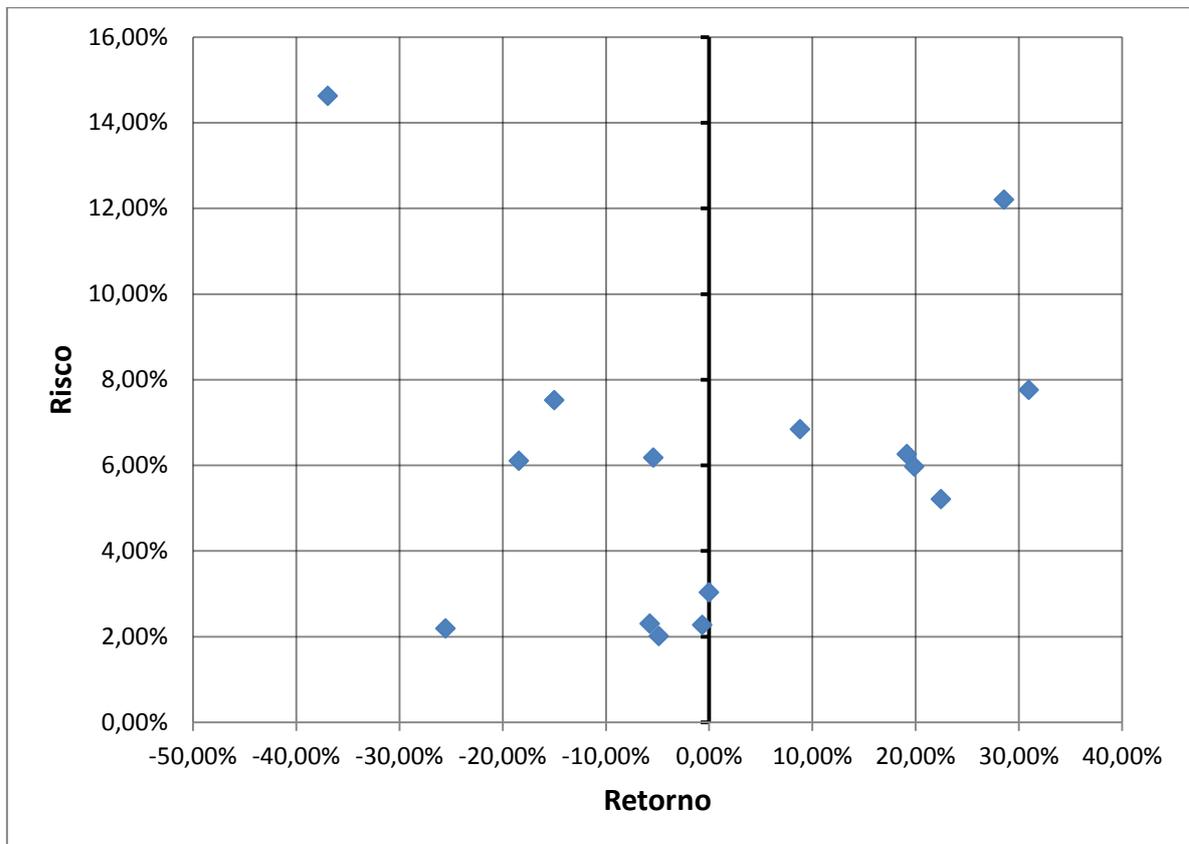
Fonte: Autor.

Percebe-se, analisando os pontos das estratégias, que a menor volatilidade foi alcançada com o hedge de 70%. Essa mesma estratégia, porém, também ocasionou uma perda média de 2,63%.

#### 4.5. MILHO

Agora será feita a análise dos mesmos dados, mas para o milho. Iniciando com a Figura 23, onde é possível observar a relação entre risco e retorno para o mercado físico do produto, na Cooperativa Cotrijuc.

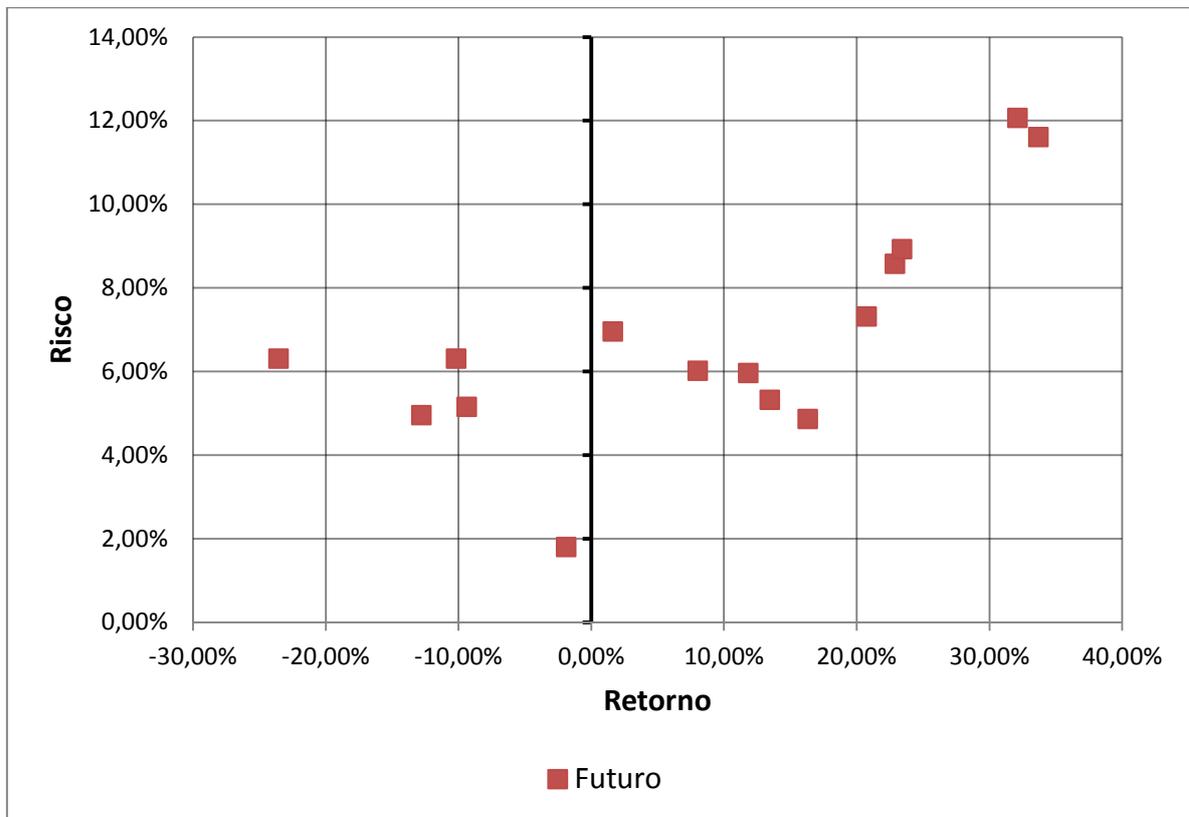
**Figura 23 – Risco x retorno para os preços locais de milho na Cooperativa Cotrijuc, em quinze safras.**



Fonte: Autor.

O retorno médio do mercado físico de milho foi de 1,16% e a volatilidade média foi de 6,03%. Na Figura 24, o mesmo tipo de gráfico, mas considerando os preços de mercado futuro.

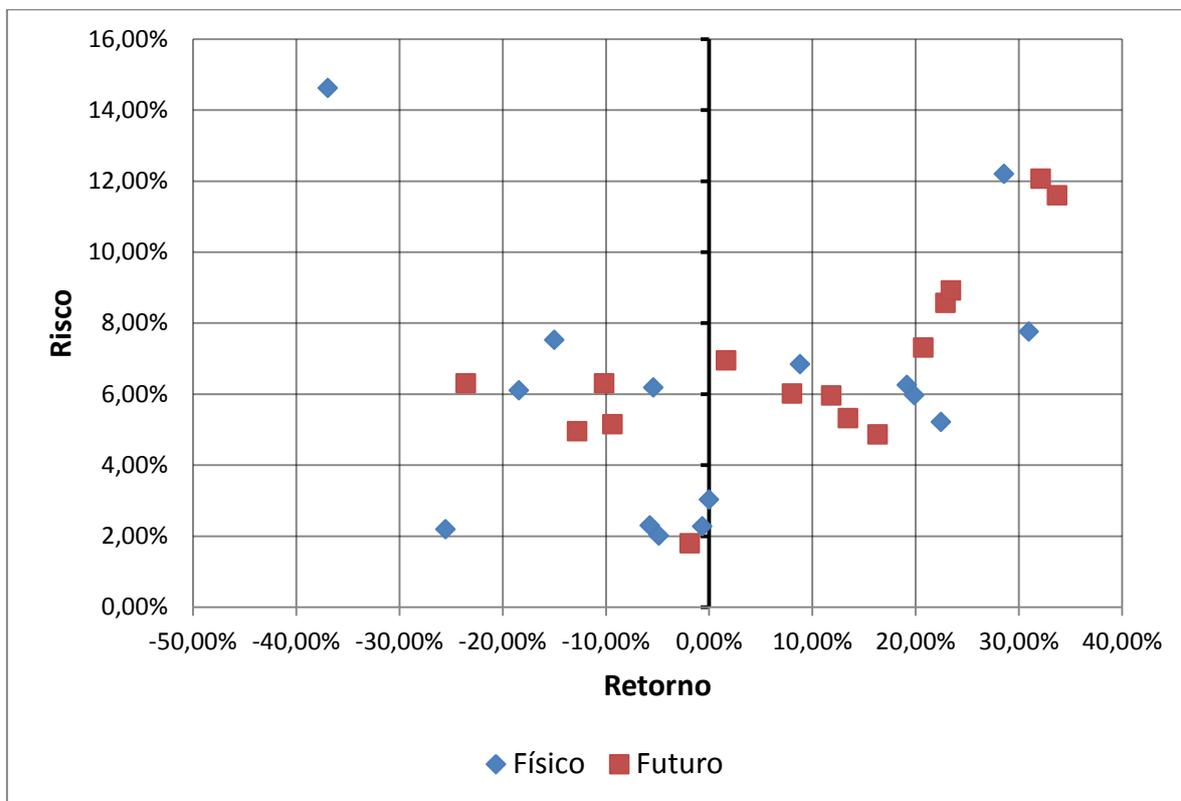
**Figura 24 – Risco x retorno para os preços do mercado futuro de milho, negociados na B3 sob o código “CCM1”.**



Fonte: Autor.

O retorno médio do mercado futuro de milho foi de 8,44% e a volatilidade média foi de 6,80%. Na Figura 25, a representação conjunta entre mercado físico e futuro.

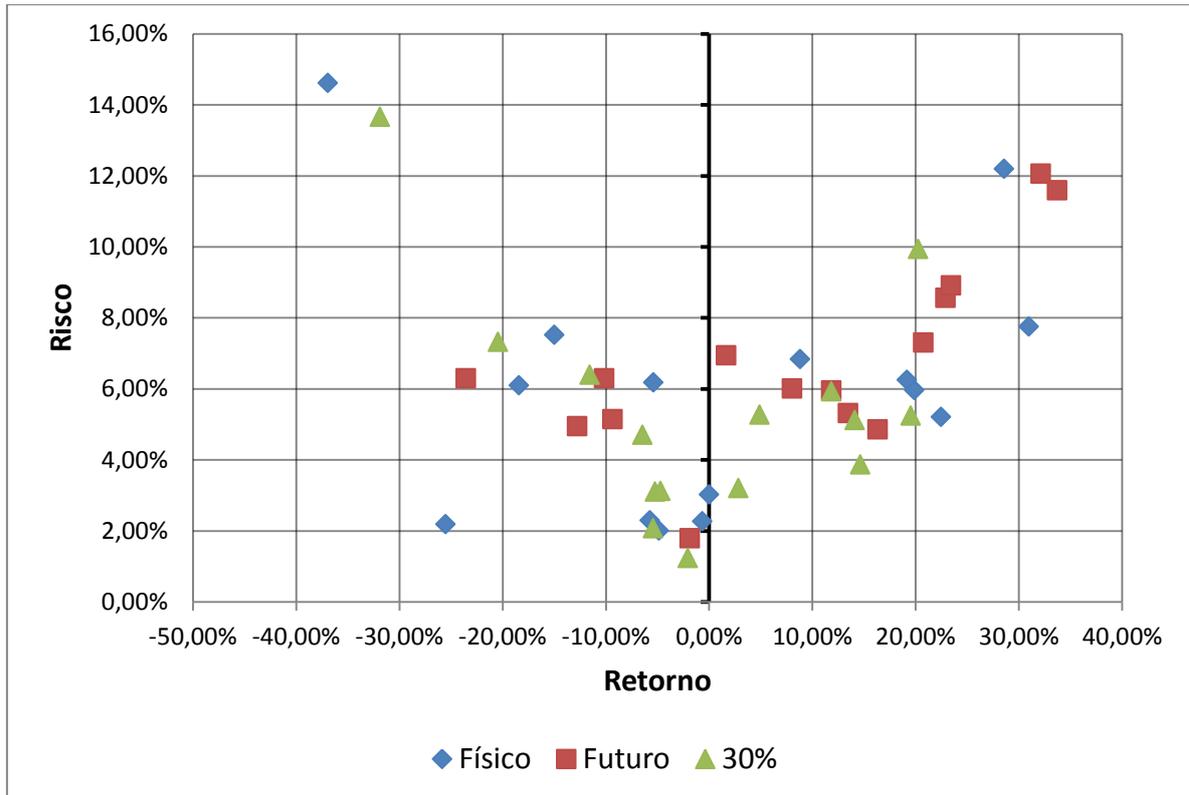
**Figura 25 – Risco x retorno conjunto das duas estratégias, tanto do mercado físico quanto do mercado futuro de milho.**



Fonte: Autor.

No gráfico acima, é possível analisar o comportamento combinado. Na Figura 26, o hedge de 30%.

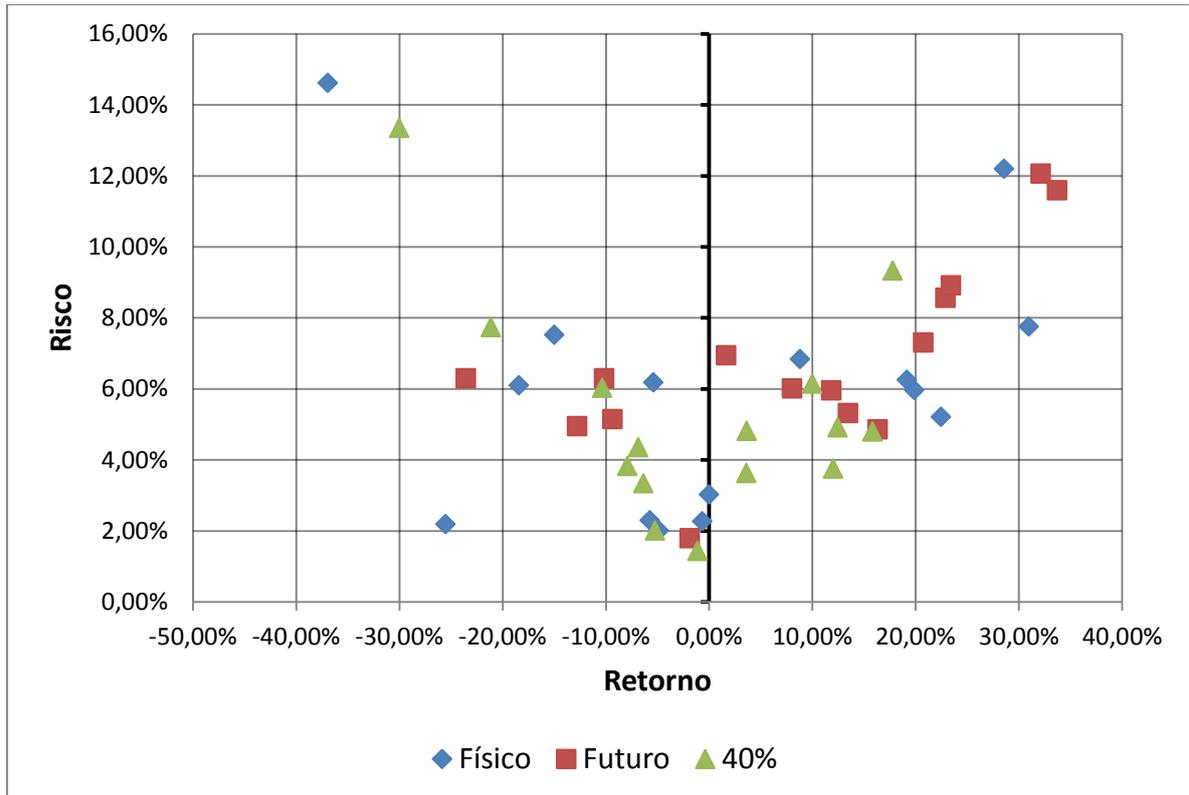
**Figura 26 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 30%.**



Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 30%, o retorno médio foi de 0,03% e a volatilidade média foi de 5,35%. Na Figura 27, o hedge de 40%.

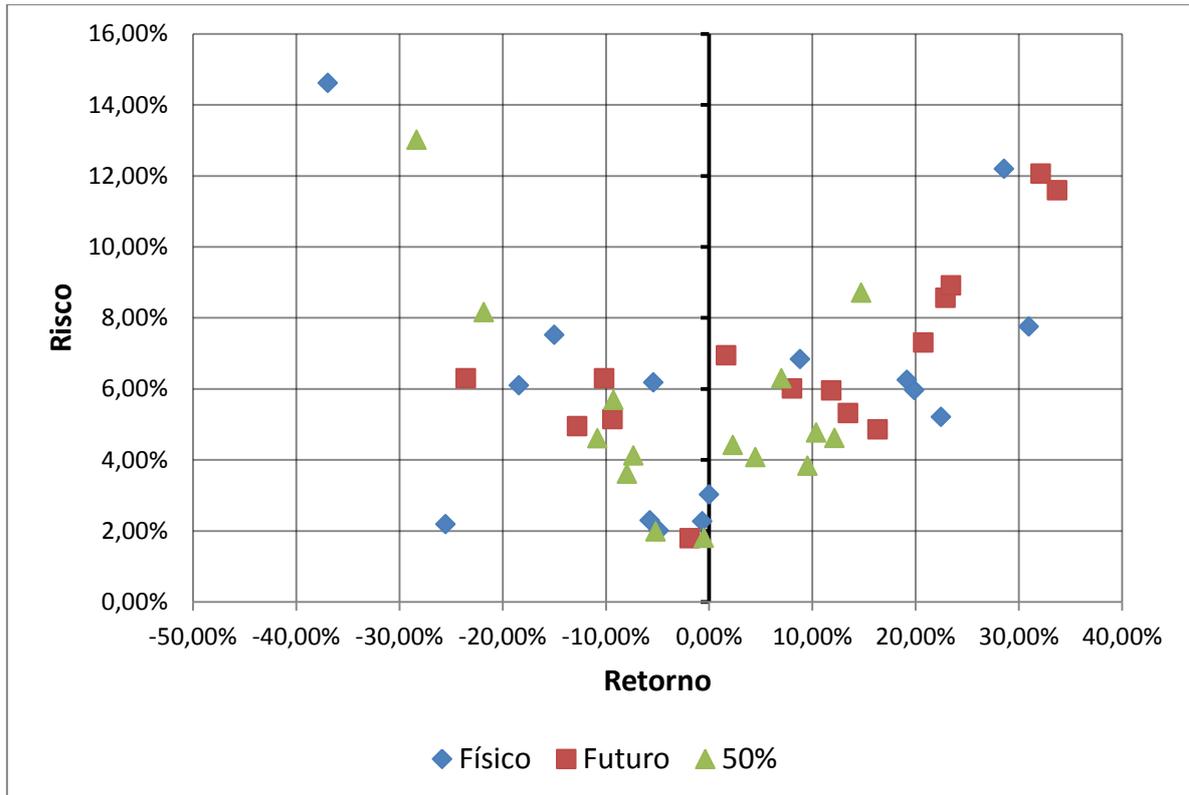
**Figura 27 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 40%.**



Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 40%, o retorno médio foi de -0,91% e a volatilidade média foi de 5,30%. Na Figura 28, o hedge de 50%.

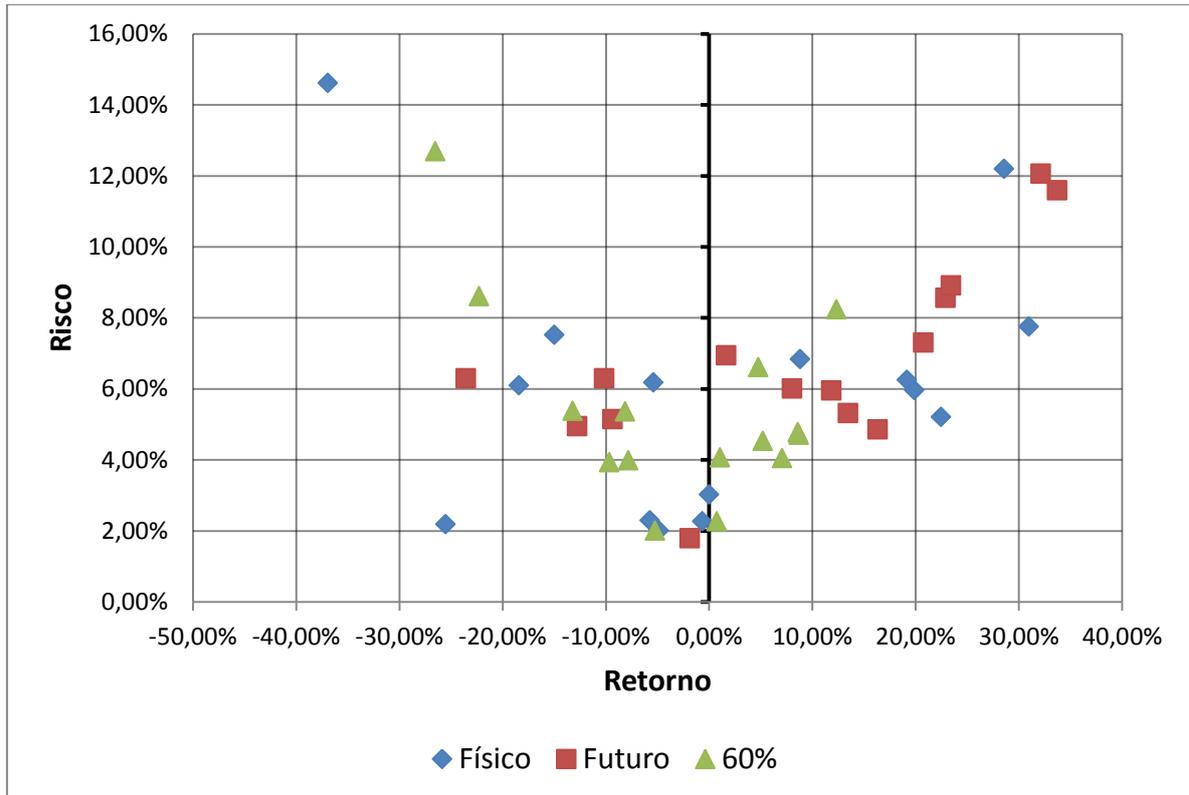
**Figura 28 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 50%.**



Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 50%, o retorno médio foi de -2,03% e a volatilidade média foi de 5,32%. Na Figura 29, o hedge de 60%.

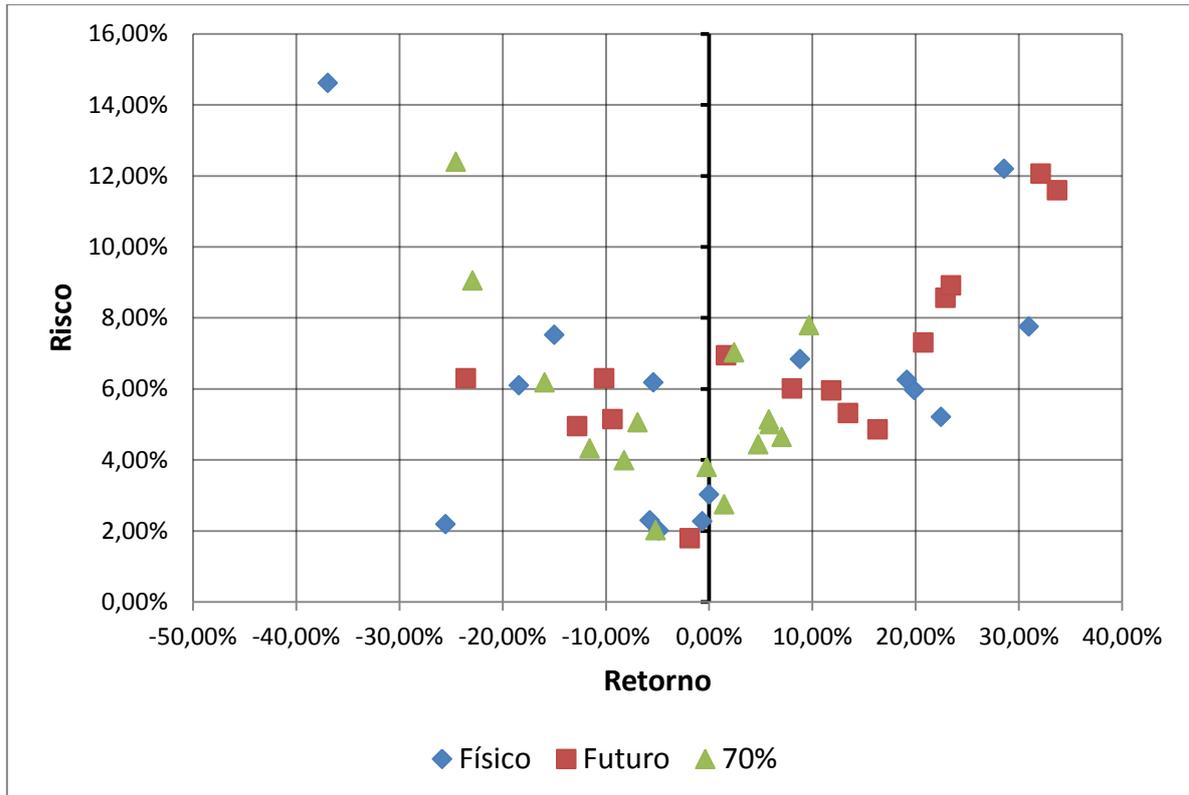
**Figura 29 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 60%.**



Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 60%, o retorno médio foi de -2,96% e a volatilidade média foi de 5,42%. Na Figura 30, o hedge de 70%.

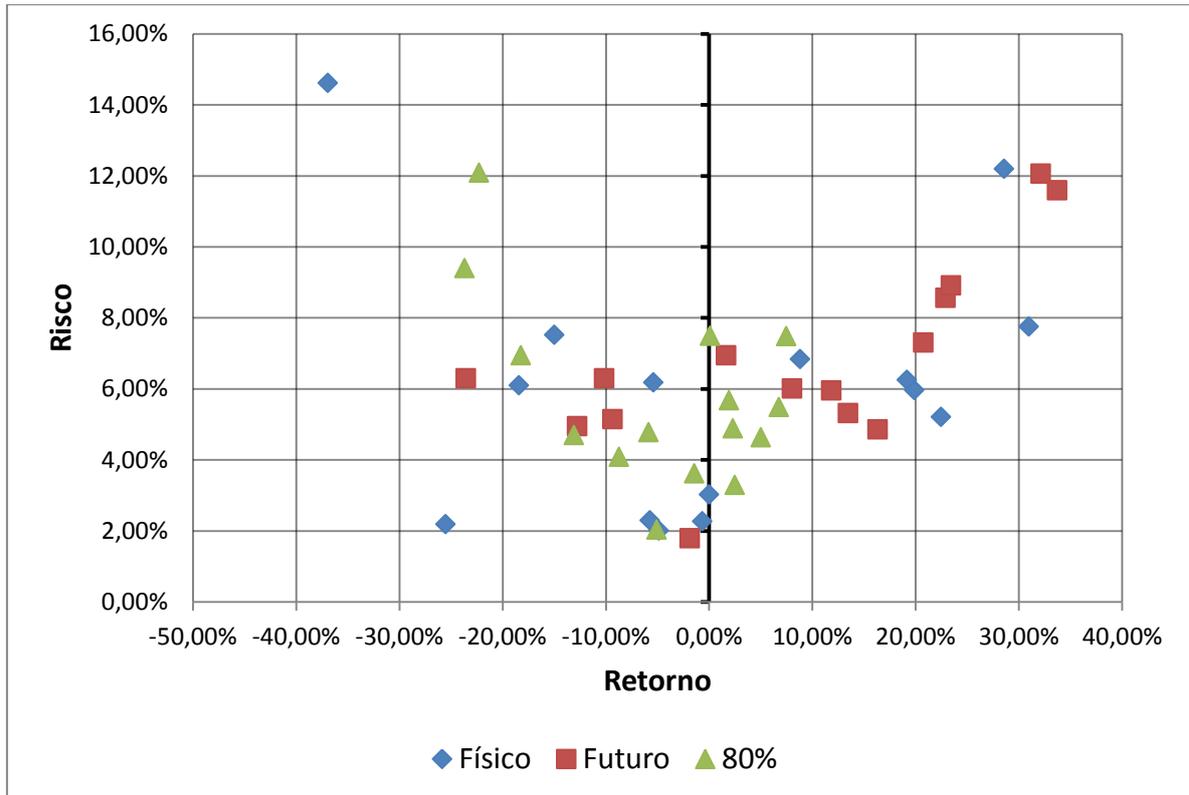
**Figura 30 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 70%.**



Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 70%, o retorno médio foi de -3,89% e a volatilidade média foi de 5,58%. Na Figura 31, o hedge de 80%.

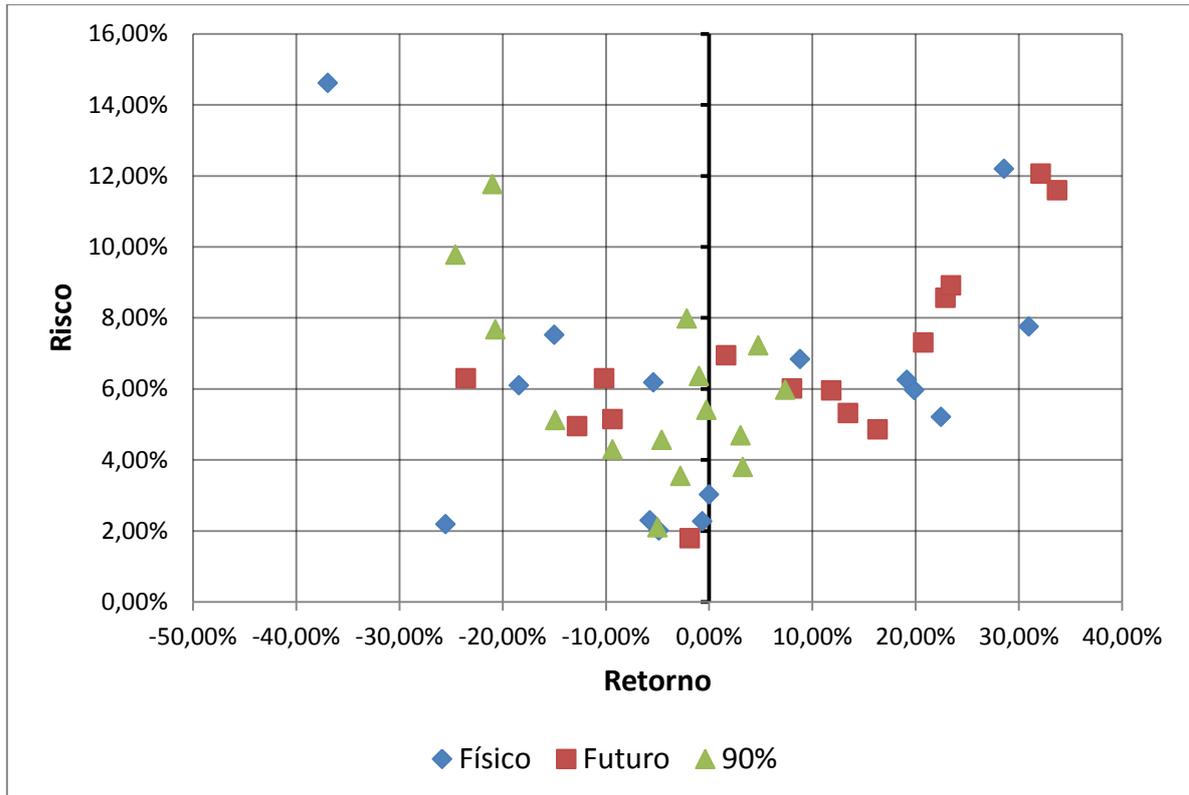
**Figura 31 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 80%.**



Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 80%, o retorno médio foi de -4,82% e a volatilidade média foi de 5,78%. Na Figura 32, o hedge de 90%.

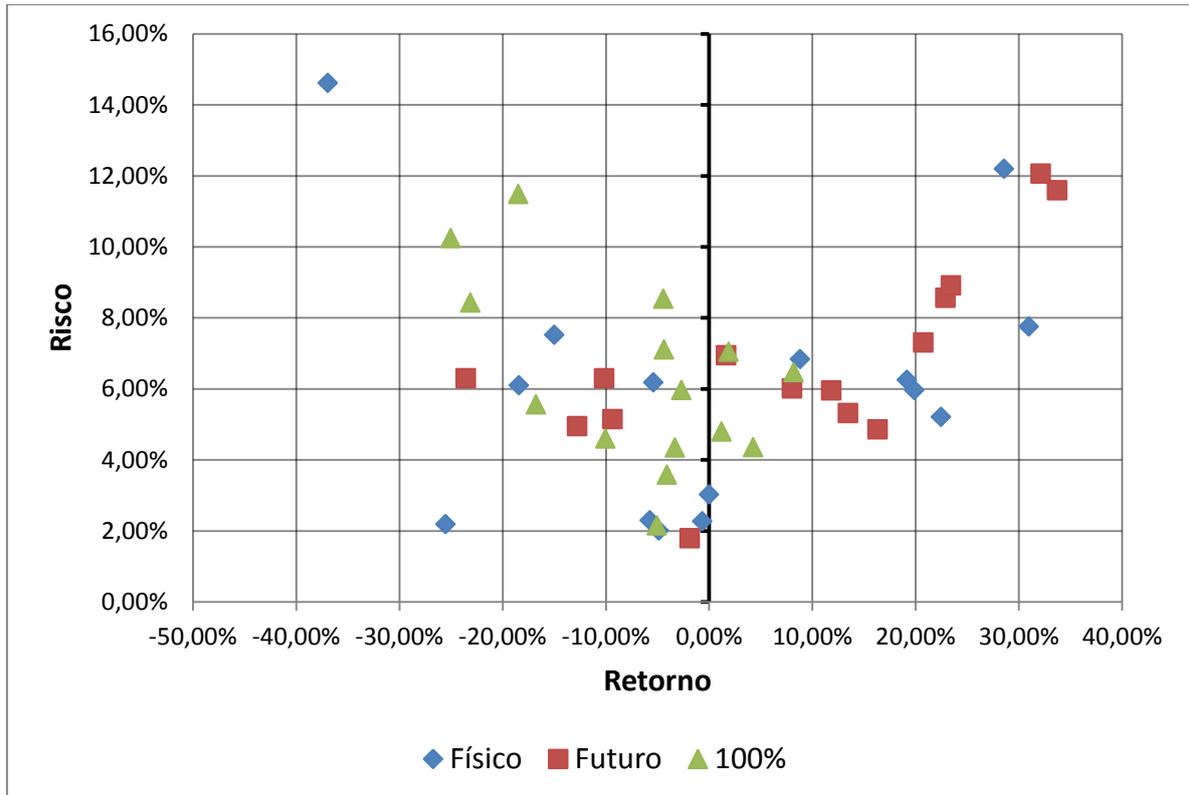
**Figura 32 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 90%.**



Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 90%, o retorno médio foi de -5,84% e a volatilidade média foi de 6,02%. Na Figura 33, o hedge de 100%.

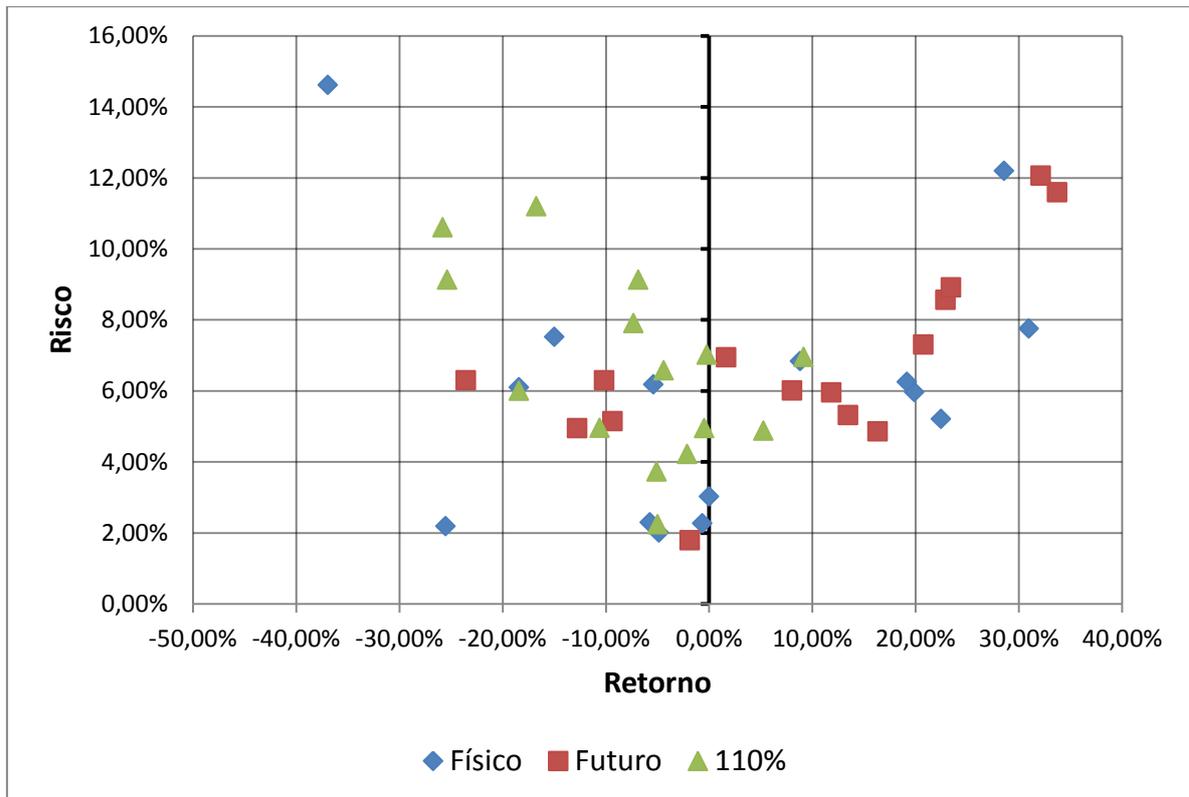
**Figura 33 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 100%.**



Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 100%, o retorno médio foi de -6,78% e a volatilidade média foi de 6,32%. Na Figura 34, o hedge de 110%.

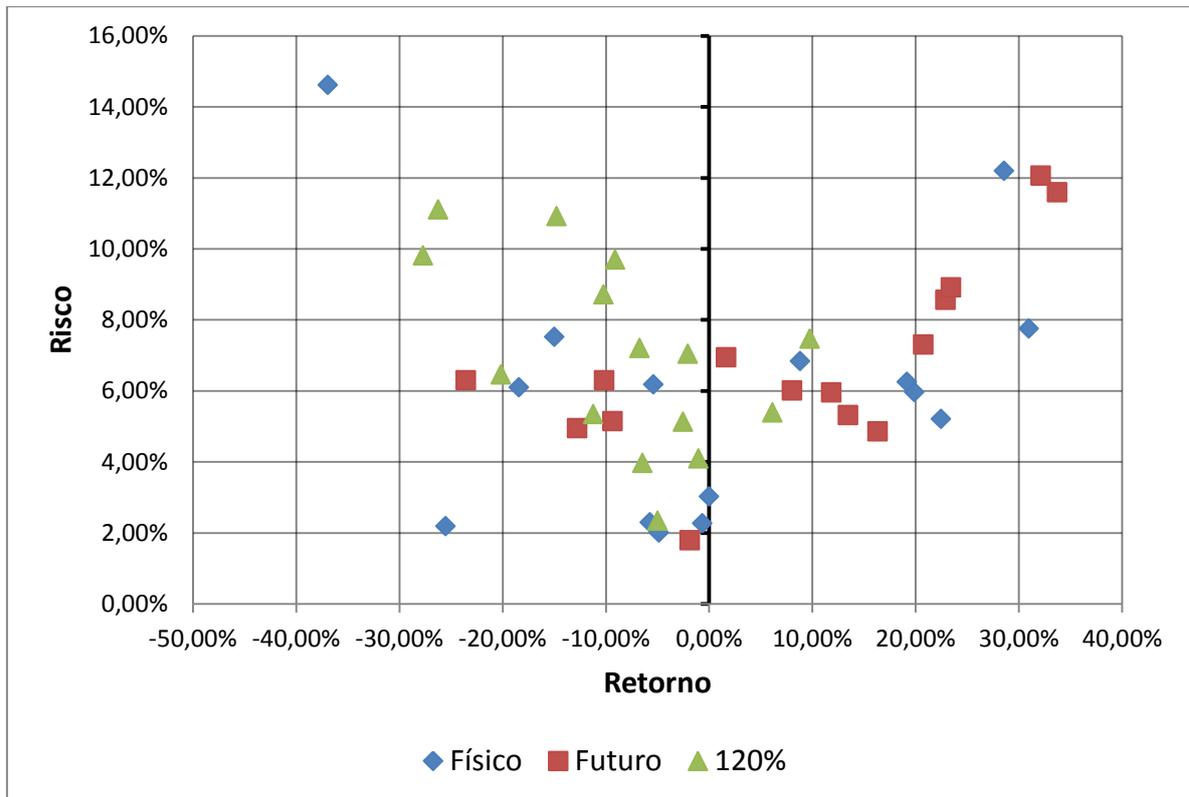
**Figura 34 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 110%.**



Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 110%, o retorno médio foi de -7,59% e a volatilidade média foi de 6,64%. Na Figura 35, o hedge de 120%.

**Figura 35 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 120%.**

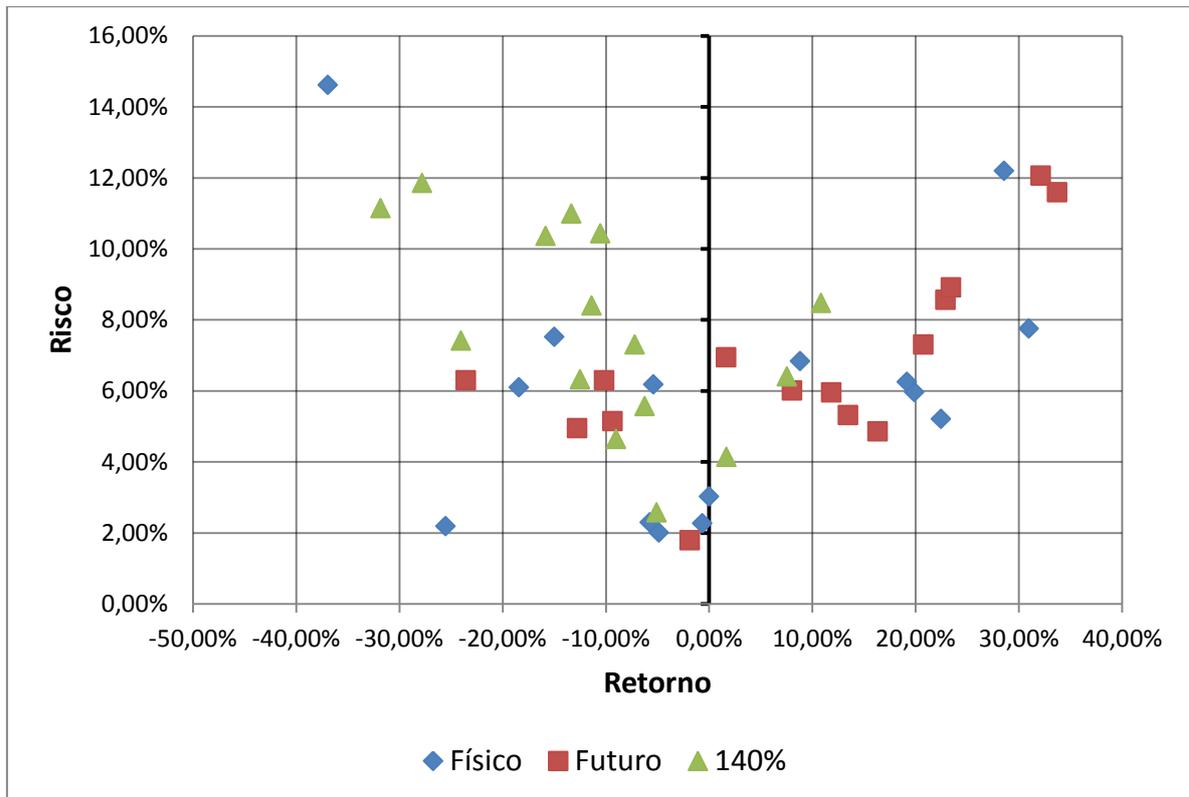


Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 120%, o retorno médio foi de -8,49% e a volatilidade média foi de 6,98%. Na Figura 36, o hedge de 130%.



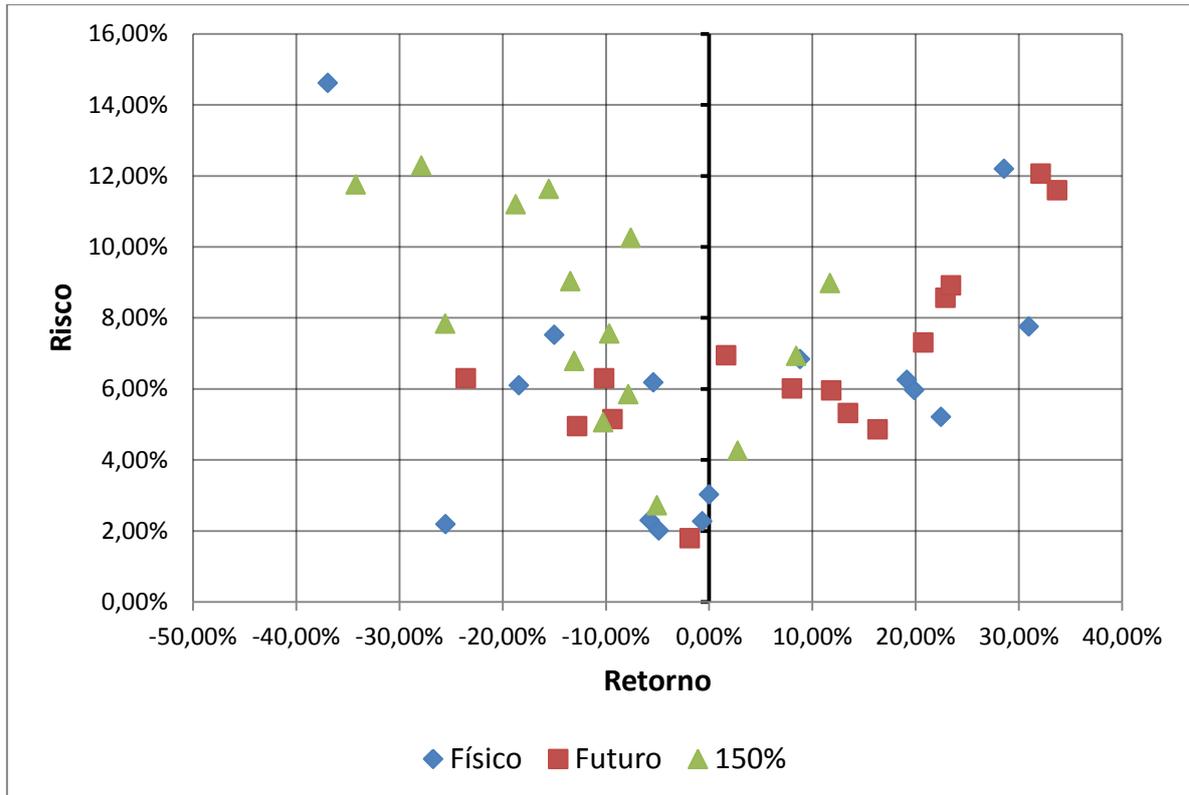
**Figura 37 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 140%.**



Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 140%, o retorno médio foi de -10,31% e a volatilidade média foi de 7,74%. Na Figura 38, o hedge de 150%.

**Figura 38 - Risco x retorno entre mercado físico, mercado futuro e hedge de 150%.**

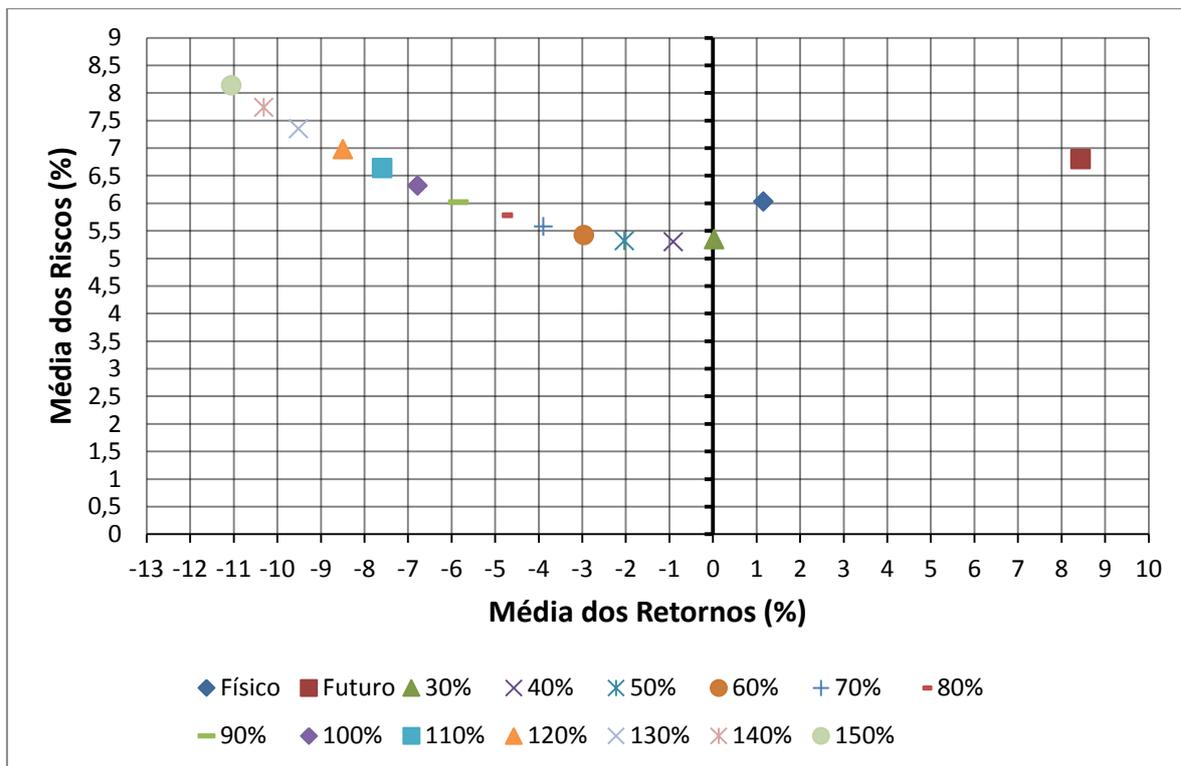


Fonte: Autor.

Para a estratégia com hedge de 150%, o retorno médio foi de -11,05% e a volatilidade média foi de 8,14%.

Assim como foi feito para a soja, pode-se analisar, na Figura 39, as médias, em conjunto, para o milho.

**Figura 39 - Risco x retorno médio entre cada estratégia para o milho.**



Fonte: Autor.

Para o milho, a estratégia que mais reduziu a volatilidade foi o hedge de 40%, apresentando desvio-padrão de 5,30%.

#### 4.6. ÍNDICE DE SHARPE

Foram apresentados os valores de retorno e volatilidade para cada commodity e estratégia, para destacar as melhores estratégias no que tange à redução da volatilidade. Porém, nem sempre a redução da volatilidade resulta em condições mais favoráveis em relação às anteriores. É preciso analisar o prêmio pelo risco. Uma forma de medir se a relação risco x retorno de um ativo é favorável ou não é por meio do índice de Sharpe.

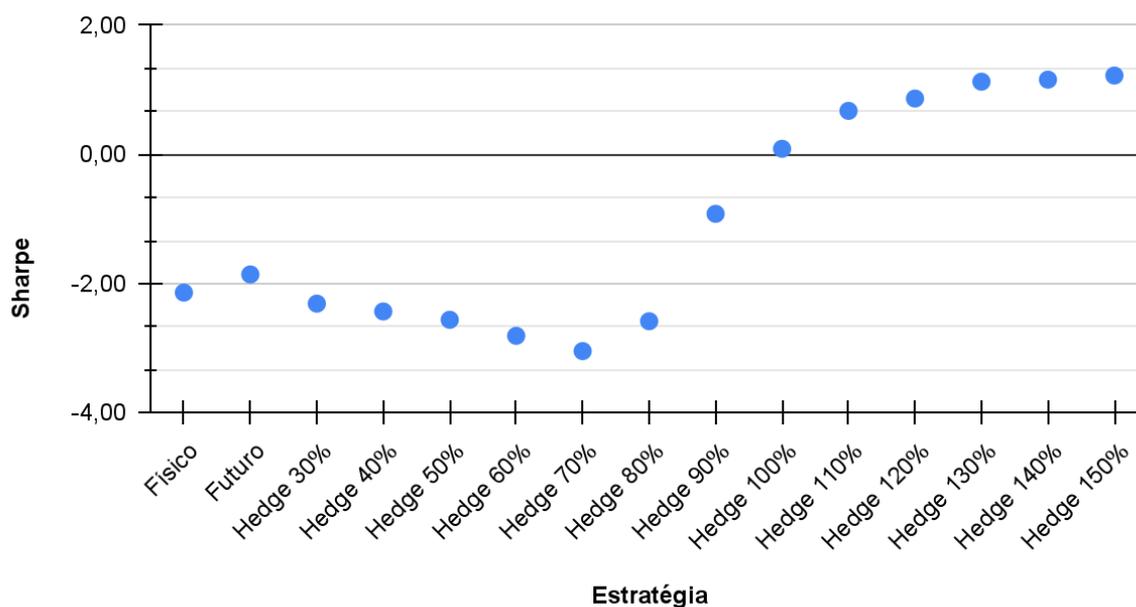
Geralmente, o índice de Sharpe é utilizado para analisar as relações de risco x retorno de ativos financeiros, descontando-se o que é conhecido como “taxa livre de risco”, que nada mais é que a taxa de juros obtida em aplicações financeiras consideradas sem risco. Evidentemente, não há nenhuma taxa realmente livre de risco, apenas taxas mais ou menos arriscadas. Independentemente, como não está sendo considerada a possibilidade do produtor deixar de plantar, ou mesmo de vender a propriedade e aplicar o dinheiro, considera-se que a taxa livre de riscos é zero. Sendo assim, basta dividir o retorno obtido pelo desvio-padrão relacionado, e obtém-se o índice de Sharpe daquela operação. A interpretação é simples: índices positivos significam que o retorno é superior ao risco, enquanto índices negativos indicam que o retorno é inferior ao risco. Portanto, a estratégia mais adequada é aquela que

apresenta índices de Sharpe mais elevados. Os índices de Sharpe foram calculados individualmente: para cada commodity, para cada safra e para cada estratégia.

#### 4.7. SHARPE SOJA

Abaixo, os gráficos representando os índices de Sharpe, individualmente para cada safra e para cada estratégia, do mercado físico até o hedge de 150%, iniciando, na Figura 40, com a safra 2012/2013.

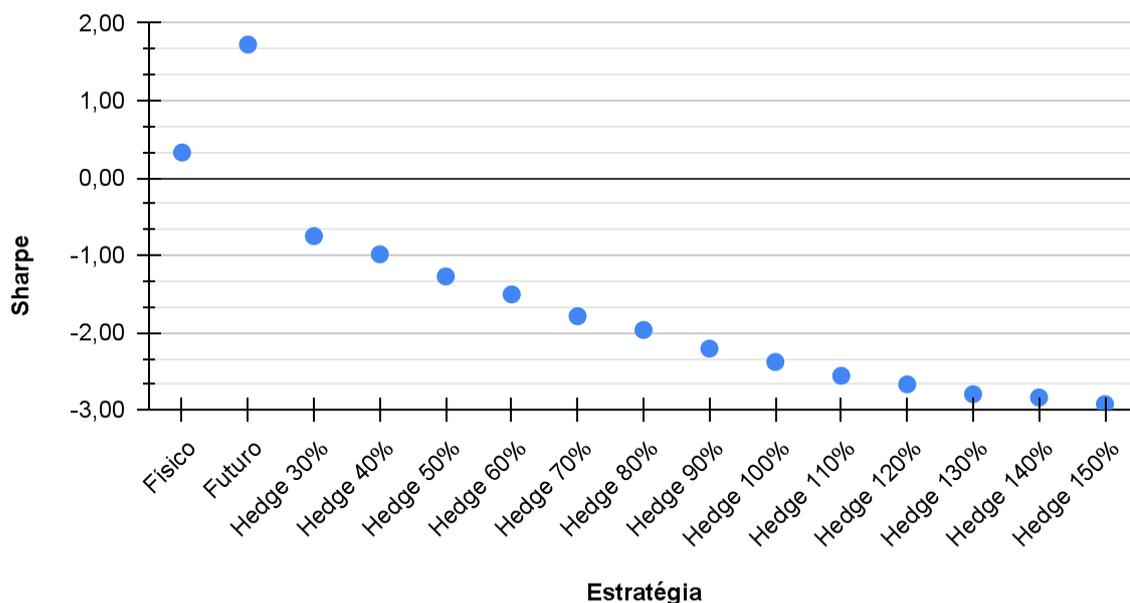
**Figura 40 – Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2012/2013.**



**Fonte: Autor.**

Na safra 2012/2013, o índice de Sharpe foi positivo apenas com as estratégias de hedge de 100% ou mais da produção. Na Figura 41, os índices para a safra 2013/2014.

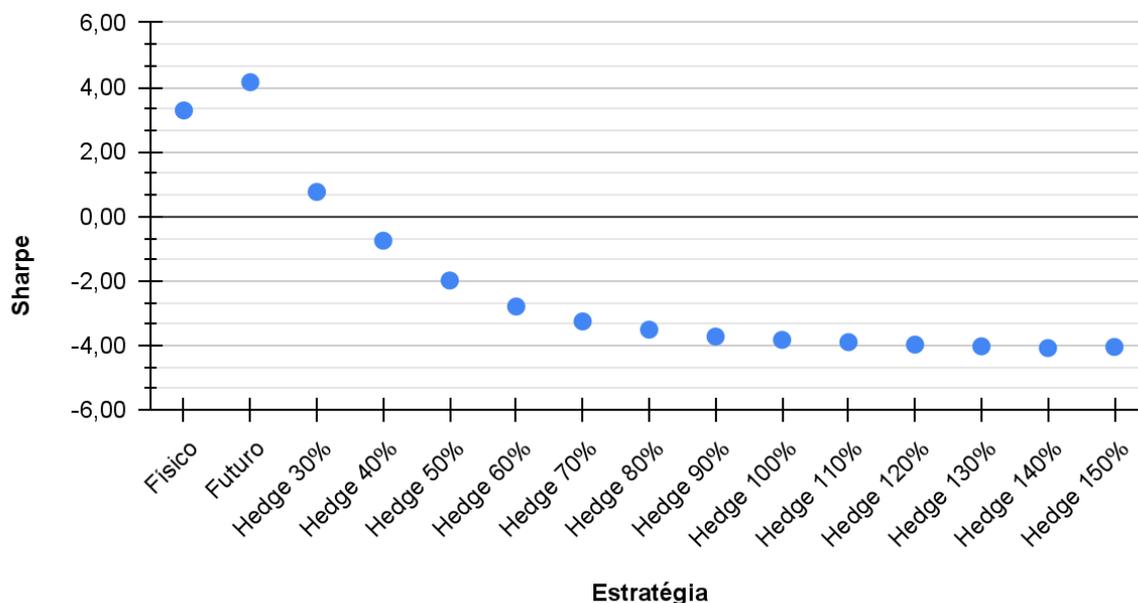
**Figura 41 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2013/2014.**



Fonte: Autor.

Na safra 2013/2014, o índice de Sharpe foi positivo para as estratégias de mercado físico e futuro, mas negativa para todas as posições de hedge. Na Figura 42, os índices para a safra 2014/2015.

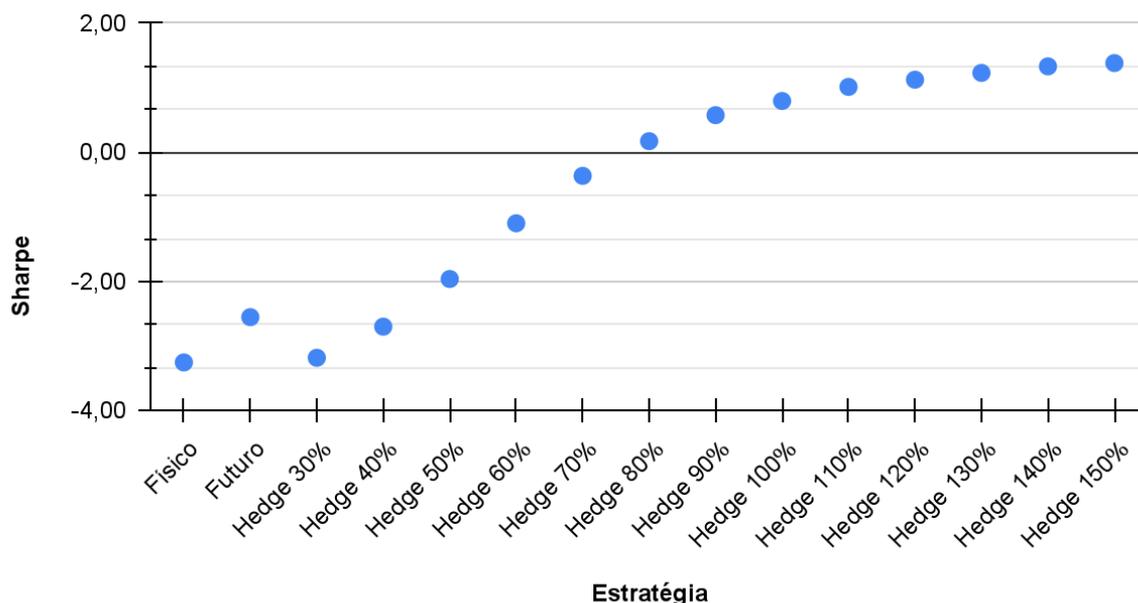
**Figura 42 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2014/2015.**



Fonte: Autor.

Na safra 2014/2015, o índice de Sharpe foi positivo para as estratégias de mercado físico, futuro e hedge de 30%, mas negativa para todas as demais estratégias. Na Figura 43, os índices para a safra 2015/2016.

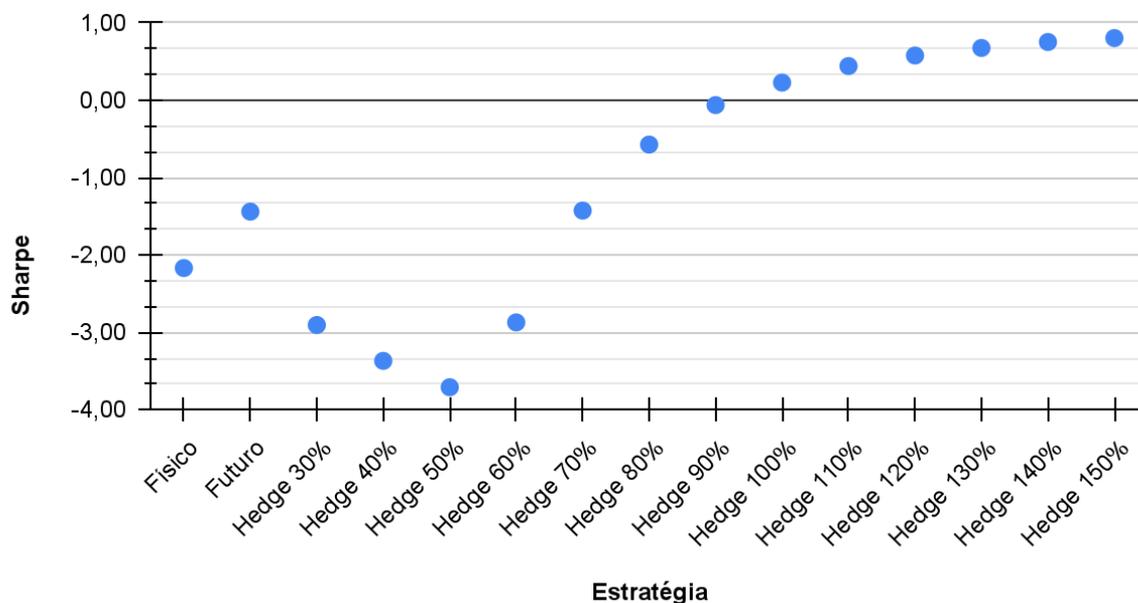
**Figura 43 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2015/2016.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2015/2016, o índice foi positivo para as posições hedgeadas a partir de 80%. Na Figura 44, os índices para a safra 2016/2017.

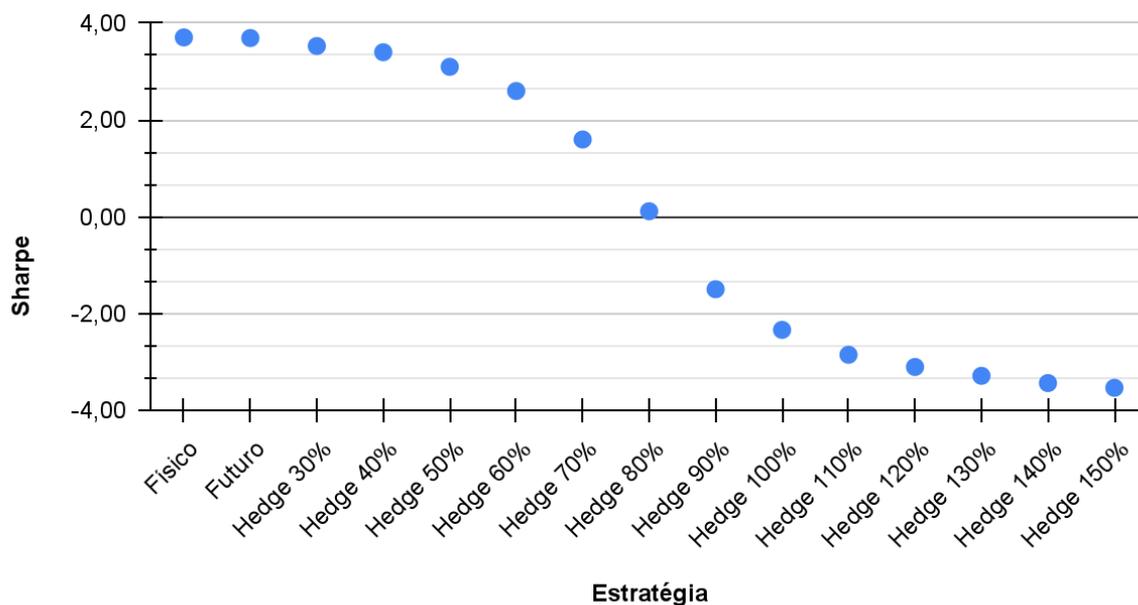
**Figura 44 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2016/2017.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2016/2017, o índice foi positivo para as posições hedgeadas a partir de 100%. Na Figura 45, os índices para a safra 2017/2018.

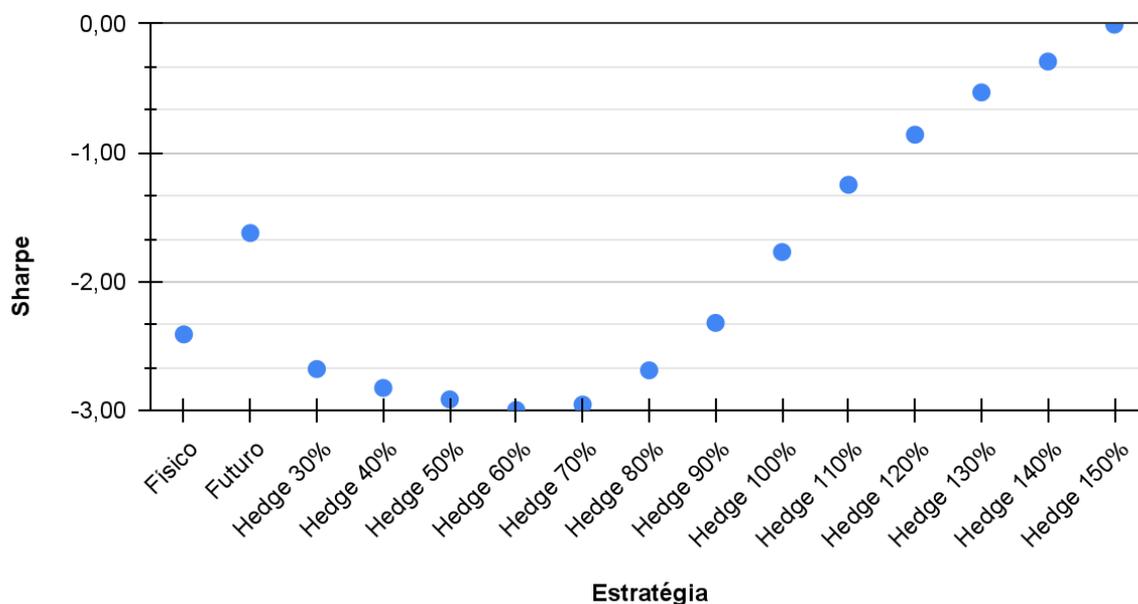
**Figura 45 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2017/2018.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2017/2018, o índice foi positivo para as posições física, futura e hedgeadas até 80%. Na Figura 46, os índices para a safra 2018/2019.

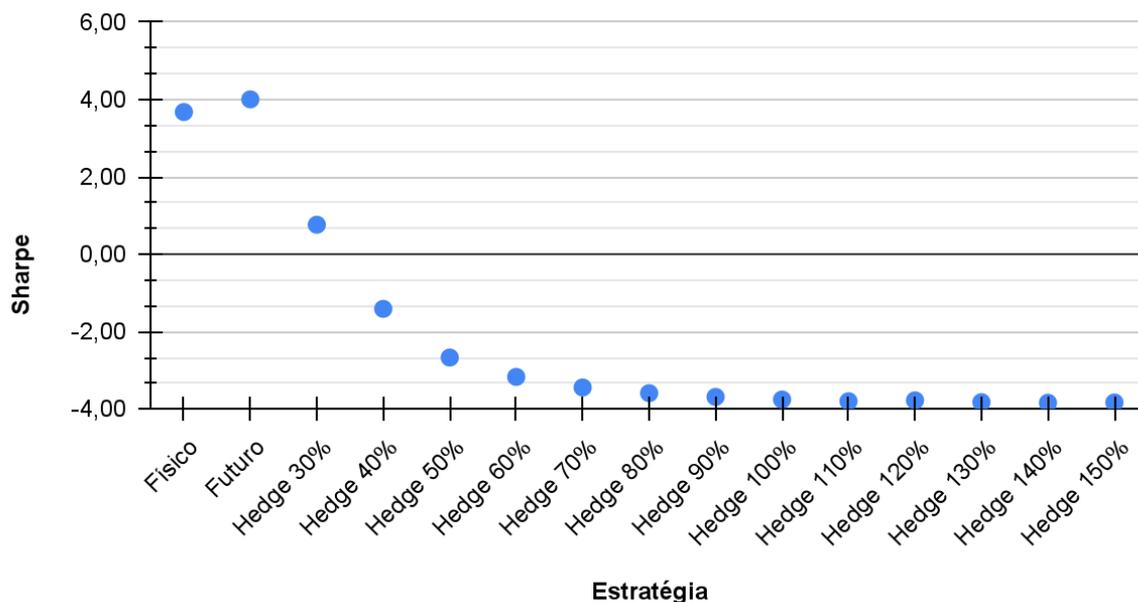
**Figura 46 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2018/2019.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2018/2019, absolutamente todas as estratégias tiveram desempenho negativo, com menor prejuízo para as posições hedgeadas a partir de 110%. Na Figura 47, os índices para a safra 2019/2020.

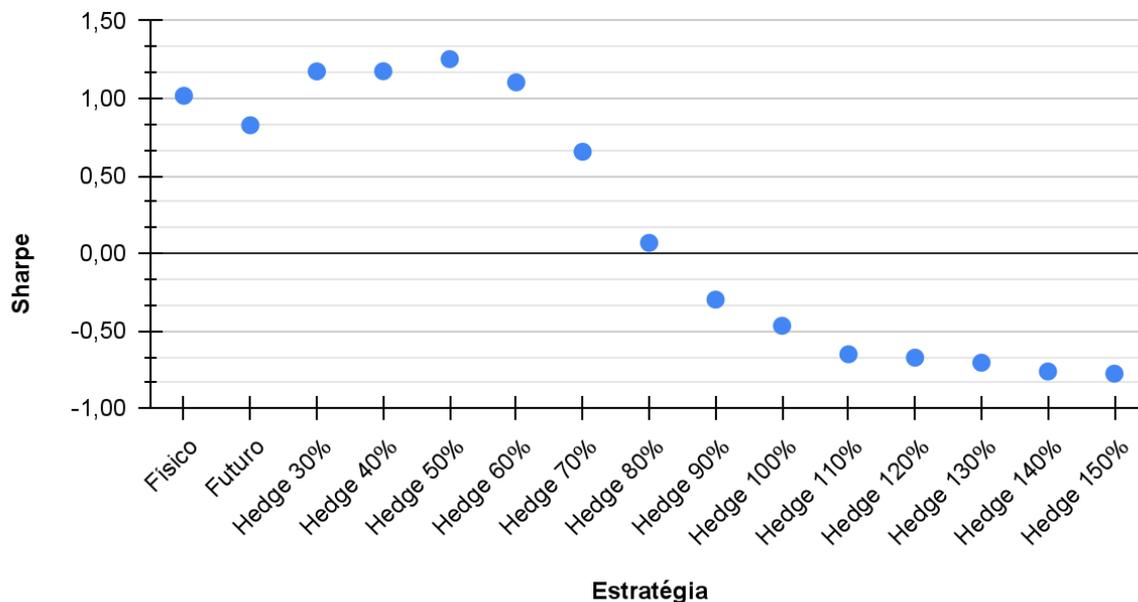
**Figura 47 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2019/2020.**



Fonte: Autor.

Na safra 2019/2020, apenas três estratégias (físico, futuro e hedge 30%) tiveram desempenho positivo. Na Figura 48, os índices para a safra 2020/2021.

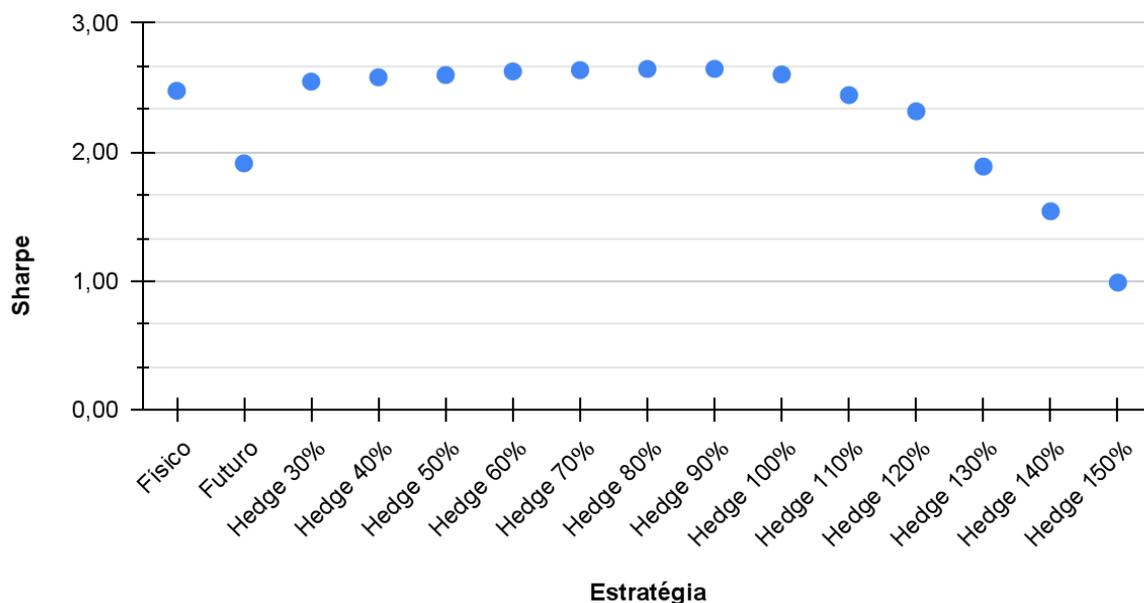
**Figura 48 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2020/2021.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2020/2021, as posições hedgeadas entre 30% e 60%, bem como o mercado físico e futuro, apresentaram desempenho relevante, enquanto as demais performaram mal. Na Figura 49, os índices para a safra 2021/2022.

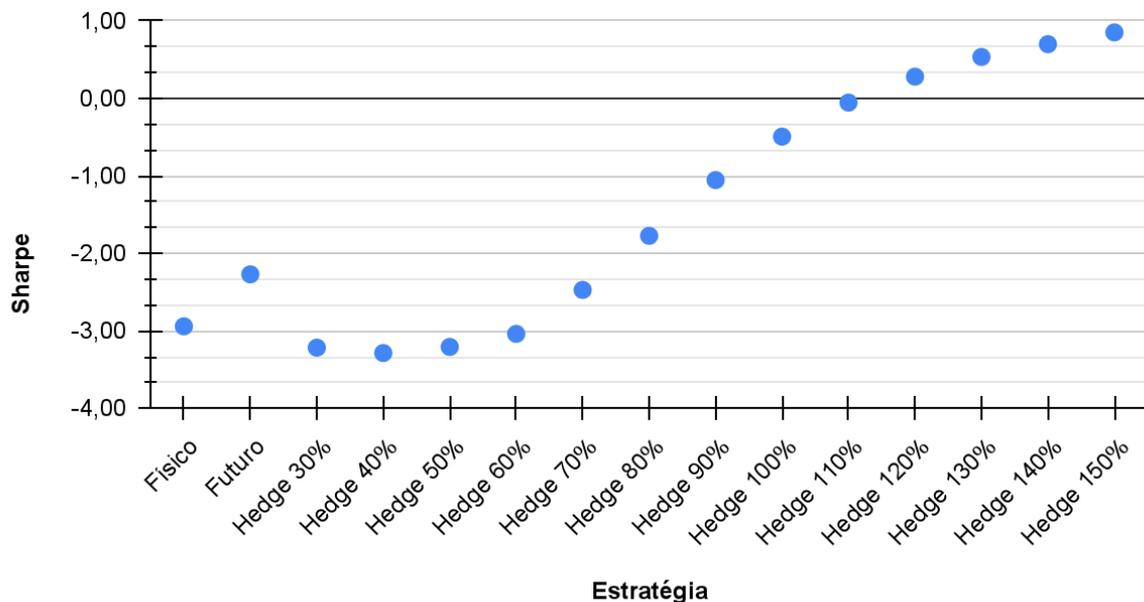
**Figura 49 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2021/2022.**



Fonte: Autor.

Na safra 2021/2022, as posições hedgeadas entre 30% e 110% tiveram desempenho relevante. Na Figura 50, os índices para a safra 2022/2023.

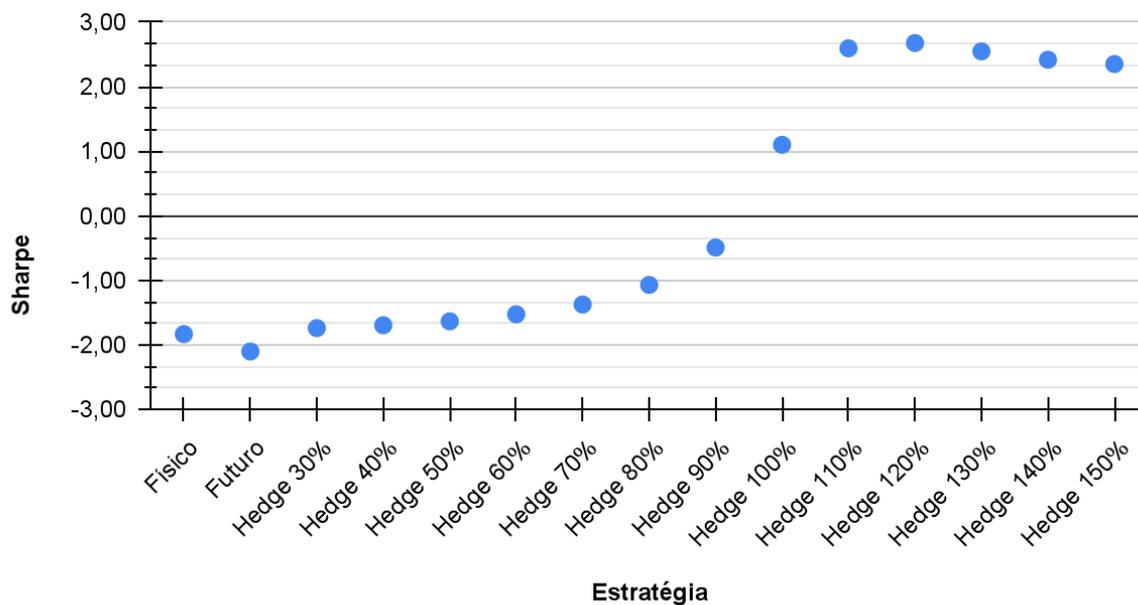
**Figura 50 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2022/2023.**



Fonte: Autor.

Na safra 2022/2023, as únicas estratégias que apresentaram desempenho positivo foram os hedges a partir de 120%. Na Figura 51, os índices para a safra 2023/2024.

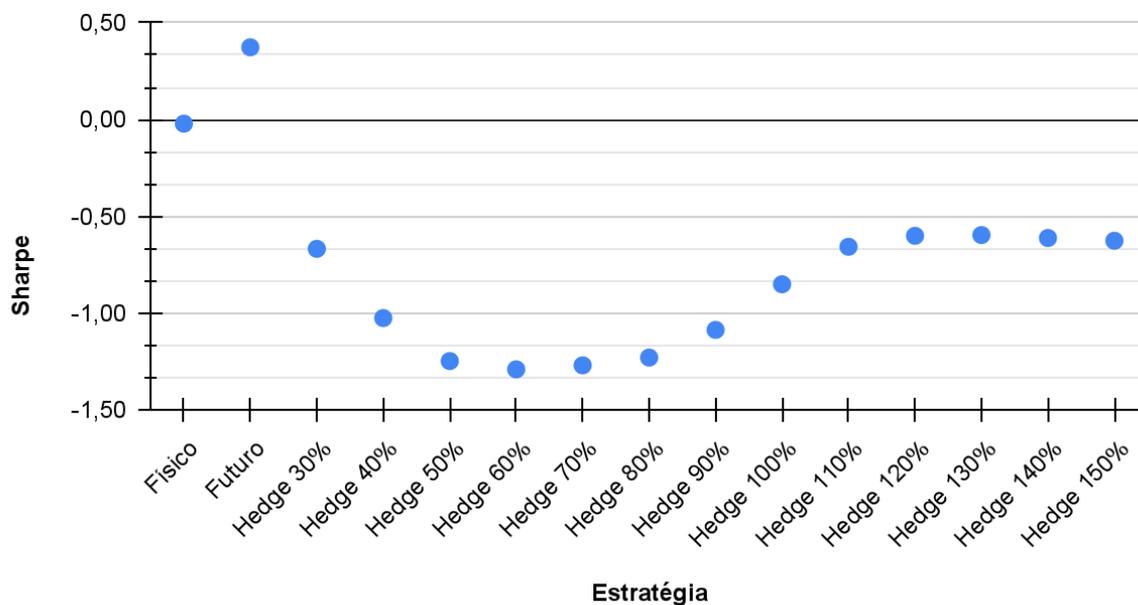
**Figura 51 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2023/2024.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2023/2024, somente as posições hedgeadas a partir de 100% apresentaram retornos positivos. Na Figura 52, os índices médios entre as safras.

**Figura 52 - Índices de Sharpe médios para as diferentes estratégias entre as safras 12/13 e 23/24.**



Fonte: Autor.

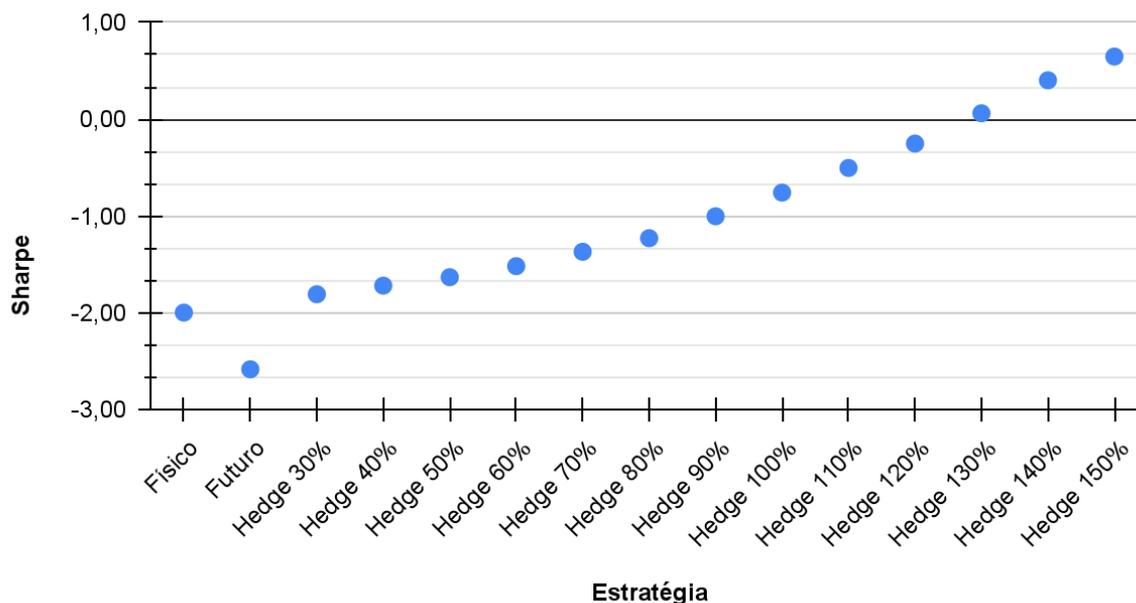
Finalmente, um gráfico apresentando o comportamento médio de todas as estratégias ao longo das doze safras analisadas para a cultura da soja. Apenas o mercado futuro

apresentou Sharpe médio positivo; todas as demais estratégias, incluindo o mercado físico, foram negativas.

#### 4.8. SHARPE MILHO

Assim como foi feito para a soja, será analisado também o comportamento do índice de Sharpe para as safras de milho. Na Figura 53, os índices para a primeira safra analisada.

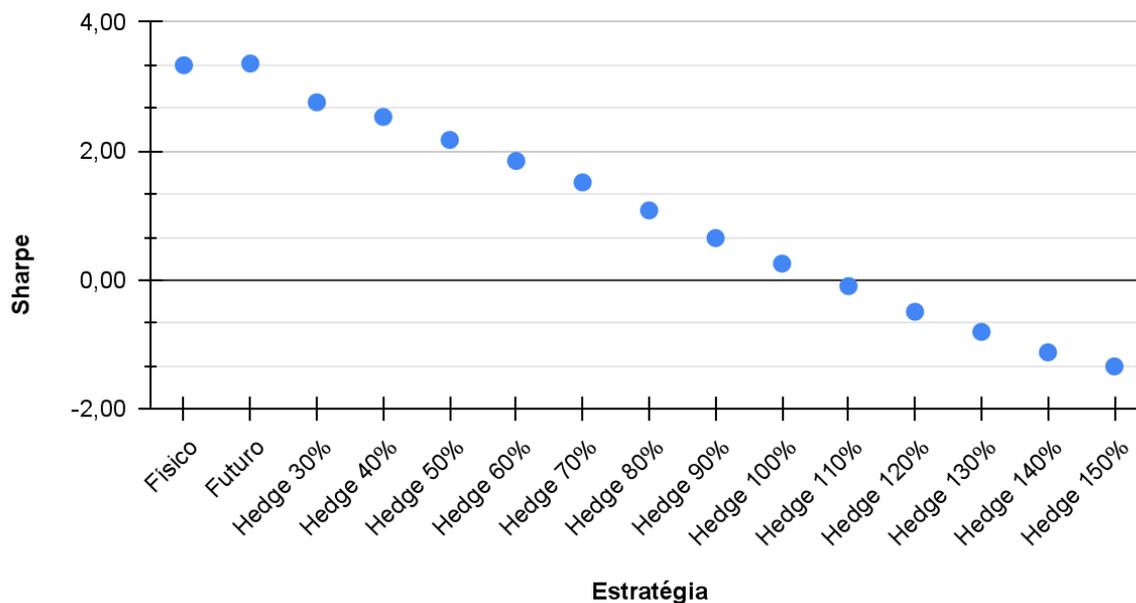
**Figura 53 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2009/2010.**



Fonte: Autor.

Na safra 2009/2010, o comportamento foi ascendente conforme aumentava o nível da posição vendida, com o melhor resultado em 150%. Na Figura 54, os índices para a safra 2010/2011.

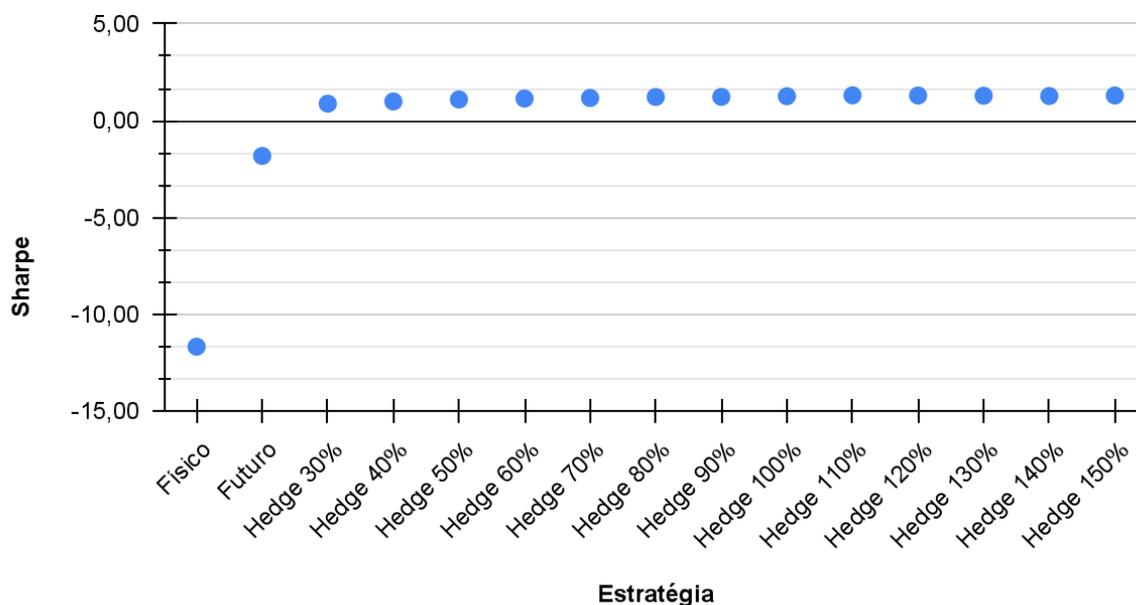
**Figura 54 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2010/2011.**



Fonte: Autor.

Por outro lado, na safra 2010/2011, quanto maior foi a posição vendida, pior foi o resultado. Na Figura 55, os índices para a safra 2011/2012.

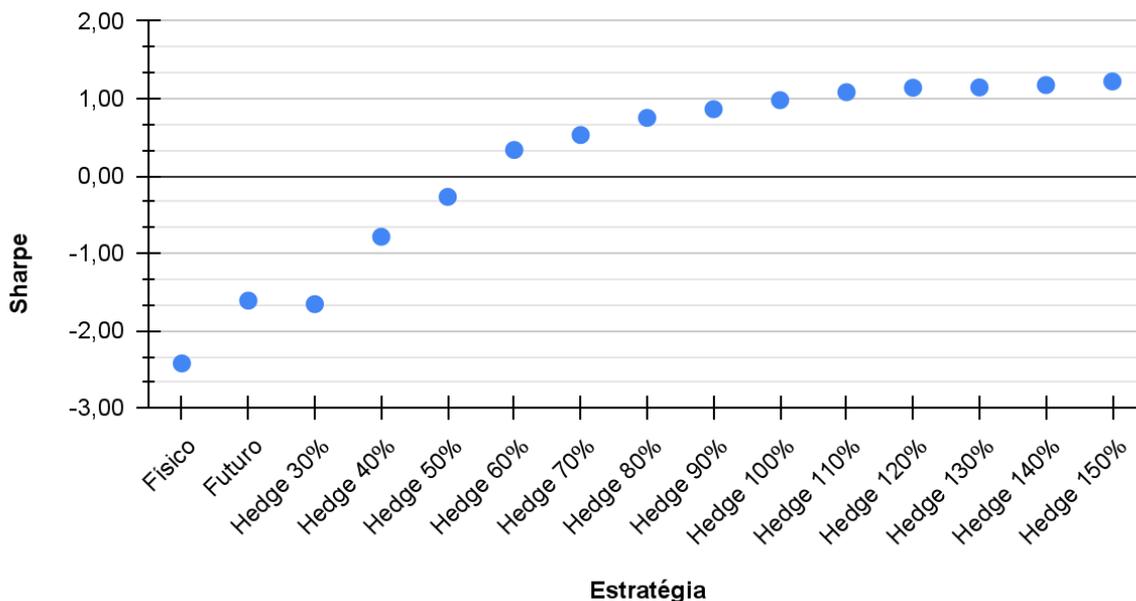
**Figura 55 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2011/2012.**



Fonte: Autor.

Na safra 2011/2012, o resultado foi interessante, com todas as posições hedgeadas apresentando valores positivos e semelhantes, enquanto as estratégias de mercado físico e futuro apresentaram resultados negativos. Na Figura 56, os índices para a safra 2012/2013.

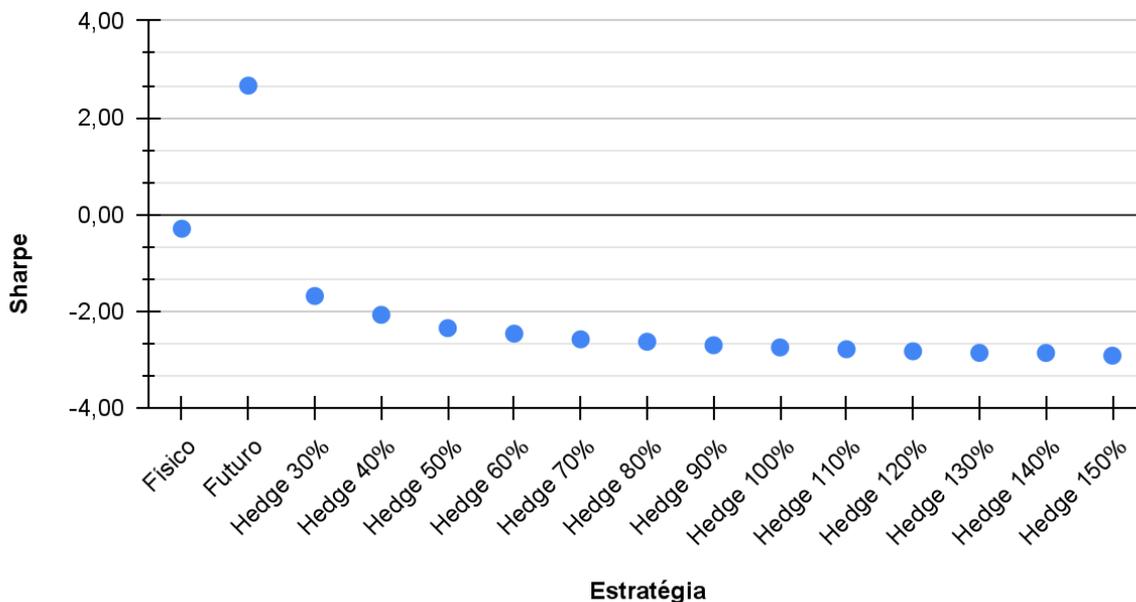
**Figura 56 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2012/2013.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2012/2013, as posições vendidas a partir de 60% apresentaram resultado positivo, enquanto as demais, negativo. Na Figura 57, os índices para a safra 2013/2014.

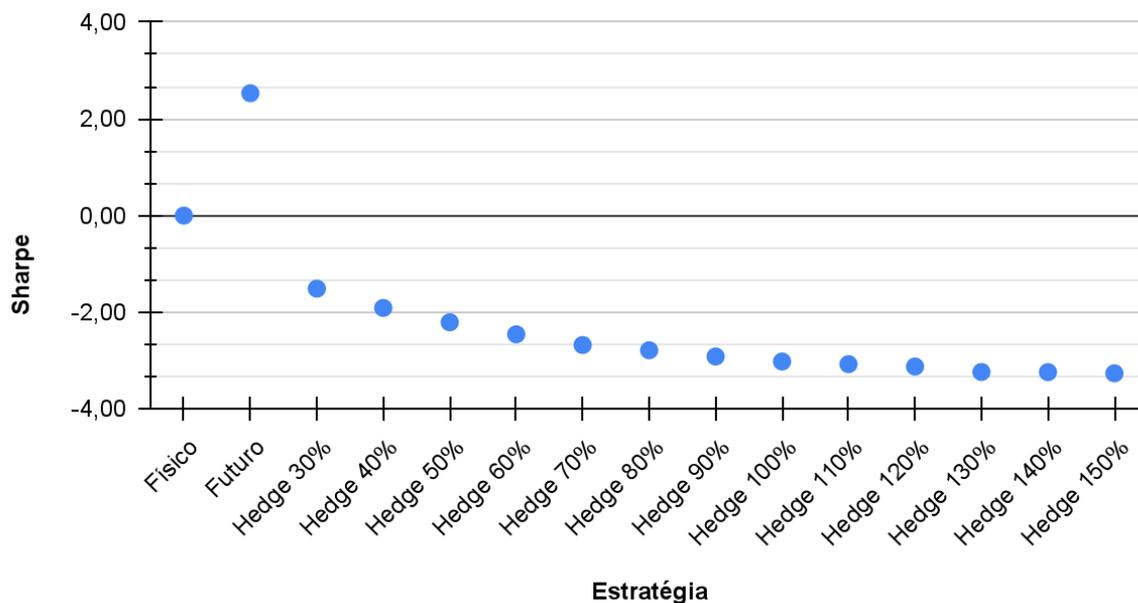
**Figura 57 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2013/2014.**



Fonte: Autor.

Na safra 2013/2014, apenas o mercado futuro apresentou resultados positivos; todas as demais estratégias foram negativas. Na Figura 58, os índices para a safra 2014/2015.

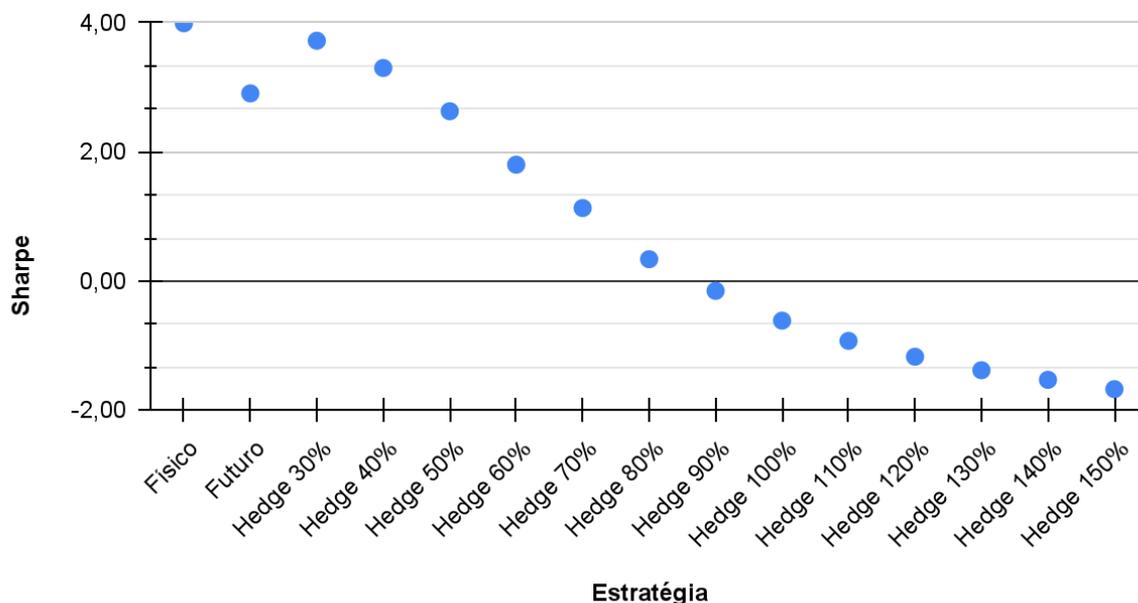
**Figura 58 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2014/2015.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2014/2015, o comportamento foi semelhante ao de 2013/2014, com a estratégia de mercado físico apresentando o resultado nulo (exatamente zero). Na Figura 59, os índices para a safra 2015/2016.

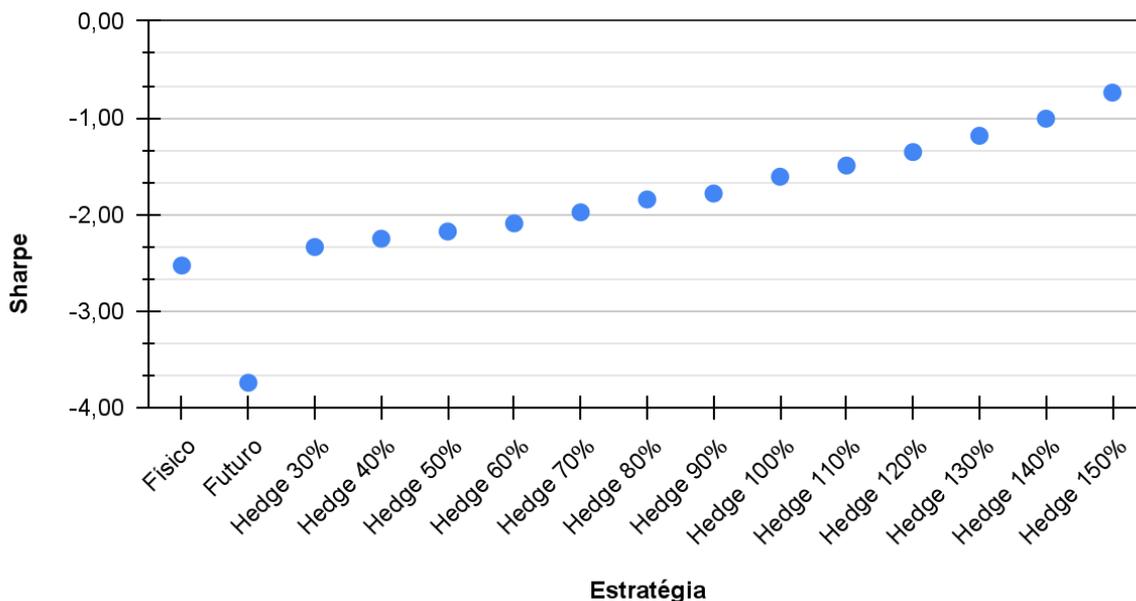
**Figura 59 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2015/2016.**



Fonte: Autor.

Na safra 2015/2016, o comportamento foi positivo, apesar de descendente, até a posição vendida de 80%. A partir de 90%, foi negativo. Na Figura 60, os índices para a safra 2016/2017.

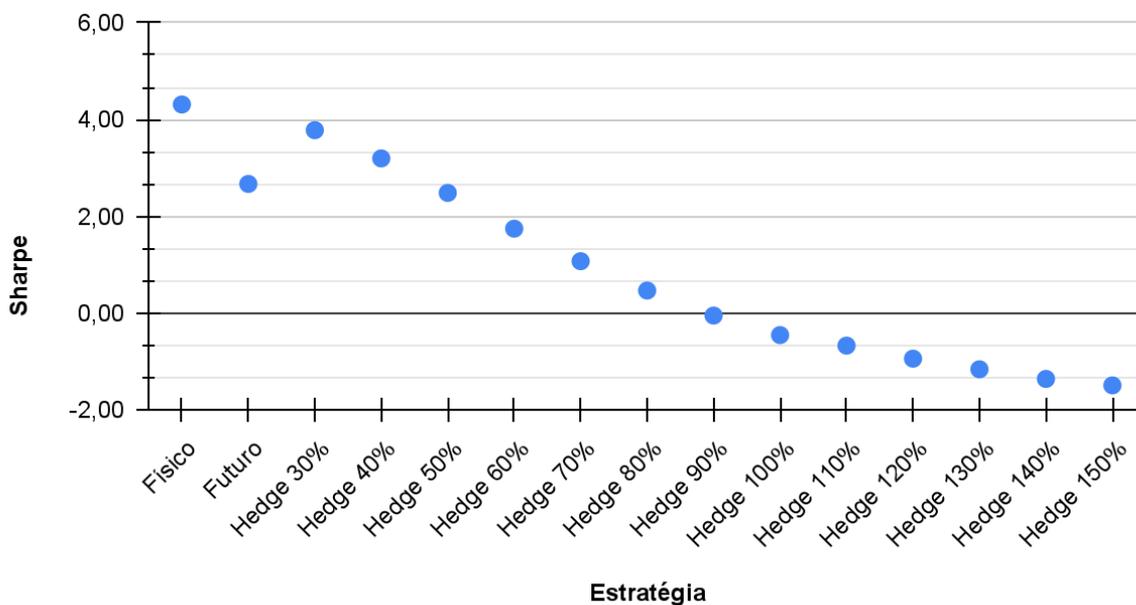
**Figura 60 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2016/2017.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2016/2017, todas as estratégias apresentaram resultados negativos, porém, vale ressaltar, menos negativo para as posições vendidas. Na Figura 61, os índices para a safra 2017/2018.

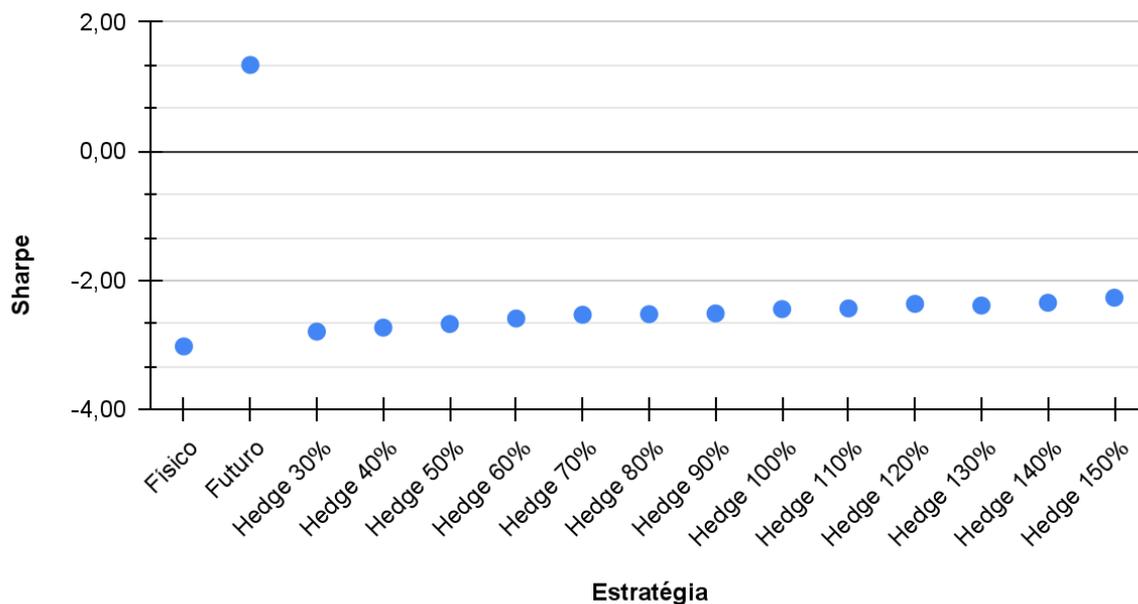
**Figura 61 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2017/2018.**



Fonte: Autor.

Na safra 2017/2018, o comportamento foi semelhante ao de 2015/2016: até a posição vendida de 80%, os resultados foram positivos; a partir de então, negativos. Na Figura 62, os índices para a safra 2018/2019.

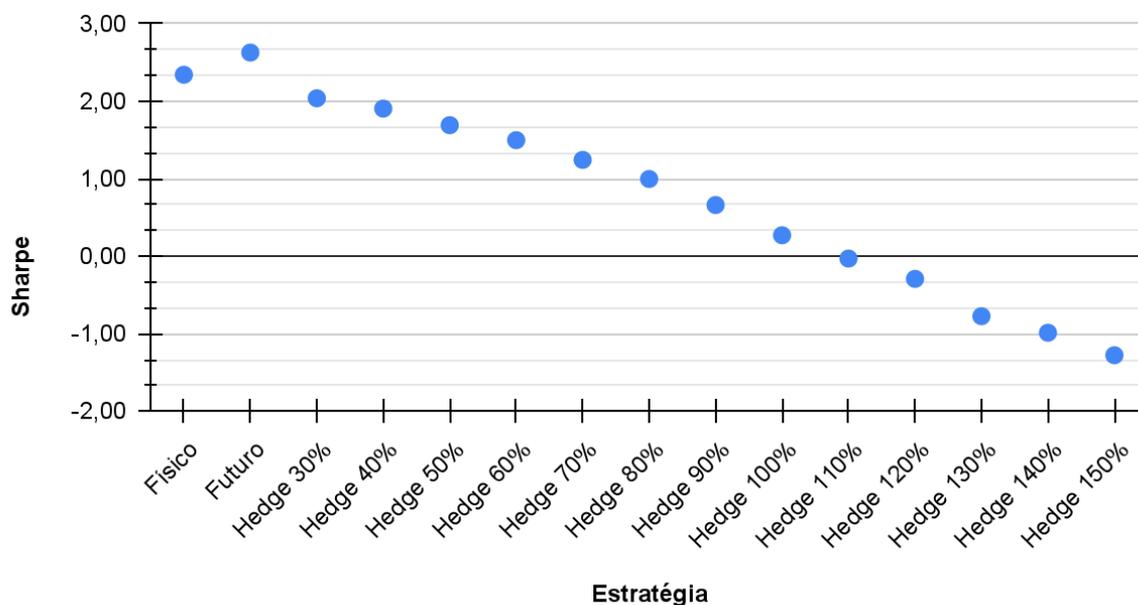
**Figura 62 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2018/2019.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2018/2019, a única estratégia com resultado positivo foi o mercado futuro. Todas as demais apresentaram desempenho ruim. Na Figura 63, os índices para a safra 2019/2020.

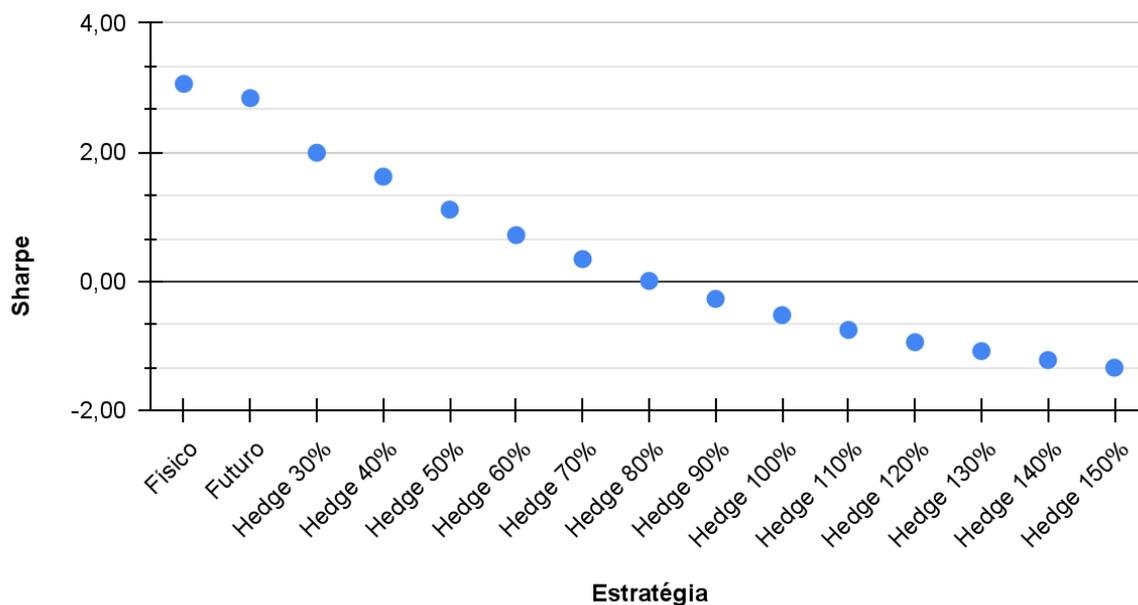
**Figura 63 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2019/2020.**



Fonte: Autor.

Na safra 2019/2020, as estratégias de mercado físico, futuro e hedge até 100% apresentaram resultado positivo. A partir de 110%, o resultado foi negativo. Na Figura 64, os índices para a safra 2020/2021.

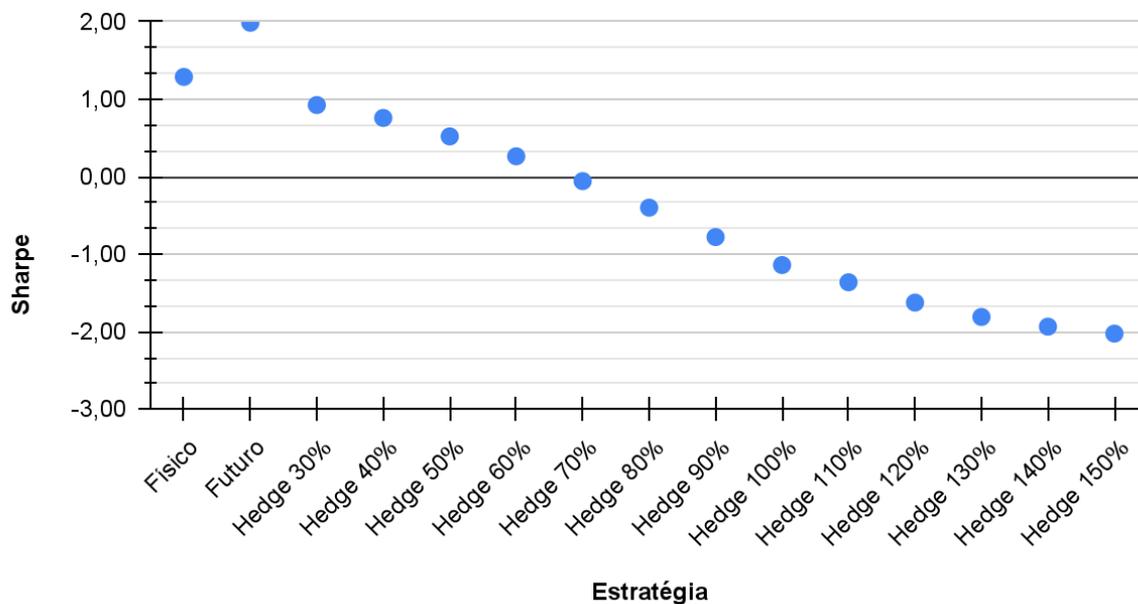
**Figura 64 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2020/2021.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2020/2021, até a posição vendida de 70%, os resultados foram positivos; com 80%, o resultado foi praticamente nulo e, a partir daí, negativo. Na Figura 65, os índices para a safra 2021/2022.

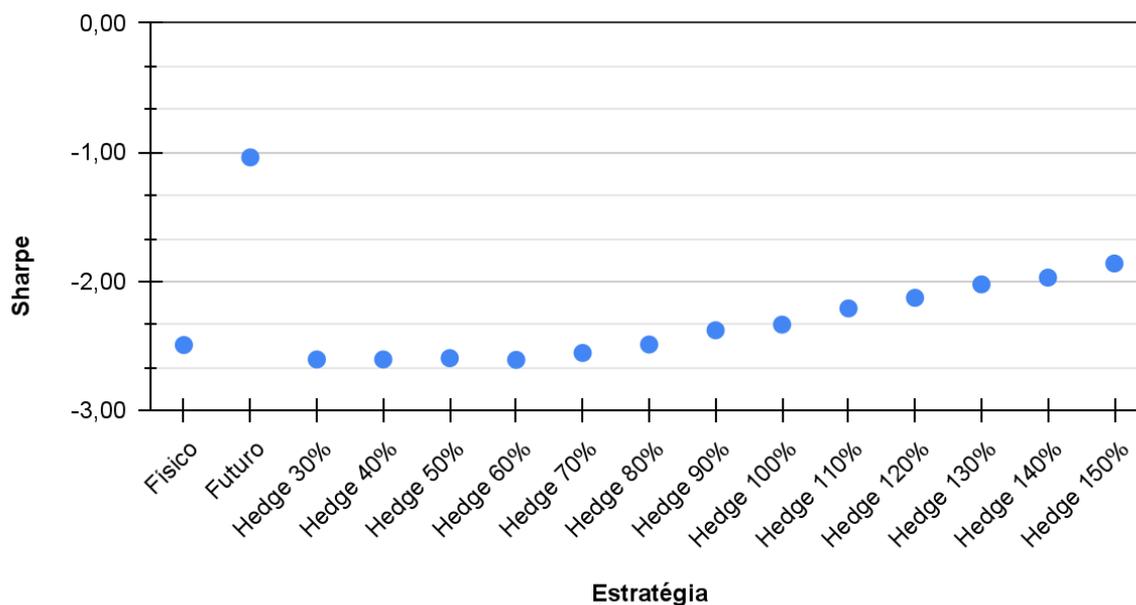
**Figura 65 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2021/2022.**



Fonte: Autor.

Na safra 2021/2022, apenas as estratégias até a posição vendida de 60% apresentaram resultado positivo. Todas as demais apresentaram resultado negativo. Na Figura 66, os índices para a safra 2022/2023.

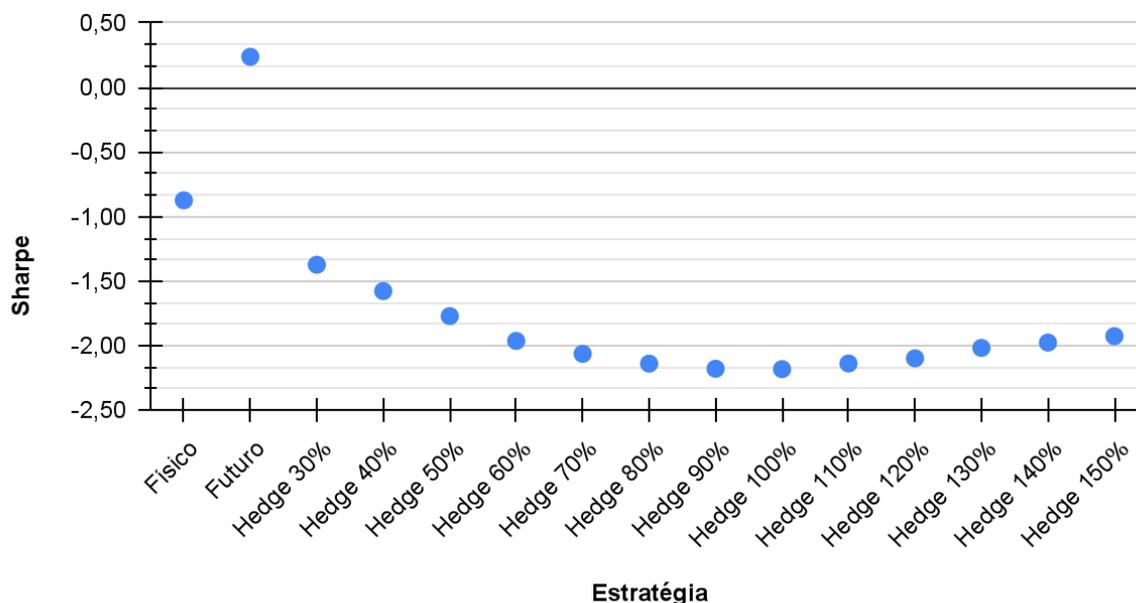
**Figura 66 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2022/2023.**



Fonte: Autor.

Para a safra 2022/2023, todas as estratégias tiveram resultados negativos. O melhor, entretanto, foi o mercado futuro. Na Figura 67, os índices para a safra 2023/2024.

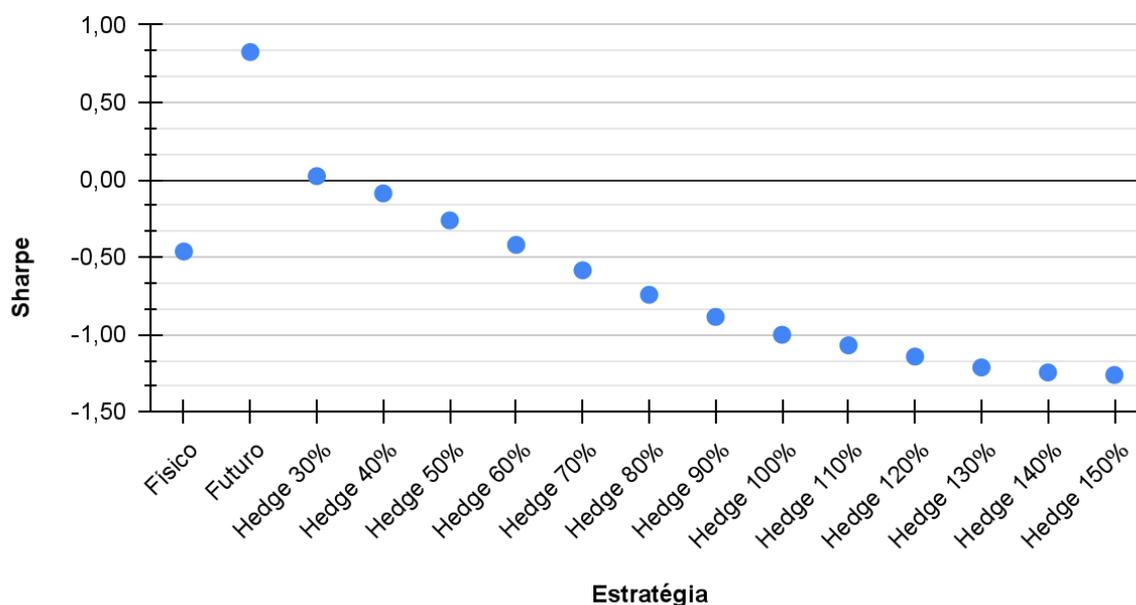
**Figura 67 - Índices de Sharpe para as diferentes estratégias na safra 2023/2024.**



Fonte: Autor.

Na safra 2023/2024, apenas o mercado futuro apresentou resultado positivo, com os piores resultados aparecendo nas posições vendidas de 90% e 100%. Na Figura 68, os índices médios entre as safras.

**Figura 68 - Índices de Sharpe médios para as diferentes estratégias entre as safras 09/10 e 23/24.**



Fonte: Autor.

Em relação às médias, apenas duas estratégias provaram-se benéficas no que tange a relação risco x retorno: o mercado futuro (que não representa uma opção real para o produtor) e o hedge de 30%. Todas as demais posições vendidas, assim como o mercado físico, apresentaram mais riscos do que possibilidades de retorno. Na Tabela 1 é possível visualizar os resultados consolidados de retorno, risco e Sharpe médios, para cada estratégia e para cada commodity.

**Tabela 1 – Resultados médios consolidados para risco, retorno e Sharpe de soja e milho.**

	Soja			Milho		
	Risco	Retorno	Sharpe	Risco	Retorno	Sharpe
Físico	5,18%	0,1%	-0,02	6,03%	1,16%	-0,46
Futuro	6,86%	3,67%	0,37	6,80%	8,44%	0,83
30%	3,49%	-1,25%	-0,67	5,35%	0,03%	0,02
40%	3,06%	-1,64%	-1,02	5,30%	-0,91%	-0,09
50%	2,74%	-1,98%	-1,25	5,32%	-2,03%	-0,26
60%	2,53%	-2,33%	-1,29	5,42%	-2,96%	-0,42
70%	2,46%	-2,63%	-1,27	5,58%	-3,89%	-0,58
80%	2,52%	-2,94%	-1,23	5,78%	-4,82%	-0,74
90%	2,72%	-3,21%	-1,09	6,02%	-5,84%	-0,89
100%	3,04%	-3,47%	-0,85	6,32%	-6,78%	-1,00

110%	3,45%	-3,75%	-0,66	6,64%	-7,59%	-1,07
120%	3,95%	-3,96%	-0,60	6,98%	-8,49%	-1,14
130%	4,47%	-4,16%	-0,60	7,35%	-9,51%	-1,21
140%	5,04%	-4,47%	-0,61	7,74%	-10,31%	-1,24
150%	5,61%	-4,58%	-0,62	8,14%	-11,05%	-1,26

Fonte: Autor.

## 5. DISCUSSÃO

Levando-se em consideração o objetivo primeiro do presente estudo - a redução da volatilidade - algumas estratégias de hedge foram eficientes para tal. No caso da soja, as posições vendidas, com exceção do hedge de 150%, apresentaram médias de volatilidade inferiores tanto ao mercado físico quanto ao futuro, com destaque para o hedge de 70%, que apresentou a menor volatilidade média (2,46%). Para o milho, o destaque fica com a posição vendida de 40%, que apresentou volatilidade média de 5,3%. Ainda, até o hedge de 80%, a volatilidade foi inferior àquela registrada no mercado físico e futuro. Com 90%, houve um empate entre o hedge e o mercado físico, mas em relação ao mercado futuro, a volatilidade foi mais baixa até a posição de 110%.

Contudo, tanto para a soja quanto para o milho (com exceção do hedge de 30% no caso deste) os retornos médios das posições vendidas foram negativos, enquanto para o mercado físico e o mercado futuro, foram positivos. Isso significa que, na média, o produtor teria ganhado mais dinheiro operando sem proteção, deixando os preços flutuarem. Essa condição fica evidente quando se leva em consideração o prêmio pelo risco, avaliado pelo índice de Sharpe: entre todas as safras analisadas, para as duas commodities, apenas uma posição hedgeada (30% para o milho) conseguiu apresentar uma relação risco x retorno favorável e, mesmo assim, bastante tímida, com resultado de 0,02. As operações no mercado futuro (especulação), por outro lado, apresentaram relação risco x retorno favorável para ambas as commodities, com resultados de 0,83 para o milho e de 0,37 para a soja. Vale ressaltar, entretanto, que a relação de risco x retorno também foi negativa, em ambos os casos, para o mercado físico dos produtos.

Quando o mercado futuro é excluído da comparação - o que pode ser considerado o ideal, afinal o produtor terá a opção de esperar para vender o produto físico ou trabalhar vendido, mas nunca apenas com futuros - a situação fica diferente para o milho, mas semelhante para a soja. Para esta, a relação de risco x retorno continua sendo melhor para o mercado físico do produto do que para as posições vendidas. Para o milho, a situação é um

pouco diferente. Quando se eliminam os resultados do mercado futuro, as posições vendidas entre 30% e 60% apresentam relações de risco x retorno melhores que o mercado físico do produto.

É importante discutir brevemente sobre médias. Existe a tendência de resumir grandes séries de dados em suas respectivas médias e, a partir destas, tirar conclusões. Isso nem sempre é o ideal, e pode ser perigoso. Imagine uma situação hipotética: determinado local que, em virtude da ausência quase total de água, não possui regulação térmica, portanto suas temperaturas máximas e mínimas são bastantes distantes uma da outra. Durante o dia, o sol escaldante faz a temperatura subir até a casa dos 70°C; à noite, a perda rápida de calor e ausência de umidade para retê-lo fazem a temperatura despencar até -70°C. Quando se calcula a temperatura média desse local hipotético, o resultado é 0°C. Certamente, 0°C é bastante frio, mas é uma temperatura que permite o estabelecimento da vida humana. Contudo, os 70°C eliminam qualquer chance de sobrevivência humana durante o dia e, da mesma forma, os 70°C negativos o fazem durante a noite. Portanto, analisar dados históricos levando-se em conta apenas sua média é um erro, e um erro que pode custar caro.

Ao estender a análise da média para os dados do presente estudo, observa-se característica semelhante. Foi apontado, anteriormente, que as melhores relações de risco x retorno foram alcançadas com o mercado futuro, tanto para a soja quanto para o milho. Mas deve-se atentar aos extremos. Na safra de soja de 2014/2015, o mercado futuro da commodity subiu, entre outubro e março, 48,78%. Não há nenhuma garantia de que essa mesma condição não possa acontecer para baixo, ou seja, ao invés de valorizar, desvalorizar quase 50%. Pouquíssimos são os produtores que poderiam suportar uma desvalorização nessa escala. Dentre as posições hedgeadas entre 30% e 100%, não há situação semelhante, ficando os ganhos limitados a 20,40% e as perdas a 24,03%. Na pior situação, a volatilidade das posições vendidas foi a metade da volatilidade da posição futura. Olhando dessa forma, o mercado físico local também teve resultados interessantes (24,83% e -16,57%).

No caso do milho, os extremos do mercado futuro também causam impacto, ficando entre 33,71% e -23,55%. No mercado físico local, os valores foram de 30,97% e -36,93%. Dentre todas as posições hedgeadas de milho, os extremos ficaram entre 20,27% e -31,89%, ambos menores que seus benchmarks. Essa análise retoma aquilo que foi discutido a respeito de probabilidade e impacto, no tópico sobre riscos. A probabilidade de grandes quedas (na casa dos 50% ou mais) acontecerem é pequena, mas seu impacto é enorme.

Cabe ressaltar, ainda, que o objetivo do hedge é justamente evitar as grandes perdas, que podem tirar o produtor do negócio. Uma grande queda na cotação dos produtos não

afetará tanto o produtor que opera protegido; dependendo do tamanho da posição vendida, pode até lhe fortalecer. Ademais, é importante reiterar que os valores de retorno obtidos neste estudo são referentes à oscilação de preços entre plantio e colheita, não à margem de lucro do produtor. Quando o resultado do retorno é negativo, portanto, podemos dizer que o produtor deixou de ganhar aquele percentual, mas não incorreu em prejuízo. É claro que dinheiro foi deixado na mesa, afinal o produtor esteve exposto à volatilidade e não conseguiu obter vantagem com ela, mas é o preço da segurança, e todos aqueles que a buscam precisam pagar.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De forma resumida, o presente estudo trabalhou com dados históricos de preços de soja e milho, utilizando-os para calcular suas respectivas volatilidades que, como vimos, representa o nível de risco do ativo. O objetivo principal, de reduzir a volatilidade das duas commodities, foi alcançado, com destaque para as relações obtidas com a soja, para a qual, com exceção da posição vendida de 150%, todas as demais reduziram a volatilidade quando comparadas ao mercado físico do produto. Para o milho, foi possível reduzir a volatilidade utilizando as estratégias entre 30% e 90% de hedge.

Ao ser avaliada, utilizando o índice de Sharpe, a relação entre risco e retorno, contudo, as estratégias de hedge para a soja mostraram-se pouco vantajosas, apesar de que, de fato, essa mesma relação para o mercado físico do produto também foi negativa. No caso do milho, por outro lado, as relações entre risco e retorno foram vantajosas, em relação ao mercado físico, com as posições vendidas entre 30% e 60%.

Com base nos resultados obtidos, fica evidente que uma operação com instrumentos de travamento de preços reduz a exposição do agente econômico – nesse caso, o produtor rural – aos riscos de mercado.

Dentro do universo agropecuário brasileiro, que é focado na produção de commodities, em grande parte para exportação, as análises aqui presentes podem ser estendidas para outros produtos, com destaque para a produção de bovinos de corte, café e açúcar.

## 7. REFERÊNCIAS

BOARETTO, Antonio Enedi; NATALE, William. **Importância da Nutrição Adequada para Produtividade e Qualidade dos Alimentos**. Nutrição e Adubação de Hortaliças. Editora Prado, RM & Cecílio Filho A. B, p. 45-74, 2016.

PECUÁRIA, Ministério da Agricultura e. **Exportações do agronegócio fecham 2023 com US\$ 166,55 bilhões em vendas**: o agronegócio foi responsável por 49% da pauta exportadora total brasileira durante o ano. O agronegócio foi responsável por 49% da pauta exportadora total brasileira durante o ano. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-fecham-2023-com-us-166-55-bilhoes-em-vendas>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Números fechados pela Abiove confirmam recordes na soja em 2023**. Disponível em: <<https://abiove.org.br/numeros-fechados-pela-abiove-confirmam-recordes-na-soja-em-2023/#:~:text=As%20vendas%20para%20o%20exterior,US%24%2067%2C3%20bilh%C3%B5es.>>. Acesso em: 22 jun. 2024.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **Relatório - Cadeia da Soja e biodiesel - 4º trimestre de 2023**. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2023. Disponível em: <<https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relat%C3%B3rio%20-%20Cadeia%20da%20Soja%20e%20biodiesel%20-%204T2023.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ESALQ/USP. **CT PIB Agro - 26 de março de 2024**. Piracicaba: CEPEA, 2024. Disponível em: <[https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/CT-PIB-AGRO\\_26.MAR.24.pdf](https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/CT-PIB-AGRO_26.MAR.24.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2024.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Brasil vai exportar menos milho em 2024 do que em 2023, acompanhando diminuição na produção**. Notícias Agrícolas, [S.l.], 2024. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/milho/374037-brasil-vai-exportar-menos-milho-em-2024-do-que-em-2023-acompanhando-diminuicao-na-producao.html>. Acesso em: 27 jun. 2024.

DE ALMEIDA, Leones Alves et al. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro**, eds M. A. de Queiroz, CO Goedert and SRR Ramos (Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia), 1999.

CNA; CEPEA. **Pib Do Agronegócio Cresce No Segundo Trimestre E Acumula Alta De 0,5% Em 2023**, 2023.

CEPEA; ABIOVE. **Cadeia Da Soja E Do Biodiesel Representou 27% Do Pib Do Agronegócio E Gerou 2 Milhões De Empregos Em 2022**. 2023. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/br/releases/cepea-abiove-cadeia-da-soja-e-do-biodiesel-representou-27-do-pib-do-agronegocio-e-gerou-2-milhoes-de-empregos-em-2022.aspx#:~:text=Cepea%2C%2010%2F05%2F2023,participa%C3%A7%C3%A3o%20de%20apenas%209%25..> Acesso em: 13 dez. 2023.

DUARTE, Jason de Oliveira. **Milho**: importância socioeconômica. Importância Socioeconômica. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>. Acesso em: 16 dez. 2023.

CNA. **Boletim do Comércio Exterior do Agronegócio**. Brasília, 2023.

BRUNI, Adriano Leal; FAMÁ, Rubens; SIQUEIRA, José de Oliveira. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 61-71, 1º trim. 1998.

USDA. **Soybean Explorer**. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2222000>. Acesso em: 17 dez. 2023.

USDA. **Corn Explorer**. Disponível em: [https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=0440000&sel\\_year=2023&rankb](https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=0440000&sel_year=2023&rankb)

y=Production. Acesso em: 17 dez. 2023.

MARTINS, Talita Mauad. **Ciclos E Previsão Cíclica Dos Preços Das Commodities: Um Modelo De Indicador Antecedente Para A Commodity Açúcar**. 2009. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

D'AGOSTO, Marcelo. Como o preço do petróleo ficou negativo. **Valor Investe**. São Paulo, abr. 2020. Disponível em: <https://valorinveste.globo.com/blogs/marcelo-dagosto/post/2020/04/como-o-preco-do-petroleo-ficou-negativo.ghhtml>. Acesso em: 17 dez. 2023.

ROSSI, Caio Lucas; RIBEIRO, Angela Mara Bento. O turismo como lazer, o turismo de compras em Jaguarão e suas relações com o COVID-19. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 38-46, 2021.

USDA. **Prices Received by Month: Soybeans**. Disponível em: [https://www.nass.usda.gov/Charts\\_and\\_Maps/graphics/data/pricesb.txt](https://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/graphics/data/pricesb.txt). Acesso em: 17 dez. 2023.

USDA. **Prices Received by Month: Corn**. Disponível em: [https://www.nass.usda.gov/Charts\\_and\\_Maps/graphics/data/pricecn.txt](https://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/graphics/data/pricecn.txt). Acesso em: 17 dez. 2023.

INVESTING. **USD/BRL - Dólar Americano Real Brasileiro**. Disponível em: <https://br.investing.com/currencies/usd-brl-historical-data>. Acesso em: 17 dez. 2023.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Remover: Editora 34, 2011.

EMBRAPA. **Trajatória Da Agricultura Brasileira**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 07 jun. 2024.

GEMAN, Hélyette. **Risk Management in Commodity Markets: From Shipping to Agriculturals and Energy**. Wiley Finance, 2008.

FRUSH, Scott. **Commodities Demystified**. McGraw Hill Companies, 2008.

GEMAN, Hélyette. **Agricultural Finance: From Crops to Land, Water and Infrastructure**. Wiley Finance, 2015.

AHN, Daniel P. **Principles of Commodity Economics and Finance**. MIT Press, 2018.

FANELLI, Viviana. **Financial Modelling in Commodity Markets**. CRC Press, 2020.

PRIOLON, Joël. **Financial Markets for Commodities**. ISTE Ltd e John Wiley & Sons, Inc., 2019.