



Instituto Politécnico
de Viana do Castelo

ASSOCIAÇÃO DE POLITÉCNICOS DO NORTE (APNOR)
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

**Análise da efetividade de contratos futuros como instrumento de
gestão de risco para o mercado da soja no Paraná**

Avatar Marques Zahdi

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do Grau
de Mestre em Gestão das Organizações, Ramo de Gestão de Empresas

Orientadores:

Professora Doutora Ana Paula Carvalho do Monte

Professor Doutor Rodrigo Alves Silva

Bragança, setembro de 2019.



ASSOCIAÇÃO DE POLITÉCNICOS DO NORTE (APNOR)
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

**Análise da efetividade de contratos futuros como instrumento de
gestão de risco para o mercado da soja no Paraná**

Avatar Marques Zahdi

Orientadores:

Professora Doutora Ana Paula Carvalho do Monte

Professor Doutor Rodrigo Alves Silva

Bragança, setembro de 2019.

Abstract

The present study aims to analyze and compare the effectiveness of hedging through the use of futures contracts as hedging strategy for producers and consumers. Data referring to the historical price series of futures contracts traded by Brasil, Bolsa, Balcão (B3) were collected from February 2011 to May 2019 through the website Investing (2019), while the historical price series for producers in the Paraná region was collected directly from the CEPEA-Esalc / USP Center for Advanced Studies in Applied Economics, to be addressed at the Management and Economics Data Analysis Laboratory (LADGE) located at the Federal Technological University of Paraná, Curitiba (UTFPR-Headquarters), under the aegis of the School of Management and Economics (Dagee). For this, an autoregressive model – AR(1) of the spot prices was estimated as the dependent variable and the lagged spot prices and futures prices as independent variables. The model was statistically significant and with an adjusted R^2 of approximately 55%. It was observed that the optimal hedge ratio for agro portfolios of the model was 94.05% and its protection efficiency was 78.6%. From the results obtained, it was concluded that futures markets are not efficient to hedge the risk to which their agents are exposed, when associated with the autoregressive price forecasting model used in this paper.

Keywords: Risk management, Hedging, Soybeans, Futures markets, Futures Contracts

Resumo

O presente estudo tem por objetivo analisar e comparar a eficiência da cobertura de risco através da utilização de contratos futuros como ferramenta de estratégia de *hedging* para os produtores e consumidores. Os dados referentes à série histórica de preços de contratos futuros negociados pela Brasil, Bolsa, Balcão(B3) foram coletados dados no período de 02/2011 a 05/2019 através do site Investing (2019), enquanto a série histórica de preços na região produtora do Paraná foi coletada diretamente no site do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada CEPEA-Esalq/USP, para então serem tratados no Laboratório de Análise de Dados em Gestão e Economia (LADGE) localizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba (UTFPR-Sede), sob a égide da Escola de Gestão e Economia (Dagee). Para tanto, foi estimado um modelo autorregressivo – AR(1) dos preços spot como variável dependente e os preços spot desfasados e os preços de contratos futuros como variáveis independentes. O modelo se mostrou estatisticamente significativo e com um ajuste medido pelo R^2 de aproximadamente 55%. Observou-se que a razão ótima de *hedge* para carteiras agro do modelo foi de 94.05% e sua eficiência de proteção foi de 78,6%. A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que os mercados futuros não são eficientes para a cobertura do risco ao qual seus agentes estão expostos, quando associado ao modelo de previsão de preços autorregressivo utilizado neste trabalho.

Palavras-chave: Gestão de risco, *Hedging*, Soja, Mercados futuros, Contratos Futuros

Para Miguel Abdallah Zahdi
Marli Terezinha Marques Zahdi
Sêmele Marques Zahdi

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Deus pela saúde e pelas oportunidades que me trouxeram até este momento. Em segundo agradeço à família, em especial meu pai, Miguel, minha mãe, Marli e minhas irmãs, Ariadne e Sêmele. Eu não saberia expressar em palavras todas as vezes que me ajudaram e me apoiaram e, portanto, seria injusto com eles limitar seus feitos em um parágrafo, quando somam-se memórias de uma vida.

Agradeço também aos amigos, mestres e professores, cujo apoio incondicional me motivou a buscar objetivos maiores e mais desafiadores e às instituições de ensino superior Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e o Instituto Politécnico de Bragança (IPB), por firmarem entre si o programa de mobilidade internacional, graças aos esforços de gestores e alunos de ambas as instituições, o que me permitiu a oportunidade dessa experiência. Dentre os amigos, gostaria de destacar os mais próximos antes de minha vinda à Portugal, sendo eles Gabriel Raeder Gonçalves, Thiago Toyosato e Heitor Szczypior Pinheiro Lima Junior, e os mais próximos durante minha estadia em Bragança, Bruno Rafael Alves, Isis França, Stefany Rodrigues e Tamiris Andrade.

Um agradecimento especial ao amigo e professor Rodrigo Alves Silva, cujo trabalho e os ensinamentos me incentivaram a buscar mais conhecimento sobre a área financeira, e à amiga e professora Ana Paula Monte, que me ensinou novas técnicas para o gerenciamento de riscos financeiros. Ambos aceitaram meu convite para serem meus orientadores e foram de imensurável importância para a conclusão deste trabalho, através de orientação ou simplesmente por me ouvir falar sobre as dificuldades a respeito dos conteúdos, o que me ajudou em diversos casos a refletir sobre minhas palavras e encontrar a solução que eu buscava.

Por fim, agradeço também aos pagadores de impostos, cujo valor recolhido do fruto de seus trabalhos foi utilizado para subsidiar parte de minha estadia em Portugal.

Lista de abreviaturas, acrônimos e siglas

ACF – Função de autocorrelação

ADF – Augmented Dickey e Fuller

AIC – Critérios de Informação de Akaike

ANBM – Associação Nacional das Bolsas de Mercadorias e Cereais

AR(p) – Autorregressivo de ordem p

ARMA – Autorregressivo de Média Móvel

ARIMA – Autorregressivo Integrado Média Móvel

ARCH – Autoregressive conditional heteroscedasticity

ATM – At the Money

B3 – Brasil, Bolsa, Balcão

BB – Banco do Brasil

BBM/PR – Bolsa Brasileira de Mercadorias

BCMM – Bolsa de Cereais e Mercadorias de Maringá

BCML – Bolsa de Cereais e Mercadorias de Londrina

BGARCH - Bivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic

BSM – Black-Scholes-Merton

CBOT – Chicago Board of Trade

CDB – Certificado de Depósito Bancário

CEPEA-Esalq/USP – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CME Group – Chicago Mercantile Exchange Group

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento

COSO – Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission

CVM – Comissão de Valores Mobiliários

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GARCH – Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity

GMO – Geneticamente modificadas

H_0 – Hipótese de Investigação 0

H_1 – Hipótese de Investigação 1

IPB – Instituto Politécnico de Bragança

ITM – In the money

LCA – Letra de Crédito Agrícola

MGARCH - Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic

N-GMO – Não geneticamente modificadas

OHR – Optimal Hedge Ratio (Razão Ótima de *Hedge*)

OLS – Ordinary Least Squares (Mínimos Quadrados Ordinários)

OTC – Over the counter

OTM – Out of the Money

PIB – Produto Interno Bruto

PP – Phillips-Perron

SUR – Seemingly unrelated regressions (Regressões Aparentemente Não Relacionadas)

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Índice geral

Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	ix
Introdução.....	1
1. Revisão da Literatura	3
1.1. Fundamentos econômicos dos preços de <i>commodities</i> agropecuárias	3
1.2. O mercado de contratos futuros	6
1.3. O mercado de soja no Paraná	9
1.4. Técnicas de precificação de derivativos de soja	13
1.4.1. Técnicas de previsão de preços de contratos futuros de soja	13
1.4.2. Técnicas de previsão de preços de opções de soja	15
1.5. Gerenciamento de Risco e Estratégias de <i>Hedging</i> com futuros e opções	17
2. Metodologia	23
2.1. Objetivo do estudo e hipótese de investigação.....	23
2.2. Seleção e métodos de tratamento dos dados.....	24
3. Análise dos dados e resultados	28
3.1. Análise de tendência, sazonalidade e volatilidade cíclica da série.....	29
3.2. Análise de estacionariedade da série	35
3.3. Análise da Razão Ótima de <i>Hedge</i> da série	39
Conclusões, limitações e sugestões para pesquisas futuras	41
Referências bibliográficas	42
Anexo	48
Anexo 1 – Contrato futuro de soja com liquidação financeira da B3	48

Lista de Figuras

Figura 1. Relação entre as curvas de oferta e demanda	2
Figura 2. Séries históricas de preços do café, milho e soja	4
Figura 3. Série histórica da produção de grãos de soja paranaense, para o período de 1995 até 2017	10
Figura 4. Série histórica de preço de grãos de soja paranaense, sem efeito inflacionário, para o período de 1995 até 2017	11
Figura 5. Exemplo de como é formado o preço local da soja a partir do preço do preço de referência da CBOT	19
Figura 6. Movimentos das séries de preços à vista e de contratos futuros de soja na B3, no período de 02/2011 a 05/2019	27
Figura 7. Gráfico da função autocorrelação (ACF) das séries de preços à vista e de contratos futuros de soja na B3, no período de 02/2011 a 05/2019	28
Figura 8. Valores do resíduo e da tendência da média dos preços à vista de soja na B3, no período de 02/2011 a 05/2019	30
Figura 9. Dados sem tendência e normalizados (sem tendência da série)	30
Figura 10. Valores do resíduo e estimativa dos preços à vista de soja na B3, no período de 02/2011 a 05/2019	32
Figura 11. Série normalizada, sem efeitos de tendência e de sazonalidade	32
Figura 12. Série real de preços à vista, série de previsão dos preços de soja na B3 e tendência da série dos preços à vista, no período de 02/2011 a 05/2019	33
Figura 13. Função Autocorrelação para resíduos da série sem diferenciação	36
Figura 14. Função Autocorrelação para resíduos da série com uma diferenciação	36
Figura 15. Gráfico ACF para resíduos, sem desfasagem	37

Lista de Tabelas

Tabela 1. Contrato futuro de soja com liquidação financeira	8
Tabela 2. Resumo sobre os modelos quantitativos	14
Tabela 3. Valor do preço das opções e suas componentes	16
Tabela 4. Resposta ao risco	17
Tabela 5. Análise de tendência da série dos preços à vista da soja, para o período de 02/2011 a 05/2019	29
Tabela 6. Teste de sazonalidade dos preços à vista da soja, para o período de 02/2011 a 05/2019 .	31
Tabela 7. Teste ADF para estacionariedade da série de preços à vista $I(0)$	34
Tabela 8. Teste ADF para estacionariedade da série de preços à vista $I(1)$	35
Tabela 9. Teste Phillips-Perron	35
Tabela 10. Teste ADF para resíduos	38
Tabela 11. Resultados do modelo para Razão Ótima de <i>Hedge</i> para os contratos de soja negociados na B3, para o período de 02/2011 a 05/2019	39

Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor de grãos, farelo e óleo soja do mundo, sendo responsável pelo abastecimento de 35%, 26% e 26% da demanda mundial, respectivamente. O principal parceiro comercial do país é o mercado chinês, o qual é responsável pelo consumo de 43% da demanda global de grãos e 18% da de óleo de soja. O Brasil é responsável por 25% desse abastecimento, sendo o restante da produção nacional exportado principalmente para Holanda, França, Irã e Índia (Goldsmith, 2008; Marques, de Mello & Martines 2006). Pelo fato das exportações estarem concentradas em um país (China), o mercado brasileiro se torna vulnerável aos riscos por parte do produtor, como oscilação de preço da *commodity*, flutuação cambial, oscilação no preço dos insumos diretos e indiretos, entre outros. Esse fato reforça a necessidade de ferramentas eficientes para a mitigação e para o gerenciamento dos riscos (Demarchi, 2011).

Dada a importância do mercado de produção de soja para a economia brasileira e paranaense, o presente estudo tem por objetivo analisar e comparar a eficiência da cobertura de risco através da utilização de contratos futuros e contratos de opção como ferramentas de estratégia de *hedging* para os produtores e para os consumidores, para a identificação das melhores oportunidades de obtenção de lucros, minimização dos prejuízos e mitigação dos riscos para ambos os casos. O estado sul brasileiro do Paraná é o segundo maior produtor de soja do país, ficando atrás somente da região do Mato Grosso, sendo responsável por 16,29% do total da safra de 2017/2018, e o maior produtor da região Sul (EMBRAPA, 2018).

A partir da perspectiva acadêmica, este trabalho pretende contribuir para uma melhor compreensão do mercado brasileiro de derivativos agrícolas, tendo como foco principal a soja, possibilitando a realização de diferentes linhas de pesquisas posteriores para a comparação entre diferentes tipos *commodities* no mercado brasileiro ou para a comparação sobre o comportamento de derivativos de soja em diferentes mercados mundiais. Na perspectiva do mercado a pesquisa busca analisar a eficiência dos instrumentos financeiros de contratos futuros e de contratos de opção.

Para atingir os objetivos propostos, o presente trabalho encontra-se dividido em três seções, para além da introdução e conclusão, como segue: na seção 1 são abordados os fundamentos econômicos sobre os preços das *commodities* agropecuárias, os mercados de contratos futuros e de opções, o mercado da soja no estado do Paraná e técnicas de precificação para os mercados derivados. A seção 2 descreve os objetivos e a hipótese de pesquisa, bem como a metodologia utilizada para a análise. Na seção 3 são analisados os resultados encontrados. Por fim, tem-se a conclusão baseada nestes resultados, as limitações presentes no trabalho e sugestões para linhas de pesquisas futuras.

1. Revisão da Literatura

1.1. Fundamentos econômicos dos preços de *commodities* agropecuárias

Na perspectiva econômica, o preço é tratado como uma função composta de duas variáveis, sendo elas a oferta e a demanda. Como regra geral, a oferta está positivamente relacionada com o preço, enquanto a demanda está negativamente correlacionada, ou seja, um aumento na oferta leva a uma redução dos preços, enquanto um aumento de demanda pressiona os preços para cima. Entre os principais fatores que afetam os preços, a partir de sua influência sobre a oferta e demanda, estão a quantidade de clientes, o grau de concentração de mercado, os custos envolvidos na cadeia produtiva e a inovação para aumento de eficiência na função de produção. A representação da relação entre essas variáveis é ilustrada na figura 1. (Paiva Abreu, Medeiros & Werneck, 2003; Horngren, Datar & Foster, 2004; Mankiw, 2008; Varian, 2010).

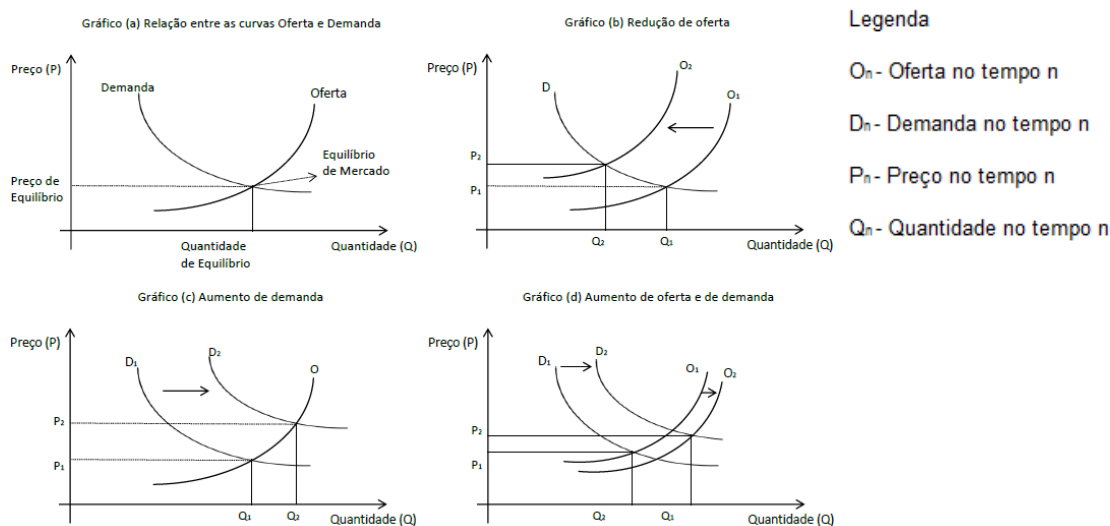


Figura 1. Relação entre as curvas de oferta e demanda

Fonte: Adaptado de Mankiw (2008, p. 106); Varian (2010, p. 47)

No gráfico (a), da figura 1, é possível verificar que a quantidade demandada aumenta quando o preço é reduzido. Por sua vez, a quantidade ofertada aumenta caso os preços se elevem. O nível de sensibilidade relativo às mudanças de preço depende da elasticidade das funções. A intersecção entre as curvas representa o ponto de equilíbrio de mercado onde, teoricamente, toda a oferta disponível será consumida, àquele nível de preço. Preços acima ou abaixo deste ponto geram um excedente de oferta ou de demanda, respectivamente.

O gráfico (b), presente na figura 1, ilustra os efeitos sobre o índice de preços quando ocorre uma redução da quantidade ofertada, passando do ponto Q1 para o ponto Q2. A curva O sofre um translado para a esquerda, o que gera um novo ponto de equilíbrio, a um preço superior P2, representado pela coordenada (Q2; P2). Caso a oferta sofra um aumento, a curva será deslocada para a direita e o novo preço de equilíbrio será inferior ao original. Analogamente, o gráfico (c), da figura 1, representa os efeitos sobre o índice de preços quando a quantidade demandada é expandida, passando do ponto Q1 para o ponto Q2, a curva D sofre um translado para a direita, o que gera um novo ponto de equilíbrio, a um preço P2, representado pela coordenada (Q2; P2). Caso a demanda sofra uma redução, a curva será deslocada para a esquerda e o novo preço de equilíbrio será inferior ao original. Pelo gráfico (d), da figura 1, é possível verificar que a demanda se desloca mais que a oferta para a direita. O resultado desse movimento combinado é um aumento no preço de equilíbrio. Caso a oferta se desloque mais para a direita que a demanda, o resultado será uma queda de preço, mesmo com uma expansão da demanda. O mesmo raciocínio se aplica para deslocamentos à esquerda. Neste sentido, caso a oferta se desloque para a esquerda mais rapidamente do que a demanda se desloca para a esquerda, o preço sobe mesmo com redução da demanda. Já para o caso em que a demanda se desloca mais rapidamente, o preço cai mesmo com a redução da oferta.

Assim como outros bens e serviços ofertados, o preço das *commodities* agropecuárias é influenciado por fatores internos e externos às unidades produtoras. Entre os fatores internos pode-se citar o grau de inovação tecnológica e a curva de aprendizado do setor agropecuário, técnicas de controle de pragas e colheita, e a qualidade dos insumos. Por sua vez, os fatores externos são os custos de base¹, de logística, políticas de crédito, níveis inflacionários, problemas climáticos, sazonalidades, mudanças de hábito da população, entre outros. É importante destacar que, diferentemente de muitos dos outros produtos, as *commodities* agrícolas apresentam historicamente um elevado grau de volatilidade, o que representa uma maior dificuldade na previsão dos preços e consequentemente um aumento dos riscos associados à atividade econômica. A figura 2 indica a variação histórica de preços de café, milho e soja, respectivamente (Lapp & Smith 1992; Marques, Mello & Martines, 2006).

¹ Os chamados custos de base serão abordados com maiores detalhes na secção 1.5. Estratégias de *Hedging* com futuros e opções



Gráfico (a) Série histórica do preço do café 2009-2018



Gráfico (b) Série histórica do preço do milho 2009-2018



Gráfico (c) Série histórica do preço da soja 2009-2018

Figura 2. Séries históricas de preços do café, milho e soja

Fonte: Macrotrends (2019)

A partir da análise dos três gráficos, que compõem a figura 2, é possível verificar a existência de uma elevada oscilação nos níveis de preços das *commodities*. Essa variabilidade é um dos riscos ao qual os membros da cadeia produtiva do agronegócio estão expostos e que são relacionados a uma infinidade de fatores, muitas vezes além do poder de influência de um agente isolado de mercado, o que faz aumentar a imprevisibilidade sobre as possibilidades futuras. Tais características são muito próximas do conceito de mercado de concorrência perfeita, o qual enuncia que nenhum agente de mercado, de forma isolada, é capaz de alterar significativamente as curvas de oferta e/ou demanda, pois existe um número muito de vendedores e compradores de produtos similares. As *commodities* podem ser enquadradas nesta definição. Por estas razões é interessante realizar o gerenciamento destes tipos de riscos a partir da utilização de ferramentas adequadas, tal como o *hedging* proveniente de instrumentos

financeiros de contratos futuros e de opção (Marques, de Mello & Martines, 2006; CME Group, 2014; Varian, 2010).

Os diferentes conceitos e visões sobre a temática do preço das *commodities* criam um rol de técnicas e ferramentas para os produtores rurais e para as empresas compradoras desses produtos, a fim de reduzir suas exposições ao risco. Essas ferramentas servem como importantes subsídios para as tomadas de decisões estratégicas, em especial para países tomadores de preços e que possuem suas economias baseadas em exportações de produtos provenientes do agronegócio, como é o caso do Brasil.

Entre as principais contribuições sobre os estudos das variáveis de influência sobre os índices de preço no setor graneleiro destacam-se os estudos de Deaton e Laroque (1992). Os resultados obtidos indicam que a prática de manutenção de estoques de *commodities* é um fator importante para a formação e previsão de preços dessas mercadorias. Durante a pesquisa foi percebido a existência de uma relação não linear entre o comportamento nos preços das *commodities* analisadas e o *Competitive Storage Model*. (Deaton & Laroque, 1992)

Outro estudo relevante foi o de Lapp e Smith (1992). Os autores abordaram a influência de índices inflacionários e a variabilidade no comportamento dos preços de quarenta e sete *commodities* agropecuárias nos Estados Unidos pelo período de 1962 a 1987. As análises dos resultados obtidos indicaram uma forte relação entre inflação e a variação nos preços, bem como a influência de políticas macroeconômicas.

A *Chicago Board of Trade* (CBOT), uma das maiores bolsas de *commodities* do mundo e local onde é formado e sinalizado o preço mundial da soja, afirma que o cálculo do preço desse produto é uma variável latente, cujo valor é determinado pelos fundamentos da oferta e demanda de mercado (CME Group, 2014). Estudos sobre a influência de indicadores macroeconômicos sobre o mercado acionário e de futuros têm demonstrado que o Produto Interno Bruto (PIB) esperado dos países parece exercer influência direta sobre o preço dos contratos (Achسانی & Strohe, 2002; Fung & Lie, 1990; Gan, Lee, Yong & Zhang, 2006).

1.2. O mercado de contratos futuros

A formação do mercado de contratos futuros deu-se a partir da necessidade de uma ferramenta para a redução das incertezas e dos riscos em negociações dos produtos ofertados e adquiridos por fazendeiros e mercadores, respectivamente. Entre os riscos associados à negociação destes produtos podem ser citados: a volatilidade dos preços, a qualidade, a quantidade a ser entregue, a data e o local de entrega, a realização efetiva da entrega ou do pagamento (Carlton, 1984; Hull, 1995).

A solução encontrada inicialmente foi realizar as negociações a partir da utilização de contratos específicos entre as partes, chamados de Mercado a termo (*forward*), no qual o vendedor se

compromete a entregar uma quantidade definida de um produto, com local certo, qualidade e preço pré-definidos. Neste tipo de contrato as cláusulas não são padronizadas, o que acarreta em quatro consequências importantes, sendo elas:

- (i) maior flexibilidade sobre as condições acordada entre o vendedor e o comprador;
- (ii) maiores custos operacionais, decorrentes de atividades que não são o objetivo da empresa, como a elaboração de cada contrato, acordo sobre o preço de cada contrato, funções de análise de crédito, procedimentos legais quando o não cumprimento do acordo por uma das partes;
- (iii) normalmente é realizada a entrega física do produto;
- (iv) necessidade de confiança entre as partes signatárias do acordo.

As três últimas são os pontos principais que trazem uma menor liquidez para essa forma de negociação, devido à maior dificuldade em vender o contrato para uma terceira parte interessada. No Brasil a evolução do mercado a termo levou ao desenvolvimento de diferentes instrumentos privados de financiamento agropecuário. O anexo 1 traz as principais ferramentas brasileiras utilizadas por compradores e vendedores, comparando suas especificidades (Telser, 1981; Williams, 1982; Carlton, 1984; Marques et al., 2006).

As limitações impostas pelo mercado a termo, aliada aos interesses de outros membros da cadeia produtora de *commodities* em aumentar a previsibilidade das ofertas e demandas, levaram ao surgimento de um novo tipo de mercado de contratos futuros, os mercados organizados. Neste mercado os contratos de venda (*put*) e compra (*call*) são padronizados, o pagamento e o recebimento são garantidos por uma câmara de liquidação e compensação (*clearing house*), e a liquidação no vencimento do contrato pode ser financeira ou a entrega física do produto. A padronização dos contratos permite aos indivíduos que não possuem conhecimento técnico sobre os bens vendidos a participar desse mercado, uma vez que a qualidade e a quantidade dos produtos negociados, e a data e a forma de liquidação do contrato são pré-estabelecidas. Por sua vez, a figura da câmara de liquidação e compensação supre a necessidade de se conhecer com quem está sendo realizado o acordo, uma vez que se torna o garantidor do cumprimento das obrigações contratuais, sendo utilizado para isso a cobrança de Margens de Garantia e ajustes diários (Telser & Higinbotham, 1977; Telser, 1981; Williams, 1982; Carlton, 1984; Marques et al., 2006; Banco do Brasil, 2019).

A Margem de Garantia é um valor de depósito na forma de caução, exigido pelas bolsas e aceite em forma de moeda, Certificado de Depósito Bancário (CDB), Tesouro Direto ou ações, a fim de garantir a liquidação do contrato no caso de uma das partes não cumprir com suas obrigações. O valor necessário para a cobertura dos riscos é calculado diariamente e está associado à volatilidade do mercado, sendo possível que os compradores ou vendedores sejam requisitados a depositar mais fundos, o que é denominado pelo mercado como “Reforço de Margem”. Após a dedução de todos os custos não cobertos decorrentes do contrato, o valor restante da margem é devolvido ao depositante.

Complementar a essa prática, os ajustes diários são valores pagos ou recebidos pelas partes de acordo com a posição tomada e o valor do contrato ao final do dia. Portanto, se um contrato fixou o valor em R\$ 10.00/saca e o preço de mercado subiu para R\$ 12.00/saca, o *hedger* de compra recebeu R\$ 2.00/saca e o de venda depositou R\$ 2.00/saca na forma de ajuste diário, mantendo constante o valor acordado. Caso um participante do mercado futuro deixe de cumprir suas obrigações de ajuste diário, o valor necessário será integralizado da margem de garantia. Caso o valor de ajuste não possa ser quitado, o agente será considerado inadimplente pela Brasil, Bolsa, Balcão (B3), sendo incluído em uma lista divulgada aos corretores, ficando impedido de negociar até o pagamento das dívidas (Marques et al., 2006, CME Group, 2019.a, ADVFN, 2019).

As duas características referidas são fundamentais para o ingresso de novos agentes no setor, os quais assumem as posições de comprador, vendedor, *hedger* ou especulador, o que garante a liquidez do sistema². Em uma analogia simplificada, Telser (1981) afirma que contratos a termo estão para cheque, assim como contratos futuros estão para dinheiro, referindo-se aos níveis de confiança e de liquidez das negociações (Telser & Higinbotham, 1977; Telser, 1981; Williams, 1982; Carlton, 1984; Marques et al., 2006; Banco do Brasil, 2019).

Para a fechar uma posição de um contrato futuro, o participante deve tomar uma posição contrária à inicial, ou seja, alguém que comprou um contrato futuro e deseja fechar a posição deve vender um contrato com as mesmas especificações ou equivalente. Por sua vez, um agente que vendeu um contrato futuro e deseja fechar a posição deve comprar um contrato com as mesmas especificações ou equivalente. A padronização dos contratos facilita essa negociação, tendo normalmente o preço negociado como diferença. Essa diferença de preços entre contratos é a oportunidade de arbitragem que os especuladores do mercado buscam explorar, o que gera liquidez para o sistema. É importante salientar que as negociações em mercados futuros é um jogo de soma zero, logo para cada 1 unidade monetária de crédito existe 1 unidade monetária de débito (Telser, 1981; Hull, 1995; Ferreira, 2009).

No Brasil o mercado de contratos futuros e opções é regido pela bolsa de valores oficial, a Brasil, Bolsa, Balcão (B3), a qual tem entre suas atribuições a oferta de “[...] serviços de negociação (bolsa), pós-negociação (clearing), registro de operações de balcão [...]” (B3, 2019a). As *commodities* negociadas são açúcar cristal, boi gordo, café arábica 4/5, café arábica 6/7, etanol anidro, etanol hidratado, milho, ouro, petróleo e soja. A tabela 1 traz as características técnicas do contrato futuro de soja negociado na bolsa brasileira. O anexo 1.2.1 traz uma cópia do contrato completo (B3, 2019b).

² Segundo Marques et al. (2006) para um mercado ser considerado líquido deve-se ter 4.000 contratos em aberto e negociar 1.000 contratos por dia.

Tabela 1

Contrato futuro de soja com liquidação financeira

Contrato futuro de soja com liquidação financeira	
Objeto de negociação	Soja em grão a granel tipo exportação, com os seguintes limites máximos: 14% de umidade; 1% de matérias estranhas e impurezas; 30% de quebrados; 8% de esverdeados; 8% de avariados, dos quais se permite até 6% de grãos mofados, até 4% de grãos ardidos e queimados, sendo que esse último não pode ultrapassar 1%; e 18,5% de conteúdo de óleo.
Código de negociação	SFI
Tamanho do contrato	450 sacas de 60kg líquidos (equivalentes a 27 toneladas métricas).
Cotação	Dólares dos Estados Unidos por saca, com duas casas decimais.
Variação mínima de apregoação	US\$0,01.
Lote padrão	1 contrato.
Último dia de negociação	2º dia útil anterior ao mês de vencimento.
Data de vencimento	2º dia útil anterior ao mês de vencimento.
Meses de vencimento	Março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e novembro.
Liquidação no vencimento	Financeira.

Fonte: Brasil, Bolsa, Balcão - B3 (2019)

1.3. O mercado de soja no Paraná

O estado do Paraná, localizado na região sul do Brasil, é o maior produtor de soja da região Sul e o segundo maior produtor do país, ficando atrás somente da região do Mato Grosso. Durante a safra de 2017/2018 a região foi responsável por 16,29% do total da produção nacional da *commodity*, com o valor total de 116.996 milhões de toneladas (EMBRAPA, 05/2018). O estado é historicamente conhecido por ser uma região de produção agrícola, com clima subtropical e solos naturalmente férteis. Essas características, aliadas aos incentivos governamentais, à facilidade de escoamento das produções a partir dos portos de Paranaguá e de Santos, e à crescente demanda por produtos provenientes da soja

foram fatores que contribuíram para a consolidação desse mercado (Agricultura.gov, 2019; George Flakerud, 2003).

O complexo da soja teve seu início no Brasil na década de 1960, sendo adotado pelo estado do Paraná 10 anos depois, em 1970. A evolução a partir do bom gerenciamento de terras, o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias e a busca pela otimização da eficiência produtiva fez com que, quase 50 anos após o início das atividades, a colheita no estado fosse 51 vezes maior, passando de 0.37 milhão de toneladas em 1970, para 19.07 milhões em 2018 (Flakerud, 2003; Demarchi, 2011; Embrapa, 2018).

A produção no estado é oriunda em sua maioria de pequenos produtores rurais, que buscam créditos agrícolas em parte através de programas governamentais, mas principalmente a partir de ferramentas financeiras, como a Letra de Crédito Agrícola (LCA), de cooperativas, de fornecedores de insumos e equipamentos, e de empresas consumidoras de soja e seus produtos derivados, com a utilização de contratos a termo (OTC) (Flakerud, 2003; Marques et al., 2006; Bulhões, 2007).

As plantações de soja encontradas na região podem ser classificadas em dois tipos de plantio, o tradicional e o orgânico. No plantio tradicional são utilizadas as sementes de soja, que podem ser geneticamente modificadas (GMO) ou não geneticamente modificadas (N-GMO), fertilizantes sintéticos e defensivos agrícolas (pesticidas) para melhorar a produtividade e realizar o controle de pragas. Por sua vez as fazendas orgânicas são aquelas em que não são utilizados produtos químicos na manutenção das plantações de soja, sendo então necessário a contratação de mais mão de obra para a manutenção do controle de pragas. Existem inúmeras discussões sobre as vantagens e consequências decorrentes do uso de cada alternativa, como impactos ambientais, escalabilidade de produção e eficiência na utilização das áreas plantadas, o que incorre na impossibilidade de uma conclusão definitiva sobre o melhor sistema de plantio (Kamali, Meuwissen, Boer, Middelaar, Moreira & Lansink, 2017).

Do ponto de vista financeiro, o sistema de plantio orgânico apresenta, em média, uma maior rentabilidade quando comparado ao sistema de plantio tradicional. Isso ocorre devido ao fato do produto utilizar a estratégia de diferenciação para a criação de valor junto do cliente, o que descaracteriza seu enquadramento no conceito de concorrência perfeita. Portanto, o agricultor que opta por esta modalidade está mais exposto ao risco, uma vez que possui uma maior variabilidade nos preços. Uma das opções para o gerenciamento e a mitigação desses riscos é o uso de ferramentas de *hedge* (Kamali et al, 2017).

Para a economia do estado, a indústria da soja tornou-se um importante membro dentro da cadeia produtiva do agronegócio. Entre os membros da cadeia afetados diretamente estão os produtores de frango, indústria de rações animais, indústrias extratoras de óleo de soja, empresas de moagem, cooperativas agrícolas, empresas de transporte, fornecedores de matéria prima e de equipamentos. Por sua vez os impactos indiretos podem ser percebidos a partir dos reflexos sociais, melhoria na qualidade

de vida da população, aumento da busca por melhores níveis educacionais, como cursos superiores e especializações, principalmente em áreas relacionadas aos setores agroindustriais (Madureira & Rippel, 2014).

Na figura 3 é possível observar a série histórica da produção de grãos de soja e na figura 4 o valor dos grãos da soja no estado do Paraná.

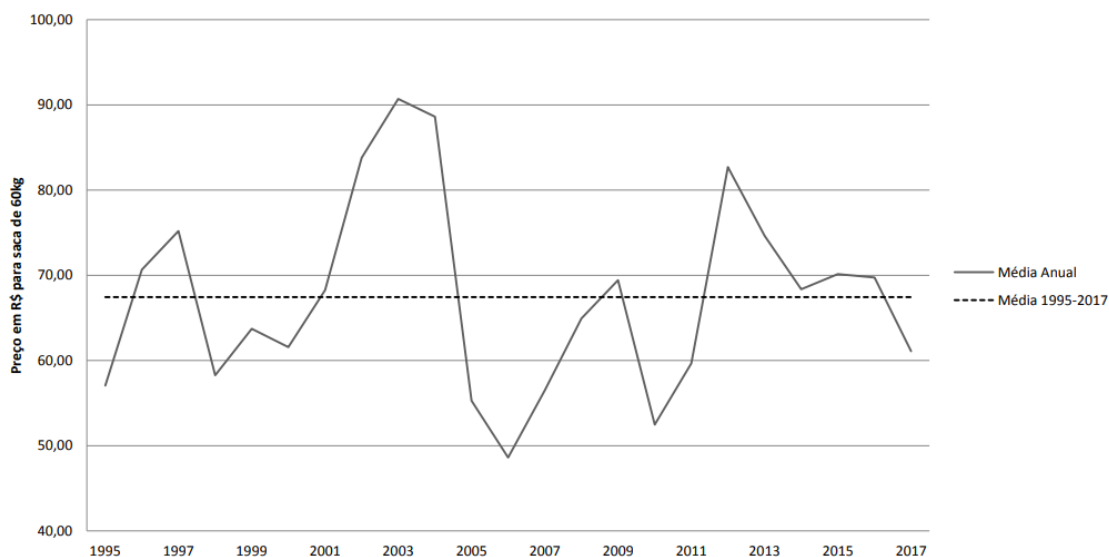


Figura 3. Série histórica da produção de grãos de soja paranaense, para o período de 1995 até 2017

Fonte: elaborado pelo autor, baseado em dados da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2019a) e do Banco Central do Brasil (2019)

A partir da figura 3 é possível verificar o crescimento no volume de produção no estado do Paraná, cujo valor foi triplicado no período de vinte anos, o que evidencia o crescimento do setor.

O gráfico ilustrado na figura 4 nos permite visualizar com facilidade a existência de picos e vales, com diferentes amplitudes. Destaque para os anos de 2005 e 2012, cujos valores absolutos chegaram a R\$ 33,33 e R\$ 23,02. Devido a essa variação de preços, associada com o crescimento do setor produtivo de soja, pode ser interessante o uso de instrumentos para gerenciamento de exposição ao risco, tanto por parte dos produtores como dos compradores.

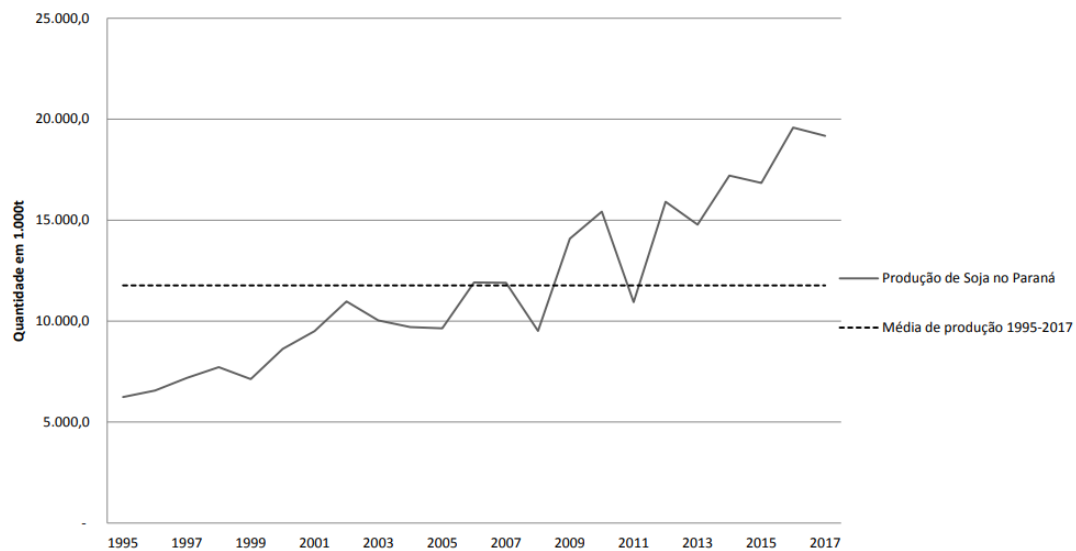


Figura 4. Série histórica de preço de grãos de soja paranaense, sem efeito inflacionário, para o período de 1995 até 2017

Fonte: elaborado pelo autor, baseado em dados do SEAB (2019) e do Banco Central do Brasil (2019)

No Paraná, assim como em grande parte do território brasileiro, o transporte das produções de grãos é realizado em sua maioria através das rodovias, em caminhões tipo graneleiro. O modal utilizado tem impacto direto sobre o valor de base para o preço da soja, sendo responsável por aproximadamente 7% do preço pago pelos mercados internacionais. Em comparação com a maior região produtiva do país, esse valor pode considerado baixo, uma vez que no estado do Mato Grosso essa mesma modalidade de transporte pode chegar a 25% do preço (Silva-Neto, Rocha, Pera & Caixeta-Filho, 2014).

A variação cambial é outra importante variável que deve ser levada em consideração para as estratégias tomadas pelos produtores da região e pelos clientes dessa praça, a fim de mitigar os riscos e maximizar os lucros, uma vez que essa variação afeta tanto os preços de venda da soja como o custo dos insumos de produção (Marques et al., 2006).

No estado existem quatro bolsas cadastradas pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2019b). Elas são instituições sem fins lucrativos, que objetivam fomentar sistemas e ferramentas que dinamizem e melhorem a comercialização de bens, serviços e direitos. São elas (BBM, 2019; BCMM, 2019; BCML, 2019; Noticiasagricolas, 2019):

- Associação Nacional das Bolsas de Mercadorias e Cereais - ANBM;
- Bolsa Brasileira de Mercadorias – BBM/PR;
- Bolsa de Cereais e Mercadorias de Maringá - BCMM;
- Bolsa de Cereais e Mercadorias de Londrina - BCML.

O estado conta com cooperativas agrícolas, as quais são importantes membros da cadeia produtiva do agronegócio, uma vez que essas empresas permitem a redução de custos a partir do princípio da economia de escala para transporte, armazenamento e aquisição de insumos, socializam os riscos do negócio, limitando as perdas e auxiliam os produtores quanto às negociações (Cooperativa Agropecuária do Médio Oeste do Paraná, 2019; Cocamar, 2019).

1.4. Técnicas de precificação de derivativos de soja

A análise de preços para o mercado de futuros possui duas análises principais, a análise técnica ou grafista e a análise fundamentalista. Os profissionais desse mercado baseiam-se nessas duas ferramentas, normalmente utilizando uma delas como base para a tomada de decisão e a outra como fonte de dados complementar para a confirmação ou reanálise da decisão (Marques et al., 2006).

Os usuários da análise fundamentalista preocupam-se com os fatores que podem influenciar o preço de uma ação ou *commodity*, tal como a saúde financeira da empresa, série histórica de oferta e demanda, tendências de mercado, fatores climáticos e níveis de estoque. Essas informações formam a base para a decisão do que deve ser comprado ou vendido e a qual preço (Marques et al., 2006; Harrington, 2003).

Por sua vez, a análise técnica propõe a previsão de tendências de preços futuros a partir do movimento do mercado, com o auxílio principalmente de recursos gráficos. Essas informações formam a base para a decisão de quando deve ser comprada, vendida ou mantida uma posição no mercado, sendo mais indicada do que a análise fundamentalista quando o período analisado é relativamente curto (Marques et al., 2006; Harrington, 2003; Lemos, 2017).

Outras ferramentas são utilizadas para tentar prever os preços de contratos futuros e de opções, como a Teoria das Opções de Black-Scholes-Merton (BSM), séries econométricas, uso de matemática financeira, *Random Walk Theory* (Teoria do Passeio Aleatório), Teoria de Estocagem, *Put-Call Parity*, entre outros (Ferreira, 2009; Hull, 1995; Deaton & Laroque, 1992; Black, 1975; Marques et al., 2006).

Mackenzie (2006) apresenta a possibilidade de que as técnicas de precificação não refletem o mercado, mas sim que o mercado reflete o uso comum das técnicas de precificação, num movimento denominado pelo autor de “Performativa Barnesiana”. Por este motivo é necessário entender não apenas as ferramentas utilizadas para a previsão de preços, mas também o comportamento dos agentes de mercado frente aos métodos utilizados.

1.4.1. Técnicas de previsão de preços de contratos futuros de soja

A busca por técnicas de previsão de preços de contratos futuros tem sido estudo de diferentes áreas de negócios, seja com o objetivo de reduzir incertezas e gerenciar riscos ou pela possibilidade de ganhos a partir da ineficiência dos mercados e da possibilidade de arbitragem. Sua importância é relevante

principalmente em mercados com elevado grau de aleatoriedades e, conseqüentemente, de incertezas, como é o caso do agronegócio e da comercialização de *commodities* (Williams, 1982; Bressan, 2003; Poitras, 2009).

Hull (1995, p. 72) demonstra a equação (1) para *commodities* de não investimento³, com possibilidade de ganhos por conveniência, os quais são decorrentes das expectativas dos agentes de mercado sobre as disponibilidades dessas *commodities*, da como sendo:

$$F = S * e^{(r+u-y)*T} \quad (1)$$

em que:

F: Preço futuro

S: Preço Spot

e: Número neperiano

r: Taxa livre de risco

u: Constante proporcional dos custos de estocagem trazidos para o tempo zero

y: Ganhos por conveniência

T: Tempo

A equação (1) é uma das possibilidades de ferramentas para a previsão de preços futuros de soja.

Outra possibilidade de previsão dos preços é a utilizada pelos usuários da análise fundamentalista. Esses profissionais buscam por informações de fundamentos do mercado da soja, como os níveis de oferta e demanda mundial, níveis de estoque, risco país dos maiores produtores e consumidores do produto, relatórios oficiais sobre o mercado da soja e de mercados relacionados, fatores climáticos em países produtores, série histórica de preços, entre outras informações que o analista julgar relevante (Marques et al., 2006).

Por sua vez os profissionais que utilizam a análise técnica para a previsão dos preços futuros da soja recorrem às ferramentas quantitativas, com a análise de séries temporais. Dentre os modelos mais conhecidos estão: Autorregressivo Integrado Média Móvel (ARIMA), Modelos Estruturais, Modelos Bayesianos e Modelos de Redes Neurais. A tabela 2 apresenta um resumo sobre os modelos quantitativos citados (Bressam, 2003; Marques et al., 2006).

³ Hull (1995) define *commodities* de investimento como metais, pedras preciosas e afins.

Tabela 2

Resumo sobre os modelos quantitativos

Modelo	Principais Características
Autorregressivo - Integrado - Média Móvel (ARIMA)	Parte da premissa de que é possível realizar a modelagem para previsão de uma série temporal não estacionária. Para isso são realizadas d diferenciações do processo não estacionário, a inclusão de uma componente autorregressiva e a inclusão de uma componente média móvel
Linear Dinâmico Estrutural	Esse modelo permite que novas informações sejam incorporadas aos parâmetros calculados, ajustando a série temporal ao novo cenário. Os parâmetros são a tendência, o ciclo, a sazonalidade e um componente de irregularidade, calculados a partir da função máximo verossimilhança (<i>likelihood function</i>)
Linear Dinâmico Bayesiano	Análogo ao modelo Linear Dinâmico Estrutural, com a diferença que os parâmetros são calculados a partir de métodos iterativos. A característica principal deste modelo é a de adaptação da série aos choques estocásticos (variações bruscas na média e na variância)
Redes Neurais Artificiais (RNA)	Modelos não paramétricos que envolvem algoritmos de aprendizado. Seu objetivo é simular as redes neurais humanas, com o objetivo de replicar os padrões de comportamento sobre uma série temporal

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Bressam (2003)

Em seu estudo, Bressam (2003), afirma que os resultados obtidos indicam um potencial de aplicação prática dos modelos quantitativos, com destaque para a capacidade de previsão do Modelo Linear Dinâmico Estrutural (ou Clássico).

É importante destacar que existem diversas outras ferramentas para análise de dados e séries temporais que não compõem os estudos de Bressam (2003) ou são evoluções dos métodos supracitados, tais como *Support Vector Regression*, *Random Forest*, *Bayesian Networks*, *Value at Risk*, *ARCH*, *GARCH*, entre outros (Baillie & Myers, 1991; Haigh & Holt, 2000; Alizadeh, Nomikos & Pouliasis, 2008). Esses métodos, contudo, não serão abordados no presente trabalho.

1.4.2. Técnicas de previsão de preços de opções de soja

Análogo aos motivos que impulsionam o desenvolvimento de ferramentas para aumento da acurácia para previsão de preço de contratos futuros, os profissionais do mercado de opções buscam por modelos e análises com maior poder preditivo do valor do prêmio de uma opção (CME Group, 2014).

O valor do prêmio das opções é formado a partir de duas componentes principais, chamadas de valor intrínseco e valor do tempo. O valor intrínseco corresponde ao montante que pode ser adquirido a partir da execução da opção, ou seja, é a diferença entre o valor de exercício e o valor de mercado. Por sua vez, o valor do tempo (também chamado de valor de aposta) é calculado a partir da expectativa sobre os movimentos do mercado, com parâmetros como a volatilidade dos ativos de base e taxas de juros livre de risco, e o tempo até a expiração da opção. Portanto, os principais fatores que afetam os preços das opções das *commodities* são: (i) Oferta e demanda dos contratos de opção; (ii) Preço à vista (*spot*) do ativo negociado; (iii) Preço de exercício da opção; (iv) Tempo até a expiração da opção; (v) Volatilidade no preço do ativo (CME Group, 2014; Hull, 1995; Marques et al., 2006; Ferreira, 2009).

A tabela 3 apresenta um resumo sobre o valor do prêmio das opções, valor intrínseco e valor de tempo. A partir do cálculo do valor intrínseco de uma opção é possível classificar sua posição. Hull (1995, p. 181) utiliza três classificações principais, sendo elas:

- *In-The-Money (ITM)*: Diz-se que uma opção está “Dentro do dinheiro” quando o exercício dessa opção gerará um fluxo de caixa positivo para o seu detentor, ou seja, $X > S$;
- *At-The-Money (ATM)*: Diz-se que uma opção está “No dinheiro” quando o exercício dessa opção gerará um fluxo de caixa neutro para o seu detentor, ou seja, $X = S$;
- *Out-Of-The-Money (OTM)*: Diz-se que uma opção está “Fora do dinheiro” quando o exercício dessa opção gerará um fluxo de caixa negativo para o seu detentor, ou seja, $X < S$.

Usualmente as opções *OTM* são mais baratas do que as opções *ITM* e *ATM*, uma vez que seu valor intrínseco é zero, restando apenas o valor do tempo. Consequentemente, uma opção *OTM* de uma *commodity* de elevado grau de volatilidade pode gerar lucros maiores aos especuladores (Ferreira, 2009).

Portando, uma vez que o valor intrínseco corresponde à diferença entre o preço de exercício e o preço de mercado em um determinado tempo t , e é conhecido, resta então calcular o valor do tempo da opção. Para isso foram desenvolvidos métodos e modelos a partir de diferentes áreas de conhecimento, tal qual a matemática, a física, economia, finanças, psicologia, entre outros (Ferreira, 2009).

Dentre as principais técnicas destacam-se os modelos Black-Scholes-Merton, árvore binomial de Cox, Ross e Rubinstein, Hull-White, Wiggins, Stein-Stein, Heston, Eisenberg-Jarrow, fatores múltiplos de Bates, *closed-form* de Heston-Nandi (Ferreira, 2006; Ferreira, 2009). Para além dos modelos citados, os analistas do mercado de opções possuem a possibilidade de utilizar recursos computacionais, como a Simulação de Monte Carlo, Redes Neurais, sistema híbrido de Redes Neurais e de simulação de Monte Carlo, Modelos Lineares Dinâmicos e análise de séries históricas (Black, 1975; Hull, 1995; Jabbour & Liu, 2005; Buliali, Fatichah & Susanto, 2009).

Tabela 3

Valor do preço das opções e suas componentes

Variável	Definição	Forma de Cálculo	Exemplo
Valor Intrínseco	Valor resultante da diferença entre o preço de exercício de uma opção (X) e o seu preço de mercado (S).	$\max(S-X; 0)$ para Call $\max(X-S; 0)$ para Put	Um contrato de opção para compra de uma saca de soja por R\$ 10,00, com a possibilidade de exercício apenas na data de vencimento, está sendo negociado por R\$ 10,50 na bolsa. O preço de mercado de uma saca de soja nesse momento é de R\$ 12,00. Portanto, o valor intrínseco desse contrato de opção é de R\$ 1,50 (R\$ 12,00 - R\$ 10,50).
Valor no tempo	Valor resultante da expectativa dos agentes de mercado sobre o valor futuro do ativo. O valor no tempo decai até o valor 0 (zero) na data de vencimento da opção e seu valor é máximo, para cada tempo t , quando a opção está <i>At-The-Money (ATM)</i> .	Ferramentas estatísticas para o cálculo da probabilidade de um cenário favorável, levando em consideração o desvio padrão, variação de preços, taxa de juros e tempo até a expiração da opção. Uma dessas ferramentas é o Método de Monte Carlo (MMC)	Um contrato de opção para compra de uma saca de soja por R\$ 10,00, com a possibilidade de exercício apenas na data de vencimento, está sendo negociado por R\$ 10,50 na bolsa. O preço de mercado de uma saca de soja nesse momento é de R\$ 9,00. Como o valor de mercado é menor do que o valor de exercício da opção, o valor intrínseco é zero. Portanto o valor no tempo desse contrato de opção é de R\$ 0,50 (R\$ 12,00 - R\$ 10,50).
Preço da Opção	Também chamado de prêmio da opção, é o valor que o comprador de um contrato de opção paga ao emissor deste contrato para obter o direito, mas não a obrigação, de comprar o ativo por um determinado preço. Seu valor é a soma de duas componentes, o valor intrínseco e o valor no tempo.	$\text{Preço da Opção} = \text{Valor intrínseco} + \text{Valor no Tempo}$	Um contrato de opção para compra de uma saca de soja por R\$ 10,00, com a possibilidade de exercício apenas na data de vencimento, está sendo negociado por R\$ 10,50 na bolsa. O preço de mercado de uma saca de soja nesse momento é de R\$ 10,20. O valor intrínseco é de R\$ 0,30, enquanto o valor no tempo desse contrato de opção é de R\$ 0,20.

Fonte: elaborado pelo autor, baseado em CME Group (2014); Hull (1995) ; Ferreira (2009)

Tendo em vista que o objetivo deste trabalho é a verificação da efetividade de *hedge* como ferramenta de gestão de risco, não serão discutidas as eficiências dos modelos sobre a previsão dos preços futuros de opções.

1.5. Gerenciamento de Risco e Estratégias de *Hedging* com futuros e opções

A gestão de risco e o grau de exposição que as empresas, pessoas e governos estão dispostos a assumir é tema de estudo em diferentes áreas de pesquisa, com o objetivo de aprimorar a previsibilidade de eventos futuros e das tomadas de decisão. As formas de análise do risco dependem do período que será analisado. De forma geralista, pode-se dizer que para previsões de curto prazo, o futuro será um

reflexo dos acontecimentos passados; para previsões de médio prazo a previsão é baseada na experiência, probabilidade de ocorrência e simulação de cenários; para previsão de longo prazo são analisados os fundamentos do objeto de estudo (Moreira, 2009; Almeida, 2011).

Após a análise dos riscos, o gestor deve tomar um posicionamento. *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission – COSO – (2004)*, segmenta a resposta em relação ao risco em cinco categorias, conforme a tabela 4.

Tabela 4

Resposta ao risco

Resposta ao risco	Definição
Evitar	Descontinuação das atividades que geram os riscos. Evitar riscos pode implicar a descontinuação de uma linha de produtos, o declínio da expansão em um novo mercado geográfico ou a venda de uma divisão.
Reduzir	São adotadas medidas para reduzir a probabilidade ou o impacto dos riscos, ou, até mesmo, ambos. Tipicamente, esse procedimento abrange qualquer uma das centenas de decisões do negócio no dia-a-dia.
Compartilhar	Redução da probabilidade ou do impacto dos riscos pela transferência ou pelo compartilhamento de uma porção do risco. As técnicas comuns compreendem a aquisição de produtos de seguro, a realização de transações de heading ou a terceirização de uma atividade.
Aceitar	Nenhuma medida é adotada para afetar a probabilidade ou o grau de impacto dos riscos.

Fonte: COSO (2004)

No agronegócio os riscos podem ser classificados em 4 grupos, sendo eles (CME Group, 2014; Marques et al., 2006; Moreira, 2009):

- Risco financeiro – trata-se do risco de flutuações cambiais, de taxas de juros (nacional e internacional) e de liquidez para honrar com os compromissos de curto prazo. O gerenciamento dessa classe de risco pode ser realizado a partir de uma estrutura ideal de ativos e passivos, e da utilização de contratos futuros, de opções e *swaps*;
- Risco institucional – é decorrente das incertezas relativas às políticas impostas pelos governos que refletem na operação de produção e distribuição. A política de créditos agrícolas, regulamentos sanitários e políticas de importação e exportação são exemplos desse tipo de risco. De maneira

geral, os integrantes da cadeia produtiva do agronegócio não possuem meios diretos para o seu gerenciamento;

- Risco de produção – está relacionado com a incerteza decorrente das variáveis que afetam o nível de produtividade, sendo normalmente imprevisíveis. As principais variáveis deste tipo de risco variações climáticas, pragas, doenças e desastres naturais. Entre as formas de gerenciamento destacam-se a utilização de sementes geneticamente modificadas (GMO) para resistirem às doenças, pragas e variações climáticas e a utilização de tecnologias para previsão de desastres naturais;
- Risco de mercado – está associado à variabilidade nos preços dos produtos e serviços da cadeia produtiva do agronegócio, como o valor de venda da soja, o custo de compra dos defensivos agrícolas ou o custo do transporte dos grãos. Em seu estudo sobre a produção e processamento de soja no Brasil, Goldsmith (2008) afirma que *“Month-to-month variability in prices and the level of correlation among prices are primary sources of uncertainty for processors. Soybean oil prices are 60% more variable from month to month than soybean meal, and 20% more variable than soybeans”*⁴. Para reduzir a exposição ao risco, uma das ferramentas disponíveis é a utilização de *hedging*.

De entre as quatro classificações de risco, duas são passíveis de controle direto das partes interessadas através da utilização de contratos futuros e de opções em suas diferentes formas, a fim de realizar operações de *hedging*, são elas o risco de financeiro e o risco de mercado. O *hedge* por sua vez é definido como uma operação de cobertura de risco contra a oscilação de preços, taxas de juros, flutuações cambiais, etc., no qual o fluxo de caixa é pré-determinado. A sua eficácia é determinada pela compensação das variações entre os valores acordados e os de mercado à vista (Comissão de Valores Mobiliários, 2009).

Para o caso dos riscos não controláveis, nomeadamente os riscos institucional e de produção, podem ser mitigados a partir da utilização de fundos de aval, o qual fornece garantias complementares para a aquisição de crédito para pequenos produtores, e seguros rurais.

No agronegócio, quando é realizada uma operação de *hedge* utilizando contratos futuros ou de opções, ocorre uma transferência de risco do preço do mercado à vista pelo risco de base. Por essa razão é importante possuir dados a respeito da base histórica da região de interesse, a fim de melhorar a acurácia na previsão dos preços futuros da *commodity* e realizar um gerenciamento de risco mais eficaz (CME Group, 2014; Marques et al., 2006; Maia & Aguiar, 2010; Franco, Oliveira Neto & Machado, 2016).

No caso da soja, o preço do mercado à vista é definido por duas componentes, o preço futuro sinalizado pela CBOT e o preço físico na região produtora. O preço calculado para o mercado físico é “o preço

⁴ “A variabilidade mensal de preços e o nível de correlação entre os preços são fontes primárias de incerteza para os processadores. Os preços do óleo de soja são 60% mais variáveis mês a mês do que o farelo de soja e 20% mais variáveis que a soja”. Traduzido pelo autor

futuro ajustado por variáveis, como frete, manuseio, armazenamento e qualidade, bem como a oferta e demanda locais” (CME Group, 2014, p. 11). A diferença entre esses preços é chamada de valor de base, como exposto na equação 2 (Hull, 1995; Marques et al., 2006).

$$\text{Valor de base} = (\text{Preço à vista}) - \text{Preço Futuro} \quad (2)$$

A figura 5 ilustra como é formado o preço local da soja a partir do preço de referência da CBOT, bem como os cálculos intermédios e as conversões necessárias.

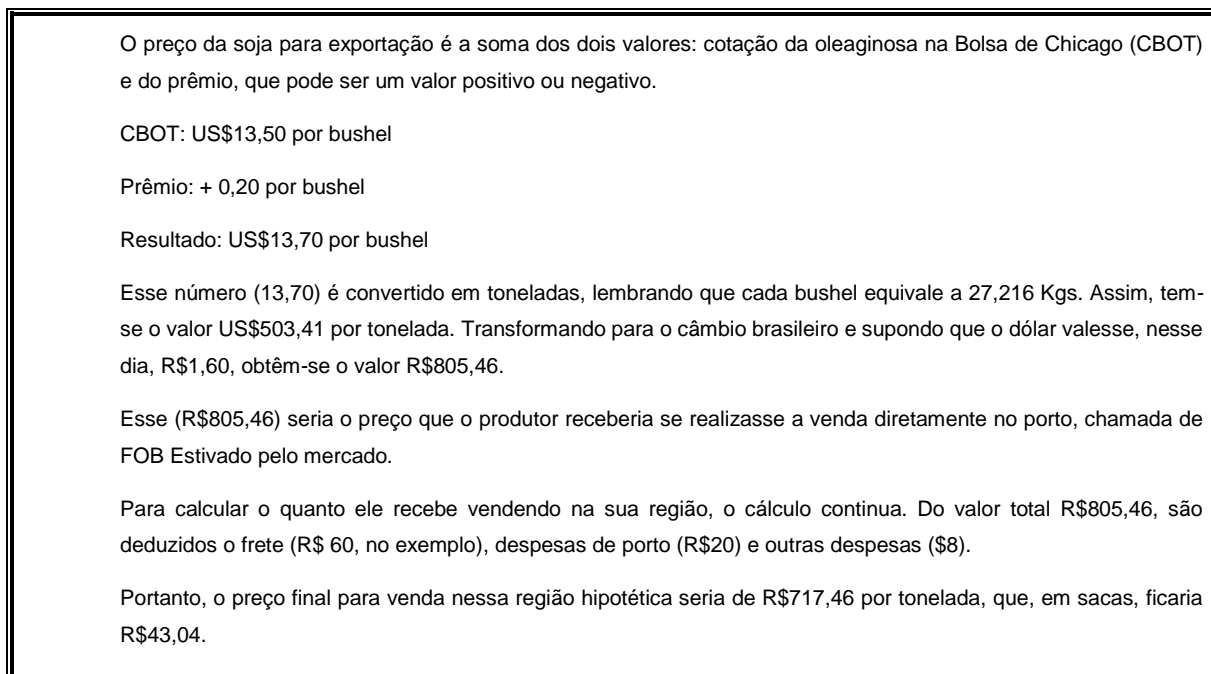


Figura 5. Exemplo de como é formado o preço local da soja a partir do preço do preço de referência da CBOT.

Fonte: Notícias Agrícolas (2019)

A partir dos conceitos expostos por Franco et al (2016) e pela deliberação 604 da Comissão de Valores Mobiliários – CVM – (2009), para que uma operação de gestão de risco a partir da utilização de *hedge* em *commodity* agrícola seja eficaz, é necessário uma melhor qualidade sobre a previsão dos preços futuros de base e a escolha da estratégia adequada.

Com o objetivo de minimizar a exposição dos agentes de mercado ao risco, o grau de efetividade de *hedge* está associado à estratégia adotada, que por sua vez depende de fatores como o tipo de mercadoria negociada, a bolsa em que são realizados os contratos, a metodologia de análise de preços e a região de produção, sendo esta última a responsável pelo risco de base (CME Group, 2014; Ferreira, 2006; Hull, 1995; Taušer & Čajka, 2016)

A mudança no valor da base pode ser caracterizada de duas formas distintas, o fortalecimento ou o enfraquecimento. No primeiro caso o preço local aumenta em relação ao preço futuro, favorecendo os vendedores. Analogamente, o segundo caso é quando o preço local diminui em relação ao preço futuro, favorecendo os compradores (Hull, 1995; CME Group, 2014; Marques et al., 2006; Maia e Aguiar, 2010).

Diversos estudos em diferentes tipos de *commodities* foram desenvolvidos com o objetivo de verificar as eficiências de *hedging* e das diferentes ferramentas de análises. No setor cafeeiro destaca-se o trabalho de Fileni, Marques e Machado (1999), no qual os investigadores constataram uma redução de risco, a partir da utilização de *hedging*, de 75% para a região do Triângulo Mineiro, 80% para a do Alto da Paranaíba e uma efetividade baixa na cobertura de risco para a região da Zona da Mata, todas localizadas no Brasil.

Para o mercado da soja os estudos de Maia e Aguiar (2010) evidenciou a importância de se conhecer a região produtora, uma vez que o índice do risco de base apresentou valores entre 0,20 e 1,51, de acordo com o local observado. O índice foi calculado a partir da razão entre o desvio-padrão e a média das variações mensais de base, e serve como indicador de efetividade na aplicação de *hedging*.

A partir dos dados sobre em qual *commodity* e região será realizado o *hedge*, é necessário escolher qual a ferramenta que será utilizada para o cálculo da Razão Ótima de Hedge (OHR). Esse indicador mostra qual a proporção teórica entre contratos à vista e contratos futuros (ou contratos de opção) que um *hedger* deve manter em sua carteira para se proteger da volatilidade dos preços (Fischer Black, 1975; Marques et al., 2006).

Baillie e Myers (1991) sugere a utilização do *Bivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic* (BGARCH) para o cálculo do OHR de seis *commodities* diferentes, com destaque para o cultivares da soja, que apresentou uma redução de 57% de variância para o caso estudado.

Haigh e Holt (2000) abordam o cálculo do OHR a partir do método *Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic* (MGARCH), comparando sua efetividade com o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (OLS) e das Regressões Aparentemente Não Relacionadas (SUR) para fretes de *commodities*. Os resultados encontrados indicam uma superioridade do método MGARCH sobre o OLS e o SUR, mesmo quando inclusos os custos operacionais para a correção do *hedge*.

Em uma análise sobre três *commodities* derivadas de petróleo, Alizadeh, Nomikos e Pouliasis (2008) avaliam a eficácia de *hedging* a partir da relação entre o OHR e o “estado do mercado”, com o auxílio do MGARCH e do modelo de Regime Transacional de Markov. Os resultados indicam uma melhoria significativa para a maioria dos casos, sendo então uma opção viável e vantajosa para o *hedger*.

Lien, Shrestha e Wu (2016), desenvolveram um estudo sobre o OHR a partir da segmentação e estimativa por quartil, como uma alternativa aos métodos mais utilizados, como o da Variância Mínima. Os resultados obtidos, após análise de vinte *commodities* distintas, sugerem que as técnicas tradicionais

de Razão Ótima de Hedge são mais efetivas para períodos longos. Para o caso de *commodities* agrícolas, como a soja, os resultados se mostram inconclusivos, sendo algumas vezes mais eficiente e outras menos eficiente do que o método da Variância Mínima.

Nos estudos sobre mercado agropecuário de boi gordo destaca-se o recente trabalho de Pinho, Júnior e de Camargos (2017) sobre a análise do OHR para mercados futuros e sua efetividade a partir de seis modelos. Os resultados decorrentes deste estudo indicam uma baixa razão ótima de hedge para séries diárias. Contudo, para as séries mensais o modelo multivariado heteroscedásticos de séries de tempo rodados com estrutura BEKK (Engle & Kroner, 1995) apresentou o melhor desempenho para a redução da variância e otimização do Índice Sharpe.

Após conhecer a *commodity*, a região de produção e escolher a metodologia de análise do OHR que melhor se adequa àquela realidade, o *hedger* deve escolher qual estratégia será utilizada. Entre as mais usuais estão (Hull, 1995; CME Group, 2019; Marques et al., 2006; Taušer & Čajka, 2014):

- Utilização de contratos a termo (*forward*);
- Manutenção de um portfólio contendo contratos futuros, contratos à vista e estoque;
- Reversão de posição no mercado futuro (compra e venda simultânea de contratos futuros similares);
- Reversão de posição no mercado de opções (compra e venda simultânea de contratos de opção similares);
- Compra de opções.

2. Metodologia

2.1. Objetivo do estudo e hipótese de investigação

O agronegócio mundial possui características que se assemelham às de um mercado de concorrência perfeita, na qual nenhum agente isolado é capaz de influenciar os níveis de preços. Como consequência, têm-se que todos os agentes desse mercado são tomadores de preço e, portanto, estão sujeitos aos riscos associados, tal como a volatilidade dos índices de preços ou a variação de taxas de juros (Fontes, Castro Júnior & Azevedo, 2005; Marques et al., 2006).

Por se tratar de um ambiente com elevado grau de incerteza e competitividade, sem a alternativa de diferenciação de produtos, por se tratar de *commodities*, o bom gerenciamento de risco pode gerar um diferencial competitivo para os agentes da cadeia em que está inserido.

Decorrente do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar se as ferramentas de mitigação de risco, notadamente os instrumentos financeiros contratos futuros, são eficientes para a utilização da estratégia de *hedging* para os agentes do complexo da soja no estado do Paraná, localizado na região sul do Brasil, devido à sua importância para o desenvolvimento econômico e social no país e na região.

As hipóteses de investigação estabelecida para avaliar a efetividade das ferramentas são baseadas na deliberação 604 da Comissão de Valores Mobiliários (2009), onde é definido que no Apêndice A do documento, item AG105, que os resultados reais do *hedge* devem estar no intervalo de 80 a 125%. Contudo, por ser uma medida de mitigação de risco e perdas, o intervalo de resposta deve estar compreendido entre 80 e 100% (Franco et al, 2016), ou seja, o nível de eficiência (e) deve estar compreendido entre 0.80 e 1.00.

Hipótese de Investigação 0 (H_0): A utilização de contratos futuros de soja com liquidação financeira não é eficaz ($e < 0.80$)

Hipótese de Investigação 1 (HI₁): A utilização de contratos futuros de soja com liquidação financeira é eficaz ($0.80 \leq e \leq 1.0$).

As hipóteses foram formuladas com base nos trabalhos de Fileni, Marques e Machado (1999), Fontes, Castro Júnior e Azevedo (2005), Silveira, Cruz Júnior e Saes (2012) e Franco, Oliveira Neto e Machado (2016), nos quais foram analisadas a efetividade das operações de *hedge*, a partir dos movimentos de base, para diferentes mercados de *commodities*.

2.2. Seleção e métodos de tratamento dos dados

Os dados referentes ao preço dos contratos futuros da soja foram fornecidos pela série histórica dos preços de fecho em cada mês, disponível para acesso público pela Brasil, Bolsa, Balcão (B3) e pela plataforma eletrônica Investing (2019). As informações referentes aos preços à vista médios nominais mensais, recebidos pelos produtores no Paraná, foram obtidas a partir da base de dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA-Esalq/USP (2019). O índice utilizado foi o Indicador da Soja CEPEA/ESALQ – Paraná. A metodologia escolhida para o presente trabalho foi o modelo autorregressivo AR(p), o qual servirá como base para a escolha de modelos preditivos mais avançados, em trabalhos futuros. O espaço de tempo analisado é de fevereiro de 2011 a maio de 2019.

Inicialmente foram aplicados testes para verificar a correlação entre os preços a vista e futuros, a partir do coeficiente correlação de *Pearson*, e a correlação cruzada. Após se verificar uma correlação forte, foram analisadas a tendência, a sazonalidade e a volatilidade cíclica da série, a partir da equação 3, adaptada de Martin, Hurn e Harris (2013, p. 170), estimada para cada variável.

$$X_t = \beta_0 + \beta_1 * Sazonalidade_t + \beta_2 * Tendencia_t + \beta_3 * Ciclo_t + \epsilon_t \quad (3)$$

em que:

X_t: preço à vista no tempo t;

β_k: coeficientes da regressão, com k= 0, 1, 2, e 3;

Sazonalidade: padrões regulares na série;

Tendência: tendência dos preços à vista;

Ciclo: ondas em torno de uma linha de tendência;

ε_t: resíduo no tempo t;

t: tempo, em que t = 0, 1, 2, ..., n.

Devido ao fato de que muitas das séries econômicas de *commodities* são afetadas por efeitos de sazonalidade, foram realizados procedimentos para dessazonalizar o conjunto de dados. Para tanto, foi

analisada a tendência e a sazonalidade da série à vista, a partir das equações 4 e 5, respectivamente, adaptadas de Martin et al. (2013, p. 166), ambas derivadas da equação 3. Para a análise da sazonalidade, foi considerado o semestre com 124 cotações, em média, e que existem 17 semestres na série. É importante destacar que o primeiro e o último semestre estão incompletos.

$$X_t = \beta_0 + \beta_1 * Tendencia_t + \epsilon_t \quad (4)$$

$$Y_t = \beta_0 + \beta_k * DS_k + \epsilon_t \quad (5)$$

em que:

DS_k : é uma variável *dummy* de sazonalidade.

Decorrente da inexistência de outras séries para comparação, a análise da volatilidade cíclica foi realizada a partir do cálculo da volatilidade absoluta, a qual por sua vez é o desvio padrão da flutuação percentual em torno da tendência de longo prazo, representado pela equação 6. Essa equação têm por base os estudos de Ederington (1979), onde a razão ótima de *hedge* é calculada a partir da regressão da variação dos preços à vista (ΔP_s) sobre a variação dos preços futuros (ΔP_f) utilizando-se o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (OLS).

$$Volatilidade.Abs_x = d.p.* \left[\frac{x_t - tendencia(x)_t}{tendencia(x)_t} * 100 \right] \quad (6)$$

em que:

Volatilidade.Abs: volatilidade absoluta da série;

d.p.: desvio padrão;

x_t : preços a vista no tempo t ;

tendência (x) $_t$: tendência dos preços a vista no tempo t ;

t : tempo em dias, em que $t = 0, 1, 2, \dots, n$.

O teste de significância da análise de tendência e de sazonalidade foi realizado a partir do teste F, onde a hipótese nula $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_k = 0$, ou seja, os coeficientes são estatisticamente conjuntamente iguais a zero. Como hipótese alternativa H_1 , pelo menos um dos coeficientes é diferente de zero.

O procedimento de verificação de estacionariedade da série, bem como sua ordem de integração, foi realizado a partir do teste aumentado de Dickey e Fuller (ADF). Este teste tem como hipótese nula H_0 a série possuir uma raiz unitária, e como hipótese alternativa H_1 a série não possuir raiz unitária. A verificação

é realizada a partir da observação do $p\text{-value} < 0.05$ e pelo teste Tau , onde valor estimado < valor crítico. Caso não se rejeite a hipótese nula, não se pode afirmar que a série é estacionária, sendo necessário determinar a ordem de integração da série. Para tanto deve-se diferenciar a série e rodar o teste novamente com uma defasagem. (Dickey & Fuller, 1981)

Pelo fato do teste ADF assumir que os erros são não correlacionados, é necessário verificar se os resíduos da regressão são auto-correlacionados. Caso exista a auto-correlação dos resíduos, deve-se realizar um aumento no número de defasagens da série ou optar por outro teste de estacionariedade.

Para a série estudada, foi realizado um segundo teste de estacionariedade, o teste de *Phillips-Perron* (PP). Este teste pode ser definido como uma forma genérica do teste de Dickey – Fuller. Uma das principais diferenças entre os testes PP e ADF encontra-se no tratamento da série, caso os erros apresentem correlação. Enquanto o teste ADF adiciona defasagens à série, o teste PP utiliza o estimador *Newey-West* (Mattos, 2018).

A estimativa da razão ótima de *hedge* (OHR) foi obtida a partir do modelo de Myers e Thompson (1989). Os autores desenvolveram uma metodologia generalista para a estimativa da OHR, embasados nos trabalhos de Ederington, a partir da regressão das cotações dos preços à vista (P_s), contra variáveis explicativas para a obtenção dos preços, utilizando como referência preços passados de $t-1$. As variáveis explicativas são nomeadamente, para o presente trabalho, os preços futuros (P_f), bem como as cotações futuras e à vista defasadas, conforme a equação 7.

$$P_{s_t} = \beta_0 + \beta_1 * P_f + \beta_i * P_{d_s} + \beta_j * P_{d_f} \quad (7)$$

em que:

P_{s_t} : preço à vista no tempo t ;

P_f : preço futuro;

P_{d_s} : preço à vista defasado, com q defasagens;

P_{d_f} : preço futuro defasado, com q defasagens;

β_0 : constante;

β_1 : parâmetro linear do preço futuro;

β_i : parâmetro do preço presente defasado, com q defasagens;

β_j : parâmetro do preço futuro defasado, com q defasagens.

Portanto, a razão ótima de *hedge* é dada pelo parâmetro estimado β_1 . Para a obtenção das defasagens de preço a serem incluídas como variáveis explicativas, ou seja, determinar a ordem do processo autorregressivo AR(p) gerador da série, foram usados os Critérios de Informação de Akaike (AIC), para

selecionar a ordem do modelo que obteve os menores valores para o AIC. Também foi estimado o intervalo de confiança para o β_1 , o que oferece um nível de significância para a resposta média. Em uma segunda etapa, os modelos foram estimados pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (OLS). Por fim, obteve-se a razão de *hedge* ótima. Após o cálculo da estimativa da OHR, sua efetividade foi calculada a partir dos cálculos das variâncias de dois portfólios, sendo um protegido pelo *hedging* e um não protegido, de acordo com a equação 8.

$$E = \frac{Var(Ps_t) - Var(h * Pf_t)}{Var(Ps_t)} \quad (8)$$

em que:

E: efetividade do *hedge*;

Var(Ps_t): variância dos preços à vista sem *hedging*;

Var($h * Pf_t$): variância dos preços futuros *hedgeados*.

Por fim, cabe ressaltar que, para o presente estudo e estimativas, a defasagem foi feita pela primeira diferencial.

O tratamento dos dados foi realizado com o auxílio do software livre R. Os resultados são apresentados e comentados no capítulo 3. Análise dos dados e resultados.

3. Análise dos dados e resultados

A partir dos resultados obtidos decorrentes do processo de tratamento dos dados, foram realizadas as análises sobre o comportamento das séries temporais de preços à vista e nos mercados futuros. Na figura 6 são comparados os movimentos dos preços *spot* e futuros e na figura 7 é apresentada a função de autocorrelação das séries de preços à vista e futuros.

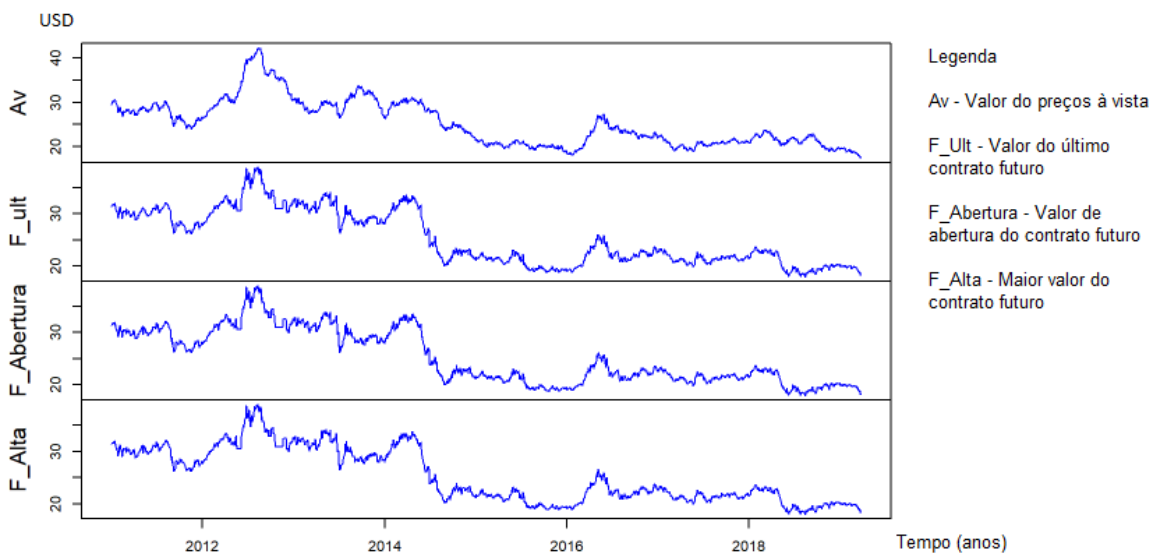


Figura 6. Movimentos das séries de preços à vista e de contratos futuros de soja na B3, no período de 02/2011 a 05/2019

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

A partir da figura 6 é possível verificar que os movimentos das séries de preços à vista e futuros são parecidos, o que é um indício visual de correlação entre elas. Quando há um movimento de subida ou descida, essa tendência de movimento é comum a todos os gráficos.

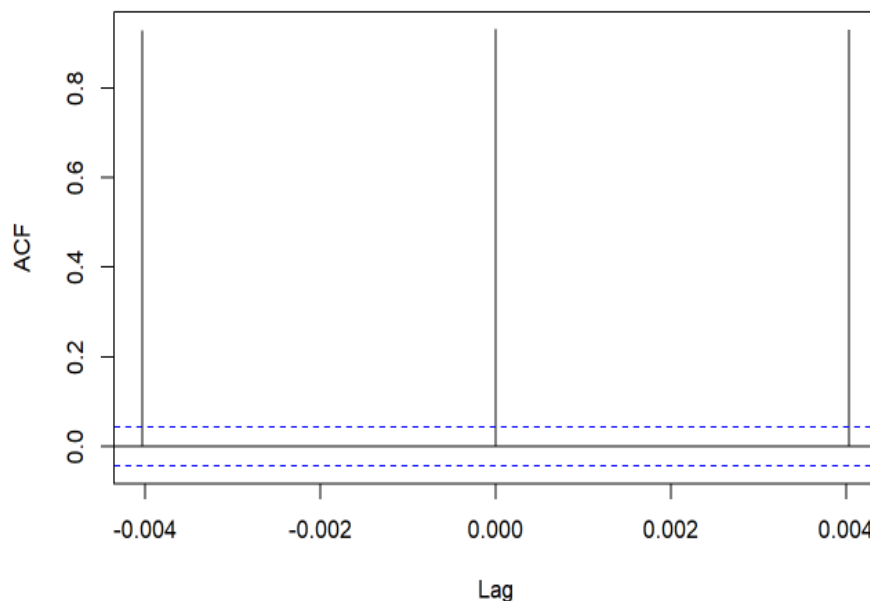


Figura 7. Gráfico da função autocorrelação (ACF) das séries de preços à vista e de contratos futuros de soja na B3, no período de 02/2011 a 05/2019

Fonte: elaborado pelo autor (2019)

A figura 7, gráfico da função de autocorrelação (ACF), mostra a existência de uma correlação forte, com lag 0 (ausência de lag), com valor de 0.930. Esse valor é muito próximo ao encontrado a partir do teste de Correlação de *Pearson*, cujo valor encontrado foi de 0.9301205, indicando uma correlação muito forte entre as séries.

Após a análise de comportamento e de correlação entre as séries de preços à vista e futuros de soja, foi realizada a análise de tendência, sazonalidade e volatilidade cíclica da série, cujos resultados são apresentados na secção 3.1.

3.1. Análise de tendência, sazonalidade e volatilidade cíclica da série

A partir do modelo definido pela equação 5, foi realizada uma regressão linear para estimar a existência de tendência da série. Para verificar a significância do modelo adotado, utilizou-se o teste F, a fim de verificar se todos os coeficientes são estatisticamente conjuntamente iguais a zero. Os resultados são apresentados na tabela 5.

Tabela 5

Análise de tendência da série dos preços à vista da soja, para o período de 02/2011 a 05/2019

Resíduos				
Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-6.5863	-2.6563	0.0414	1.8940	12.9980
Coeficientes				
	Estimativa	Erro padrão	<i>t value</i>	<i>Pr(> t)</i>
Intercepto	31.9966695	0.1562347	204.80	<2e-16
tend.	-0.0065872	0.0001324	-49.75	<2e-16

Erro padrão residual: 3.53 com 2041 graus de liberdade

R-quadrado múltiplo: 0.5481, R-quadrado ajustado: 0.5478

F-statistic: 2475 com 1 e 2041 GL, *p-value*: < 2.2e-16

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode ser verificado nos resultados da tabela 5, a regressão linear levou a um β_0 encontrado de 31.9966695. Por sua vez, o valor retornado para a tendência é de -0.0065872, o que indica que a tendência interfere negativamente no preço à vista. A significância para os coeficientes foi verificada a partir do teste t de *Student*.

Para o modelo proposto foi aplicado o teste F, cujo *p-value* foi < 2.2e-16, o que nos permite rejeitar a hipótese nula, com nível de confiança superior a 99%, portanto se rejeita que um modelo de média explique mais do que o modelo proposto. O modelo é estatisticamente significativo para explicar os dados, apresentando ajuste (R_a^2) de aproximadamente 0,55, o que significa que o modelo explica 55% da variabilidade dos dados.

A figura 8 evidencia a representação gráfica dos valores do resíduo (gráfico a) e do valor médio da tendência dos preços à vista com inclinação negativa (gráfico b). No primeiro gráfico é possível perceber uma possível sazonalidade após a retirada da tendência, com quatro picos em cada intervalo de dois anos, referente à safra e entressafra. Os valores negativos são decorrentes do cálculo do resíduo, que é dado pela diferença entre o valor estimado (*hat.regted*) e o valor observado, o que gera dados acima e abaixo da média. O segundo gráfico permite visualizar com facilidade a forte tendência de queda nos preços médios à vista para o período estudado.

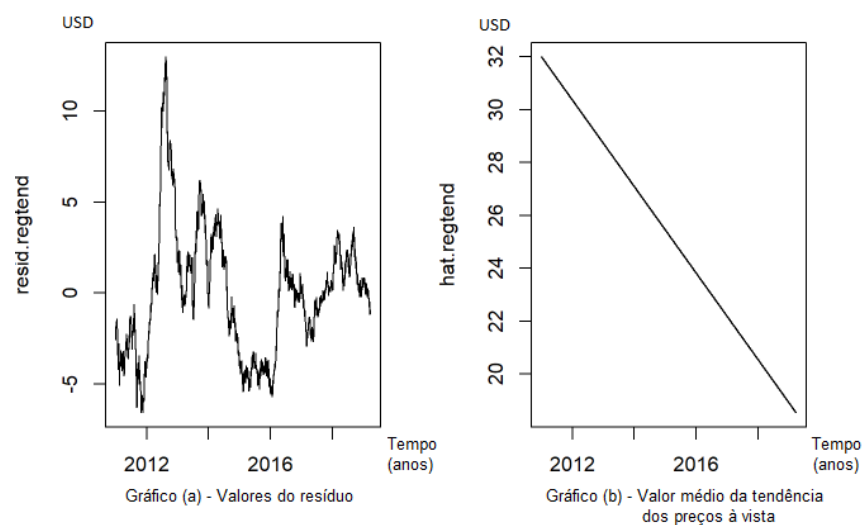


Figura 8. Valores do resíduo e da tendência da média dos preços à vista de soja na B3, no período de 02/2011 a 05/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

Os dados sem tendência e normalizados são mostrados na figura 9.

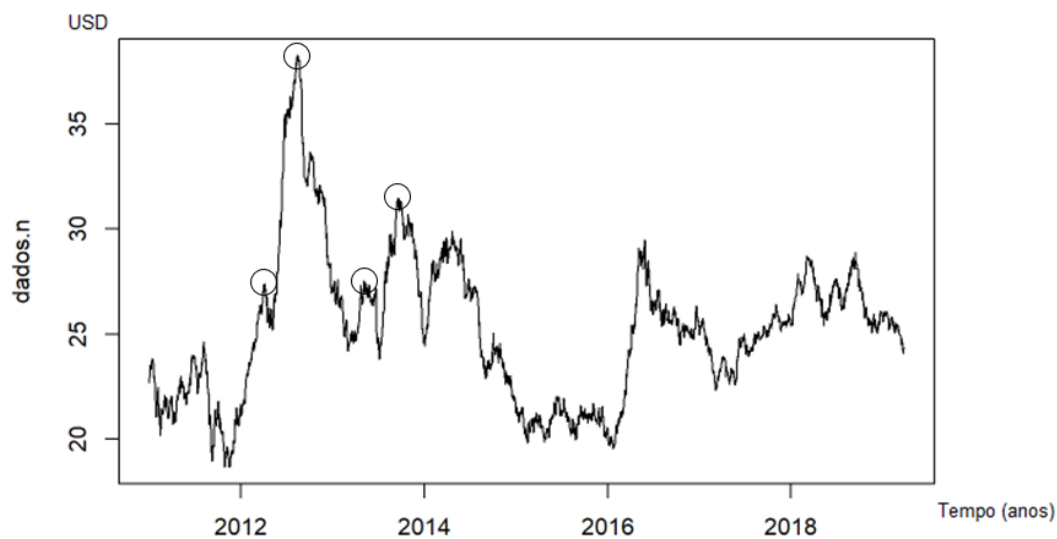


Figura 9. Dados sem tendência e normalizados

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da figura 9 é possível verificar qual seria o movimento dos preços, sem a influência da tendência da série, obtidos através da diferença entre os valores reais e os valores estimados a partir da estimativa linear. Assim como no gráfico (a), presente na figura 8, observa-se uma possível sazonalidade para o período de 2012 a 2014, evidenciada pela presença de quatro valores de pico, destacados pelos círculos.

A análise da sazonalidade da série foi estimada a partir da equação 5. Para tanto, o período analisado foi dividido em 17 semestres, sendo o primeiro e o último incompletos, tendo como resultado os dados apresentados na tabela 6 abaixo. A escolha de se dividir em semestres se deu pelo fato de existirem duas colheitas de soja ao ano, a safra e a entressafra.

Tabela 6

Teste de sazonalidade dos preços à vista da soja, para o período de 02/2011 a 05/2019

Resíduos				
Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-4.7640	-0.9143	-0.0182	0.8877	6.1535
Coefficientes				
	Estimativa	Erro padrão	<i>t value</i>	<i>Pr(> t)</i>
Intercepto	21.9741	0.1551	141.705	< 2e-16
saz2	-0.4633	0.2095	-2.211	0.0271
saz3	2.6094	0.2103	12.410	< 2e-16
saz4	11.9395	0.2111	56.570	< 2e-16
saz5	4.4788	0.2111	21.221	< 2e-16
saz6	6.4878	0.2095	30.967	< 2e-16
saz7	5.9613	0.2115	28.191	< 2e-16
saz8	3.0679	0.2091	14.669	< 2e-16
saz9	-0.9749	0.2111	-4.619	4.10e-06
saz10	-0.8616	0.2103	-4.098	4.34e-05
saz11	1.0306	0.2107	4.892	1.08e-06
saz12	4.0344	0.2095	19.257	< 2e-16
saz13	2.0332	0.2107	9.652	< 2e-16
saz14	3.0761	0.2035	15.116	< 2e-16
saz15	5.0889	0.2204	23.092	< 2e-16
saz16	4.9988	0.2111	23.685	< 2e-16
saz17	3.4645	0.2312	14.983	< 2e-16
Erro padrão residual: 1.581, com 2026 graus de liberdade				
R-quadrado múltiplo: 0.8007, R-quadrado ajustado: 0.7992				
<i>F-statistic</i> : 508.8, com 16 e 2026 GL, <i>p-value</i> : < 2.2e-16				

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir das informações dispostas na tabela 6, é possível observar que o teste F, para análise de significância, possui $p\text{-value} < 2.2e-16$. Portanto, rejeita-se a hipótese nula de que a série não possui sazonalidade, a um nível de significância $\alpha < 0.01$. A sazonalidade presente na série estudada explica, aproximadamente, 80% da variabilidade dos dados normalizados. Para o presente estudo, os dados normalizados são aqueles em que são retiradas as influências de determinada variável, que neste caso é a tendência e a sazonalidade.

A figura 10 mostra a representação gráfica dos valores do resíduo sem tendência e sem sazonalidade (gráfico a) efetuado no procedimento anterior, enquanto o gráfico b representa as estimativas de preços à vista para cada período. Os dados normalizados são apresentados na figura 11.

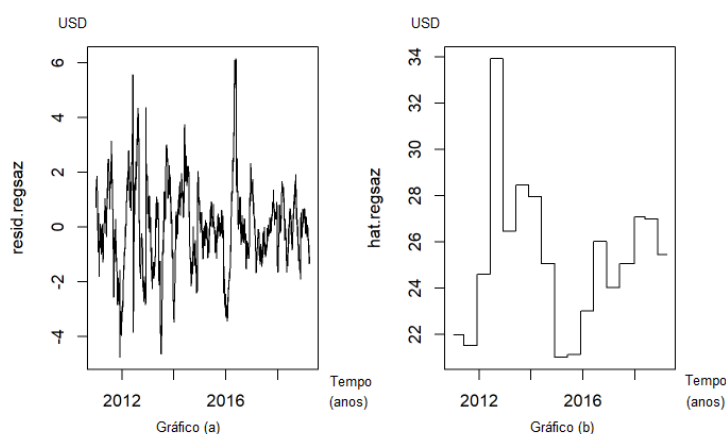


Figura 10. Valores do resíduo e estimativa dos preços à vista de soja na B3, no período de 02/2011 a 05/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

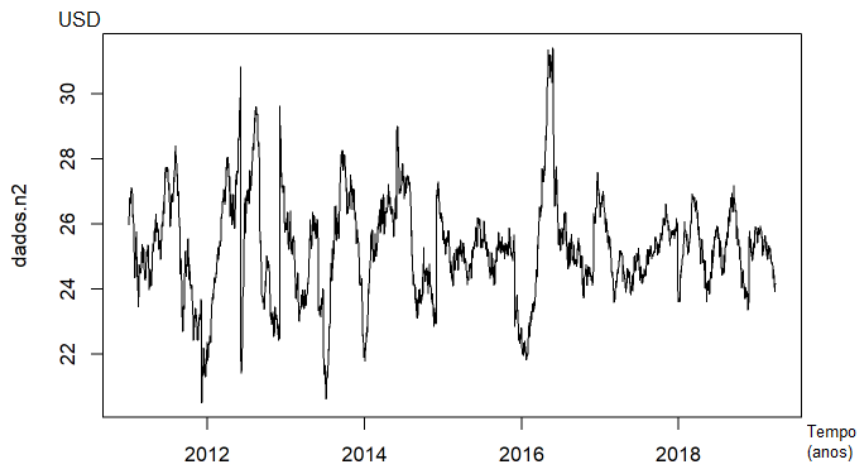


Figura 11. Série normalizada, sem efeitos de tendência e de sazonalidade

Fonte: elaborado pelo autor .

O gráfico representado na figura 11 mostra como seriam os comportamentos dos preços, para o período analisado, sem a influência da tendência e da sazonalidade. Essa etapa foi realizada somando o valor ajustado (pela resposta média ou esperança) ao resíduo, incorporando a média da sazonalidade.

Por fim, foi realizada uma sobreposição dos gráficos da série real de preços à vista e da série de previsão dos preços, com tendência e sazonalidade, cujo resultado é apresentado na figura 12.



Figura 12. Série real de preços à vista, série de previsão dos preços de soja na B3 e tendência da série dos preços à vista, no período de 02/2011 a 05/2019

Fonte: elaborado pelo autor.

A figura 12 permite visualizar que o modelo possui um bom nível de previsibilidade para o período entre o segundo semestre de 2012 e o primeiro semestre de 2015. Contudo, para as duas extremidades da série real, é possível verificar um baixo grau de efetividade na previsão dos preços, enquanto mantém a efetividade para a previsão dos comportamentos de alta e de baixa da série. Essas limitações são inerentes ao modelo ajustado e dependem das expectativas dos agentes de mercado, que não são captadas pelo modelo, sobre os preços futuros. É interessante notar que houve um aumento significativo no preço à vista da soja entre 2012 e 2013, sendo uma possível explicação a expectativa sobre o crescimento do PIB mundial, associado ao crescimento da China e ao fim da recessão de 2008, o que

leva a um aumento no consumo. A queda subsequente do valor da soja se dá pelo mesmo princípio, quando a expectativa sobre o crescimento do PIB chinês foi amenizada.

A volatilidade decorrente do próprio comportamento cíclico da série é dada pela série sem sazonalidade e sem tendência, a partir da equação 5, descrita no capítulo 2.2. Devido ao fato de não existir uma segunda série para a análise da volatilidade relativa, foi calculada apenas a volatilidade absoluta, cujo resultado é de 20.42964. Esse valor representa o desvio padrão da série.

3.2. Análise de estacionariedade da série

Os resultados do teste Dickey-Fuller aumentado (ADF) aplicado sobre o modelo de Myers e Thompson (1989), sugerem a não rejeição da hipótese nula, a um nível de significância de 0.05, com o $p\text{-value} = 0.2784$. Concomitantemente, o teste tau apresentou **valor estimado > valor crítico**, para todo o tau, sendo o valor estimado igual a -0.0002647, enquanto o menor valor de tau, para um nível de significância de 10%, é de -1.62. Não sendo possível confirmar a estacionariedade da série, considera-se que a mesma não é do tipo $I(0)$. A tabela 7 apresenta os resultados do teste.

Tabela 7

Teste ADF para estacionariedade da série de preços à vista $I(0)$

Resíduos				
Min	1Q	Mediana	3Q	Max
-1.31922	-0.16806	0.00531	0.17563	1.25932
Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	$t\text{ value}$	$Pr(> t)$
z.lag.1	-0.0002647	0.0002442	-1.084	0.278
Erro padrão residual: 0.2848, com 2041 graus de liberdade				
R-quadrado múltiplo: 0.0005756, R-quadrado ajustado: 8.588e-05				
$F\text{-statistic}$: 1.175 com 1 e 2041 GL, $p\text{-value}$: 0.2784				
Valor do teste estatístico é: -1.0841				
Valores críticos para testes estatísticos:				
	1%	5%	10%	
tau1	-2.58	-1.95	-1.62	

Fonte: elaborado pelo autor

A partir dos resultados expostos na tabela 7, foi realizado uma diferenciação da série, tornando-a $I(1)$, e realizado um novo teste, cujos resultados podem ser visualizados na tabela 8. Os dados presentes na tabela 8 permite-nos rejeitar a hipótese nula do teste ADF, a um nível de significância de 0.01, com $p\text{-value} < 2e-16$.

Tabela 8

Teste ADF para estacionariedade da série de preços à vista I(1)

	Min	1Q	Mediana	3Q	Max
Resíduos	-1.32640	-0.17640	-0.00078	0.16945	1.24671
Coeficientes	Estimativa		Erro padrão	<i>t value</i>	<i>Pr(> t)</i>
z.lag.1	-0.99217		0.02214	-44.82	<2e-16
Erro padrão residual: 0.2849, com 2040 graus de liberdade					
R-quadrado múltiplo: 0.4962, R-quadrado ajustado: 0.4959					
<i>F-statistic</i> : 2009 com 1 e 2040 GL, <i>p-value</i> : < 2.2e-16					
Valor do teste estatístico é: -44.8223					
Valores críticos para testes estatísticos:					
	1%		5%	10%	
tau1	-2.58		-1.95	-1.62	

Fonte: elaborado pelo autor.

Para uma maior confiabilidade dos testes aplicados, foi realizado o teste *Phillips-Perron* (PP) para a série I(0) e com uma defasagem, I(1). Os resultados obtidos são apresentados na tabela 9.

Tabela 9

Teste *Phillips-Perron*

Teste da raiz unitária <i>Phillips-Perron</i>			
Dado	<i>Dickey-Fuller</i>	<i>Truncation lag parameter</i>	<i>p-value</i>
yt	-2.1322	8	0.5224
dzt	-45.175	8	0.01

Nota. Yt representa a série sem defasagem, enquanto dzt representa a série com uma defasagem.

Fonte: elaborado pelo autor.

Pelos dados apresentados na tabela 9, é possível verificar que para a série sem defasagem, yt, não se rejeita H_0 , uma vez que o *p-value* é de $0.5224 > 0.05$. Contudo, para a série com uma defasagem, dzt, rejeita-se H_0 , a um nível de confiança de 95%, em que o *p-value* é de $0.01 < 0.05$, o que corrobora os resultados obtidos a partir dos testes ADF.

Após rejeitar H_0 , a próxima etapa da análise é verificar se os resíduos da regressão são autocorrelacionados. Para tanto, foi utilizada a função de autocorrelação (ACF). A figura 13 mostra os resultados para a série sem desfasagem, enquanto a figura 14 mostra os resultados para a série com uma desfasagem.

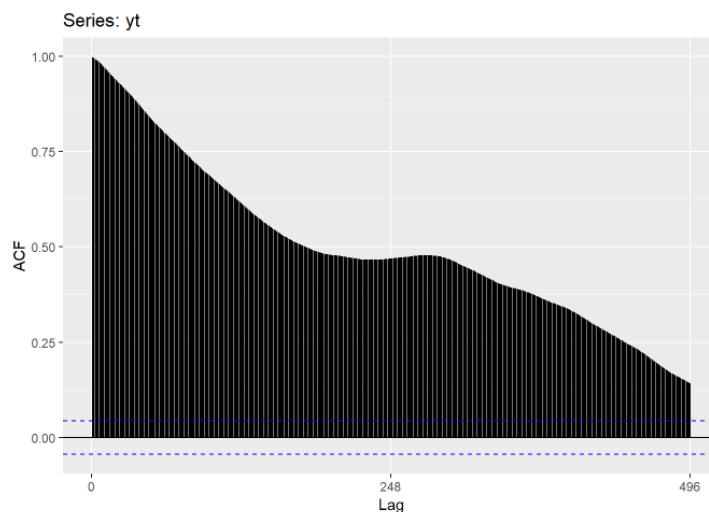


Figura 13. Função autocorrelação para resíduos da série sem diferenciação

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir do gráfico representado na figura 13, é possível verificar o indício da existência de heterocedasticidade, uma vez que os valores tendem a zero, quando são acrescentados *lags*.

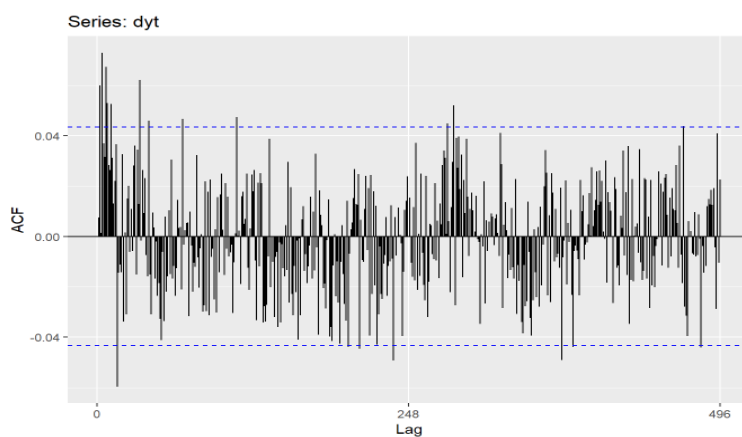


Figura 14. Função autocorrelação para resíduos da série com uma diferenciação

Fonte: elaborado pelo autor .

O gráfico apresentado na figura 14 mostra alguns valores fora do intervalo de confiança, sendo, contudo, mais disperso, quando comparado ao gráfico apresentado na figura 13, o que indica a existência de homoscedasticidade dos resíduos. Esse indício foi utilizado como pressuposto neste trabalho.

Para verificar se é necessário realizar a defasagem (*lag*) sobre os resíduos, foi realizado a plotagem de gráfico ACF, representados figura 15.

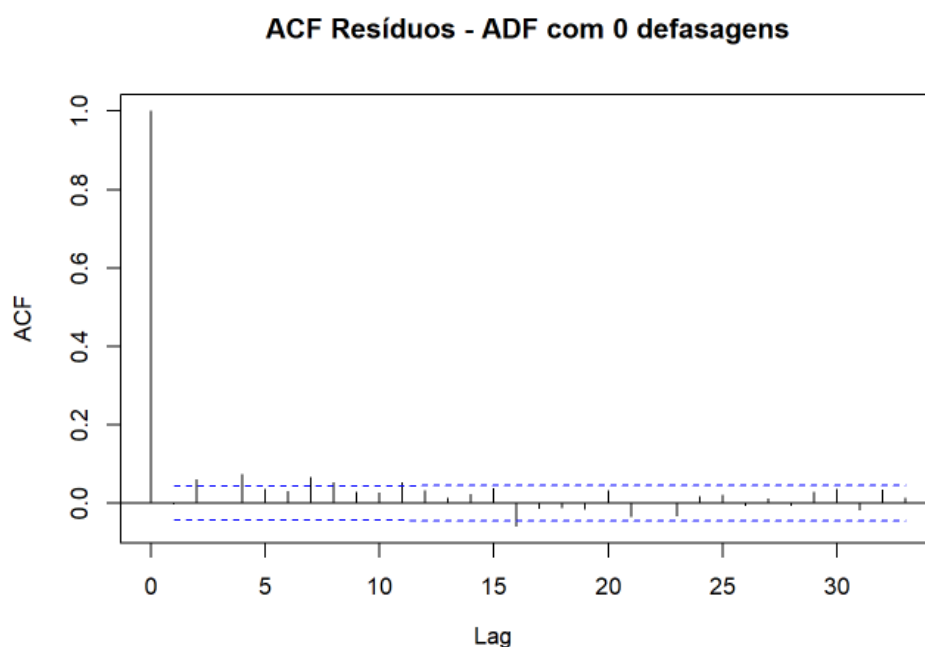


Figura 15. Gráfico ACF para resíduos, sem defasagem

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode ser visto na figura 15, os erros são não correlacionados, uma vez que estão dispersos e, em sua maioria, dentro do intervalo de confiança.

A fim de confirmar ou rejeitar os resultados obtidos, foi realizado um teste ADF, cujos resultados são apresentados na tabela 10. A partir das informações presentes nesta tabela, é possível verificar que o valor estimado do $\tau < \tau_{3\%}$ para um α de 5%, ou seja, $-44.8236 < -3.41$. Portanto rejeita-se H_0 , ou seja, rejeita-se a hipótese de que a série possui raiz unitária.

Tabela 10

Teste ADF para resíduos

	Min	1Q	Mediana	3Q	Max
Resíduos	-1.32361	-1.32361	0.00423	0.17424	1.24971
Coeficientes		Estimativa	Erro padrão	<i>t value</i>	<i>Pr(> t)</i>
Intercepto		-1.120e-03	1.262e-02	-0.089	0.929
z.lag.1		-9.927e-01	2.215e-02	-44.824	<2e-16
tt		-4.639e-06	1.070e-05	-0.433	0.665
Erro padrão residual: 0.2849 com 2038 graus de liberdade					
R-quadrado múltiplo: 0.4964, R-quadrado ajustado: 0.4959					
<i>F-statistic</i> : 1005 com 2 e 2038 GL, <i>p-value</i> : < 2.2e-16					
Valor do teste estatístico é: -44.8236 669.7188 1004.578					
Valores críticos para testes estatísticos:					
		1%	5%	10%	
tau3		-3.96	-3.41	-3.12	
phi2		6.09	4.68	4.03	
phi3		8.27	6.25	5.34	

Fonte: elaborado pelo autor.

3.3. Análise da Razão Ótima de *Hedge* da série

A partir da equação 7 foi rodada a função linear no software livre R. O modelo foi capaz de explicar 86.62% da variabilidade dos dados, enquanto a razão ótima estimada pelo foi de, aproximadamente, 94,05%. Este resultado indica que, para cada $k \cdot 94.05\%$ de variação no preço à vista da soja, o preço do mercado futuro dessa *commodity* varia $k \cdot 100\%$, sendo k uma variável de proporcionalidade, que pode assumir qualquer valor. Os resultados do modelo são apresentados na tabela 11.

Tabela 11

Resultados do modelo para Razão Ótima de *Hedge* para os contratos de soja negociados na B3, para o período de 02/2011 a 05/2019

Coeficientes	Estimativa	Erro padrão	t value	Pr(> t)
Intercepto	1.454581	0.211621	6.874	8.30e-12
Fut	0.940486	0.008188	114.857	< 2e-16
dvt	0.277892	0.167075	1.663	0.0964
dFuturos	-0.579479	0.133312	-4.347	1.45e-05

Erro padrão residual: 1.92, com 2038 graus de liberdade

R-quadrado múltipl: 0.8664, R-quadrado ajustado: 0.8662

F-statistic: 4404, com 3 e 2038 GL, *p-value*: < 2.2e-16

Valor do teste estatístico é:	-44.8236	669.7188	1004.578
-------------------------------	----------	----------	----------

Valores críticos para testes estatísticos		
	0,5%	99,5%
Intercepto	0.9089708	2.0001910
Fut	0.9193740	0.9615971
dvt	-0.1528674	0.7086517
dFuturos	-0.9231885	-0.2357693

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado na tabela 11, o valor estimado da razão spot/futuros é de 0.940486. É importante salientar que, apesar de dvt não se ter mostrado estatisticamente significativa a 0,05, optou-se por manter a variável. Além da estimativa pontual para a razão ótima de *hedge*, foi realizada a estimativa intervalar para a resposta média, e que é observada na tabela 9. Para um intervalo de confiança de 99%, o intervalo que contém o valor da média paramétrica para a razão ótima de *hedge* foi estimado entre 0,919374 e 0,9615971. Isso indica que se espera, com um nível de confiança de 99%, que a razão ótima de *hedge* esteja dentro desse intervalo.

O cálculo da efetividade do *hedge* mostrou como resultado o valor de aproximadamente 78.6%. Esse número é inferior ao valor de 80 determinado pela CVM, portando, para o modelo ajustado, não se pode afirmar que a operação de *hedge* foi efetiva.

Conclusões, limitações e sugestões para pesquisas futuras

As incertezas a que os agentes estão expostos, decorrentes da limitação das informações, levou à busca por métodos para a mitigação do risco, tanto em ambientes acadêmicos, como em ambientes de negócios.

Com o objetivo de reduzir incertezas futuras, produtores agrícolas e seus clientes desenvolveram contratos bilaterais, com especificações sobre a quantidade, qualidade e data de entrega futura definida dos produtos, com sanções para o não cumprimento das cláusulas. Esse método foi o início dos contratos a termo (*forward*), o qual ainda é utilizado entre os produtores e consumidores de *commodities*. A evolução dessa metodologia de gestão de risco deu início ao mercado de contratos futuros organizados e, posteriormente, ao mercado organizado de opções, nos quais é possível realizar a negociação sem a entrega física dos produtos e sem conhecimento específico dos mesmos, o que levou à entrada de novos negociantes e, conseqüentemente, a uma maior liquidez deste mercado.

O presente estudo teve como principal objetivo analisar a eficiência dos contratos futuros organizados, para o mercado da soja no estado do Paraná, que são negociados através da Brasil Bolsa Balcão (B3), ou seja, analisar se a utilização desses contratos futuros reduzem efetivamente a exposição ao risco que os agentes de mercado estão submetidos.

A partir dos dados obtidos, é possível observar que a razão ótima e efetividade de *hedge*, esta última calculada a partir da equação 8, apresentaram os valores de 94.05% e 78.6%, respectivamente. O intervalo que contém o valor da média paramétrica para a razão ótima de *hedge* foi estimado entre 91.93% e 96.16%. Isso indica que não se rejeita H_0 , a qual afirma que “**A utilização de contratos futuros de soja com liquidação financeira não é eficaz ($\alpha < 0.80$)**”, uma vez que $78.6\% \leq 80\%$. Portanto, para a metodologia aplicada e mercado escolhido, os resultados representam que a utilização de mercados futuros não é uma possível ferramenta para a mitigação de risco para os agentes do complexo da soja.

Quando comparado com estudos similares para a *commodity* de soja, os resultados encontrados no presente trabalho se mostraram mais eficientes ao de Baillie e Myers (1991), uma vez que a redução à exposição ao risco foi de 78.6%, frente aos 56% obtidos pelos pesquisadores norte americanos.

Entre as principais limitações deste trabalho estão a disponibilidade de informações sobre os preços históricos dos contratos futuros de soja, a fim de se realizar a comparação entre diferentes séries econométricas e as metodologias de análise conhecidas pelo autor. Para trabalhos futuros, sugere-se a utilização de diferentes métodos preditivos, como o SARIMA, considerando a série homoscedástica, ou GARCH, para a premissa de que a série é heteroscedástica, a análise sobre a utilização de diferentes instrumentos financeiros, como opções, *swaps* e suas combinações, e a replicação do modelo adotada neste trabalho, com a utilização de diferentes variáveis explicativas.

Referências bibliográficas

- Abreu, M. P., Medeiros, M. C., & Werneck, R. L. F. (2003). Formação de preços de *commodities*: padrões de vinculação dos preços internos aos externos, Texto para discussão, No. 474, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Departamento de Economia, Rio de Janeiro
- Achsani, N. & H.G. Strohe (2002). Stock Market Returns and Macroeconomic Factors, Evidence from Jakarta Stock Exchange of Indonesia 1990-2001. Universität Potsdam, Wirtschaftsund Sozialwissenschaftliche Fakultät, *Discussion Paper*.
- Advfn (2019). Ajuste diário no mercado de contratos futuros. Acedido em 15 de abril de 2019, em: <https://br.advfn.com/investimentos/futuros/ajuste-diario>
- Alizadeh, A. H., Nomikos, N. K., & Pouliasis, P. K. (2008). A Markov regime switching approach for hedging energy commodities. *Journal of Banking & Finance*, 32(9), 1970-1983.
- Almeida, A. B. (2011). Risco e gestão do risco. Questões filosóficas subjacentes ao modelo técnico conceptual. *Territorium*, (18), 23-31.
- Baillie, R. T., & Myers, R. J. (1991). Bivariate GARCH estimation of the optimal commodity futures hedge. *Journal of Applied Econometrics*, 6(2), 109-124.
- Banco do Brasil (2019). Mercados futuros e opções. Acedido em 31 de janeiro de 2019, em: <https://www.bb.com.br/pbb/pagina-inicial/agronegocios/agronegocio---produtos-e-servicos/produtor-empresarial/protecao/mercado-futuro-e-opcoes#/>
- Black, F. (1975). Fact and fantasy in the use of options. *Financial Analysts Journal*, 31(4), 36-41.
- Bolsa de Cereais e Mercadorias de Londrina (BCML) (2019). *Institucional*. Acedido em 21 de abril de 2019, em: <http://www.bcml.com.br/institucional/>
- Bolsa de Cereais e Mercadorias de Maringá (BCMM) (2019). *Institucional*. Acedido em 21 de abril de 2019, em: <http://www.bcomm.com.br/institucional.html>
- Bolsa Brasileira de Mercadorias (BBM) (2019). *Quem somos*. Acedido em 21 de abril de 2019, em: <https://www.bbmnet.com.br/quem-somos/a-bolsa>
- Brasil, Bolsa, Balcão (B3) (2019a). *Perfil e histórico*. Acedido 21 de janeiro de 2019, em: <http://ri.bmfbovespa.com.br/static/ptb/perfil-historico.asp?idioma=ptb>
- Brasil, Bolsa, Balcão (B3) (2019b). *Futuro de soja com liquidação financeira*. Acedido 31 de janeiro de 2019, em: http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/listados-a-vista-e-derivativos/commodities/futuro-de-soja-com-liquidacao-financeira.htm

- Bressan, A. (2003). Modelos de previsão de preços aplicados aos contratos futuros de boi gordo na BM&F. *Nova Economia*. 12.
- Bulhões, R. (2007). O peso da soja na economia do Estado do Paraná. *V Encontro de Economia Paranaense: perspectivas de inserção global e equidade interna*.
- Buliali, J. L., Fatichah, C., & Susanto, M. (2009). Hybrid Neural Network-Monte Carlo Simulation for Stock Price Index Prediction. *Asian Journal of Information Technology*, 8(1), 1-7.
- Carlton, D. W. (1984). Futures markets: Their purpose, their history, their growth, their successes and failures. *Journal of Futures Markets*, 4(3), 237-271.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA-Esalq/USP (2019). *Indicador Da Soja Cepea/Esalq - Paraná*. Acedido 17 de abril de 2019, em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/soja.aspx>
- CME Group (2014). Guia auto-didático para hedge com futuros e opções de grãos e sementes oleaginosas. Acedido 31 de janeiro de 2019, em: https://www.cmegroup.com/trading/agricultural/files/AC-216.1_GrainsHedgingGuide_port_SR.pdf
- CME Group (2019). The Benefits of Futures Margins. Acedido 15 de abril de 2019, em: <https://www.cmegroup.com/education/courses/understanding-the-benefits-of-futures.html>
- Cooperativa Agropecuária do Médio Oeste do Paraná (Agropar) (2019). *Sobre a Agropar*. Acedido em 27 de agosto de 2019, em: <http://www.agropar.coop.br/institucional.html>
- Cocamar (2019). *História da Cocamar*. Acedido em 27 de agosto de 2019, em: <https://www.cocamar.com.br/historia/>
- Comissão, D. V. M. (2010). Deliberação CVM Nº. 604, de 19 de novembro de 2009. Aprova os Pronunciamentos Técnicos CPC, 38, 39.
- Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO) (2004). Enterprise risk management-integrated framework: executive summary & framework. *American Institute of Certified Public Accountants (AICPA)*.
- Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (2019a). *Série histórica das safras*. Acedido 14 de abril de 2019, em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>
- Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (2019b). *Relação das bolsas de cereais, de mercadorias credenciadas pela conab e suas respectivas associações*. Acedido 21 de abril de 2019, em:

http://www.noticiasagricolas.com.br/dbarquivos/07_Relacao_%20Nominal_das_%20Bolsas%20-%20CONAB.pdf

- Deaton, A. & Laroque, G. (1992). On the Behaviour of Commodity Prices. *Review of Economic Studies* 59, 1-23.
- Demarchi, M. (2012). Análise da conjuntura agropecuária safra 2011/12-Soja. Curitiba: Secretaria da Agricultura e Abastecimento/Departamento de Economia Rural. 2012b. Acedido 17 de outubro de 2018, em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/soja_2011_12.pdf.
- Dickey, D., & Fuller, W. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072. doi:10.2307/1912517
- Ederington, L. H. (1979) The hedging performance of the new futures markets. *Journal of Finance*, v. 34, n. 1, p. 157-70.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2018). Dados económicos da soja safra 2017/2018. Acedido 18 de outubro de 2018, em <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>.
- Engle, R., & Kroner, K. (1995). Multivariate Simultaneous Generalized Arch. *Econometric Theory*, 11(1), 122-150.
- Ferreira, D (2006). Opções financeiras avançadas: Gestão de riscos cambiais e de taxas de juro, VaR – Valor em Risco, Opções exóticas e Produtos Híbridos, Estratégias Complexas. Lisboa: Sílabo
- Ferreira, D (2009). Opções financeiras: gestão de risco, especulação e arbitragem. Lisboa: Sílabo.
- Fileni, D. H., Marques, P. V., & Machado, H. M. (1999). O risco de base e a efetividade do hedge para o agronegócio do café em Minas Gerais. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 1(1).
- Flaskerud, G. K. (2003). Brazil's soybean production and impact (No. 1191-2016-94428).
- Fontes, R. E., de Castro Junior, L. G., & Azevedo, A. F. (2005). Estratégia de comercialização em mercados derivativos - descobrimento de base e risco de base da cafeicultura em diversas localidades de Minas Gerais e São Paulo. *Ciência e Agrotecnologia*, 29(2), 382-389.
- Franco, F. V., de Oliveira Neto, O. J., & Machado, W. B. (2016). Efetividade das operações de hedge para o etanol de Pernambuco e Alagoas no mercado futuro da BM&FBovespa. *Revista Econômica do Nordeste*, 47(1), 49-64.
- Fung, H.G. & Lie, C.J. (1990). Stock Market and Economic Activities: A Casual Analysis. – *Pacific Basin Capital Markets Research*, Amsterdam.

- Gan, C., Lee, M., Yong, H. H. A., & Zhang, J. (2006). Macroeconomic variables and stock market interactions: New Zealand evidence. *Investment management and financial innovations*, 3(4), 89-101.
- Goldsmith, P. D. (2008). Soybean production and processing in Brazil. In Soybeans (pp. 773-798). AOCS Press.
- Haigh, M. S., & Holt, M. T. (2000). Hedging multiple price uncertainty in international grain trade. *American Journal of Agricultural Economics*, 82(4), 881-896.
- Harrington, C. (2003). Fundamental vs. Technical Analysis. Cfa Magazine. 14. 36-37. 10.2469/cfm.v14.n1.2789.
- Horngren, C. T., Datar, S. M., & Foster, G. (2003). Cost accounting: A managerial emphasis. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Hull, J. (1991). Introduction to futures and options markets. Englewood Cliffs, NJ: prentice Hall.
- Investing (2019). Dados históricos futuros de soja 2011-2019. Acedido 23 de novembro de 2018, em: <https://pt.investing.com/commodities/us-soybeans-historical-data?cid=964523>
- Jabbour, G. M., & Liu, Y. K. (2005). Option pricing and Monte Carlo simulations. *Journal of Business & Economics Research*, 3(9), 1-6.
- Kamali, F. P., Meuwissen, M. P., de Boer, I. J., van Middelaar, C. E., Moreira, A., & Lansink, A. G. O. (2017). Evaluation of the environmental, economic, and social performance of soybean farming systems in southern Brazil. *Journal of cleaner production*, 142, 385-394.
- Lapp, J. S. & Smith, V. H. (1992) Aggregate Sources of Relative Price Variability among Agriculture Commodities. *American journal of agricultura l economics*, (74), I, 1-9.
- Lemos, F. A. C. D. A. (2017). Análise Técnica dos Mercados Financeiros. Editora Saraiva.
- Lien, D., Shrestha, K., & Wu, J. (2016). Quantile estimation of optimal hedge ratio. *Journal of Futures Markets*, 36(2), 194-214.
- MacKenzie, D. (2006). Is economics performative? Option theory and the construction of derivatives markets. *Journal of the history of economic thought*, 28(1), 29-55.
- Macrotrends (2019). Cbot historical data in commodities market. Acedido em 23 de abril de 2019, em: <https://www.macrotrends.net/>.
- Maia, F. N. C. S., & Aguiar, D. D. (2010). Estratégias de hedge com os contratos futuros de soja da Chicago Board of Trade. *Gestão & Produção*, 17, 617-626.
- Mankiw, N. G. (2008). Principles of macroeconomics. Toronto: Thomson Nelson.

- Marques, P. & Mello, P. & Martines, F. (2006). Mercados futuros e de Opções agropecuárias. Piracicaba: Dep. de Economia, Administração e Sociologia, Série Didática, n.º D-219.
- Martin, V., Hurn, S., & Harris, D. (2013). Econometric modelling with time series: specification, estimation and testing. Cambridge University Press.
- Moreira, V. R. (2009). Gestão de risco do agronegócio no contexto cooperativista. 2009 (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Administração). Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo: FGV).
- Myers, R., & Thompson, S. (1989). Generalized Optimal Hedge Ratio Estimation. *American Journal of Agricultural Economics*, 71(4), 858-868. doi:10.2307/1242663
- Noticias Agrícolas (2019). *Entenda como é feita a formação dos preços da soja em cada região*. Acedido 21 de abril de 2019, em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/entrevistas/96943-entrevista-confira-a-entrevista-com-luis-claudio-gomes---analista-comercial-de-graos-da-cotrijal-sobre-a-formacao-do-preco-da-soja.html#.XUrK0-hKgdU>
- Paiva Abreu, M., Medeiros, M. C., & Werneck, R. L. (2003). *Formação de preços de commodities: padrões de vinculação dos preços internos ao externos* (No. 474). Texto para discussão.
- Pinho, F. M., Junior, A. F. A., & de Camargos, M. A. (2018). A comparative study on different statistical models for calculating the optimal hedge ratio in the live cattle market. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 19(3).
- Poitras, G. (2009). The early history of option contracts. In Vinzenz Bronzin's Option Pricing Models (pp. 487-518). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Rippel, R. & Madureira, E. M. P. (2014). A importância da cadeia produtiva da soja no crescimento econômico do oeste paranaense: uma análise entre 1985 e 2012. *III Congresso Nacional de Pesquisa em Ciências Sociais Aplicadas – III CONAPE*. Acedido 14 de abril de 2019, em: http://cac-php.unioeste.br/eventos/conape/anais/iii_conape/Arquivos/Artigos/Artigoscompletos/CIENCIAECONOMICAS/1.pdf
- Mattos, R. S. (2018). Tendências e Raízes Unitárias
- Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB-PR) (2019). *Preços médios nominais mensais recebidos pelos produtores, no paraná – 1995-2018*. Retrieved in April 14, 2019, from: www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/prpsh95.xls
- Silva-Neto, S. da.; Rocha, F.V.; Pera, T.G. e Caixeta-Filho, J.V. (2014). Impacto do Transporte Rodoviário na Receita dos Produtores de Soja dos Estados do Paraná e Mato Grosso. *SIICUSP 2014 – 22  S mp sio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica da USP*. Acedido 17 de fevereiro de 2019,

em:https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2015/08/SIICUSP_Samuel-e-Fernando.pdf

- Silveira, R. L. F. D., Cruz Júnior, J. C., & Saes, M. S. M. (2012). Uma análise da gestão de risco de preço por parte dos produtores de café arábica no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 50(3), 397-410.
- Telser, L. G., & Higinbotham, H. N. (1977). Organized futures markets: costs and benefits. *Journal of Political Economy*, 85(5), 969-1000.
- Telser, L. G. (1981). Why there are organized futures markets. *The Journal of law and Economics*, 24(1), 1-22.
- Taušer, J., & Čajka, R. (2016). Hedging techniques in commodity risk management. *Agricultural Economics*, 60(4), 174-182.
- Varian, H. R. (2010). *Intermediate microeconomics: A modern approach*. New York: W.W. Norton & Co.
- Williams, J. C. (1982). The origins of futures markets. *Agricultural History*, 56(1), 306.

Anexo

Anexo 1 – Contrato futuro de soja com liquidação financeira da B3



Contrato Futuro de Soja com Liquidação Financeira

- Especificações -

1. Definições

<u>Contrato:</u>	refere-se ao presente instrumento derivativo, no qual estão estabelecidos termos e regras específicos sob os quais os negócios serão realizados e liquidados.
<u>Dia útil:</u>	dia em que há sessão de negociação na BM&FBOVESPA.
<u>Hedgers:</u>	comitentes, que negociam o contrato, na qualidade de produtores, cooperativas, cerealistas, indústrias, comerciantes, processadores do produto, importadores, exportadores e fornecedores de insumos, máquinas e equipamentos.
<u>Preço de ajuste:</u>	preço de fechamento, expresso em dólares dos Estados Unidos da América, por saca de 60 (sessenta) quilos líquidos de soja, apurado e/ou arbitrado diariamente pela BM&FBOVESPA, a seu critério, para cada um dos vencimentos autorizados, para fins de equalização do preço dos negócios e de apuração do valor de ajustes diários e de liquidação das operações day trade dos comitentes.
<u>PTAX:</u>	taxa de câmbio de reais por dólar dos Estados Unidos, cotação de venda, divulgada pelo Banco Central do Brasil, por intermédio do Sisbacen, transação PTAX800, opção "5", cotação de fechamento, para liquidação em dois dias, a ser utilizada com, no máximo, sete casas decimais, relativa ao último dia do mês anterior ao da operação.
<u>Taxa de câmbio referencial</u> <u>BM&FBOVESPA:</u>	taxa de câmbio de reais por dólar dos Estados Unidos da América, apurada pela BM&FBOVESPA para liquidação em 1 (um) dia, conforme divulgado em seu endereço eletrônico.

Quaisquer termos que não sejam definidos neste contrato têm os significados atribuídos no Regulamento de operações do Segmento BM&F-Derivativos e no Regulamento da Câmara de Registro, Compensação e liquidação de operações de Derivativos BM&FBOVESPA: Segmento BM&F.

2. Ativo-objeto de negociação

Soja em grão a granel tipo exportação, com os seguintes limites máximos: 14% (catorze por cento) de umidade; 1% (um por cento) de matérias estranhas e impurezas; 30% (trinta por cento) de quebrados; 8% (oito por cento) de esverdeados; 8% (oito por cento)

de avariados (queimados, ardidos, mofados, fermentados, germinados, danificados, imaturos e chochos), dos quais se permite até 6% (seis por cento) de grãos mofados, até 4% (quatro por cento) de grãos ardidos e queimados, sendo que esse último não pode ultrapassar 1% (um por cento); e 18,5% de conteúdo de óleo.

3. Cotação

Dólares dos Estados Unidos da América por saca de 60 (sessenta) quilos líquidos, conforme as especificações definidas no item 2, com duas casas decimais, livres de ICMS (Imposto sobre operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação).

4. Variação mínima de apregoação

US\$0,01 (um centavo de dólar) por saca de 60 (sessenta) quilos líquidos.

5. Oscilação máxima diária

A BM&FBOVESPA estabelece a oscilação máxima diária do contrato.

Para o primeiro vencimento em aberto, o limite de oscilação máxima diária será suspenso nos três últimos dias de negociação.

A BM&FBOVESPA poderá alterar o limite de oscilação máxima diária de preços de qualquer vencimento a qualquer tempo, mesmo no decurso da sessão de negociação, mediante comunicado ao mercado com 30 (trinta) minutos de antecedência.

6. Unidade de negociação

450 (quatrocentas e cinquenta) sacas de 60 (sessenta) quilos líquidos ou 27 (vinte e sete) toneladas métricas.

7. Meses de vencimento

Março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e novembro.

8. Número de vencimentos em aberto

Conforme autorização da BM&FBOVESPA.

9. Data de vencimento e último dia de negociação

Segundo dia útil anterior ao mês de vencimento.



10. Dia útil

Para efeito de liquidação financeira e de atendimento a chamadas de margem, a que se referem os itens 11, 12, 13.1 e 18.2, considerar-se-á “dia útil” o dia em que, além de haver sessão de negociação na BM&FBOVESPA, não for feriado bancário na praça de Nova Iorque, Estados Unidos da América.

11. Day trade

São admitidas operações day trade (compra e venda, na mesma sessão de negociação, da mesma quantidade de contratos para o mesmo vencimento), que se liquidarão automaticamente, desde que realizadas em nome do mesmo comitente, por meio do mesmo Intermediário e sob a responsabilidade do mesmo Membro de Compensação, ou realizadas pelo mesmo Operador Especial, sob a responsabilidade do mesmo Membro de Compensação. A liquidação financeira dessas operações será realizada no dia útil subsequente ao da negociação, sendo os valores apurados de acordo com o item

12(a), observado, no que couber, o disposto no item 18.

12. Ajuste diário

As posições em aberto, ao final de cada sessão de negociação, serão ajustadas com base no preço de ajuste do dia, com liquidação financeira no dia útil subsequente, observado, no que couber, o disposto no item 18.

O ajuste diário das posições em aberto será realizado até a data de vencimento do contrato, de acordo com as seguintes fórmulas:

a) ajuste das posições realizadas no dia

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

b) ajuste das posições em aberto no dia anterior

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

onde:

AD_t = valor do ajuste diário, em dólares dos Estados Unidos da América, referente à data "t";

PA_t = preço de ajuste, em dólares dos Estados Unidos da América, na data "t", para o vencimento respectivo;

PO = preço da operação, em dólares dos Estados Unidos da América;

n = número de contratos;

PA_{t-1} = preço de ajuste do dia útil anterior à data "t", em dólares dos Estados Unidos da América, para o vencimento respectivo.

O valor do ajuste diário (AD_t), calculado conforme demonstrado acima, se positivo, será creditado ao comitente-comprador e debitado ao comitente-vendedor. Caso o cálculo apresente valor negativo, será debitado ao comitente-comprador e creditado ao comitente-vendedor.

13. Liquidação no vencimento

As posições que não forem encerradas na sessão de negociação até o último dia de negociação, mediante a realização de operações de natureza (compra ou venda) inversa, serão liquidadas no vencimento por um índice de preços, conforme item abaixo.

13.1. Liquidação por índice de preços

As posições em aberto, após o encerramento da sessão de negociação do último dia de negociação serão liquidadas pela BM&FBOVESPA na data de vencimento, mediante o registro de operação de natureza (compra ou venda) inversa à da posição, na mesma quantidade de contratos, pelo preço calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$PO_i = \frac{\sum_{t=d-2}^d ISOJAPAGUA_t}{3}$$

onde:

PO_i = preço da operação relativa à liquidação por índice de preços, expresso em dólares dos Estados Unidos da América por saca;

$ISOJAPAGUA_t$ = Indicador de Preço da Soja Paranaguá BM&FBOVESPA, para o corredor de exportação de Paranaguá (PR), expresso em dólares dos Estados Unidos da América por saca, apurado por instituição

renomada em coleta de preços, definida em Ofício Circular, e divulgado no endereço

eletrônico da BM&FBOVESPA;

d - 2 = segundo dia útil anterior ao último dia de negociação;

d = data de vencimento do contrato e último dia de negociação.

Os valores relativos à liquidação da posição por índice de preços serão liquidados financeiramente no dia útil subsequente à sessão de negociação do último dia de negociação, observado, no que couber, o disposto no item 18.



14. Operações ex-pit

Serão permitidas operações ex pit até a sessão de negociação do último dia de negociação, desde que atendidas às condições estabelecidas pela BM&FBOVESPA. Essas operações ex-pit serão divulgadas pela BM&FBOVESPA, mas não serão submetidas à interferência do mercado.

15. Margem de garantia

Será exigida margem de todos os comitentes com posição em aberto, cujo valor será atualizado diariamente pela BM&FBOVESPA, de acordo com os critérios de apuração de margem para contratos futuros.

A conversão dos valores de margem, quando necessária, será realizada observando-se, no que couber, o disposto no item 18.

16. Ativos aceitos como garantia

Aqueles aceitos pela BM&FBOVESPA.

17. Custos operacionais

17.1 Taxas da BM&FBOVESPA

Taxas de emolumentos, de registro e de permanência, apuradas conforme cálculo estabelecido pela BM&FBOVESPA.

17.2 17.2. Datas de pagamento

17.2.1 As taxas de emolumentos e de registro são devidas no dia útil seguinte ao do negócio, observado, no que couber, o disposto no item 18.

17.2.2 A taxa de permanência é devida na data determinada pela BM&FBOVESPA.

18. Forma de pagamento e recebimento dos valores relativos à liquidação financeira e à conversão dos valores de margem de garantia e dos custos operacionais

A liquidação financeira das operações day trade, dos ajustes diários, no vencimento e dos custos operacionais, bem como a conversão da margem de garantia, será realizada conforme determinado a seguir.

18.1. Comitentes residentes

Em reais, de acordo com os procedimentos estabelecidos pela Câmara de Derivativos da BM&FBOVESPA. A conversão dos valores financeiros, quando for o caso, será feita pela taxa de câmbio referencial BM&FBOVESPA em relação a uma data específica, conforme a natureza do valor a ser liquidado, a saber:

- a) na liquidação de operações *day trade*: aplica-se a taxa de câmbio referencial BM&FBOVESPA do dia do negócio;

- b) na liquidação de ajuste diário: aplica-se a taxa de câmbio referencial BM&FBOVESPA do dia a que o ajuste se refere;
- c) na liquidação financeira no vencimento: aplica-se a taxa de câmbio referencial BM&FBOVESPA do dia útil anterior ao dia da liquidação financeira.

A conversão dos valores relacionados aos custos operacionais será feita pela PTAX.

Já a conversão dos valores relacionados aos custos operacionais expressos em dólares dos Estados Unidos da América, quando for o caso, será feita pela PTAX.

18.2. Comitentes não residentes

Em dólares dos Estados Unidos da América, na praça de Nova Iorque, Estados Unidos da América, por meio das instituições liquidantes das operações da BM&FBOVESPA no exterior, por ela indicados.

A conversão dos valores financeiros, quando for o caso, será feita pela taxa de câmbio referencial BM&FBOVESPA em relação a uma data específica, conforme a natureza do valor a ser liquidado, a saber:

- a) na conversão da margem de garantia: aplica-se a taxa de câmbio referencial BM&FBOVESPA do dia da operação; ou
- b) na conversão dos valores relacionados aos custos operacionais expressos em reais, aplica-se, quando for o caso, a PTAX.

19. Arbitramento do preço de liquidação por índice de preços

O preço da operação relativa à liquidação por índice de preços, detalhada no item 13.1, poderá ser arbitrado a critério da BM&FBOVESPA.

20. Normas complementares

Fazem parte integrante deste contrato, no que couber, a legislação em vigor, as normas e os procedimentos da BM&FBOVESPA, definidos em seus Estatuto Social, Regulamentos e Manuais, Ofícios Circulares e Comunicados Externos, observadas, adicionalmente, as regras específicas das autoridades governamentais que possam afetar os termos nele contidos.

<i>OFÍCIO CIRCULAR 003/2011-DP, DE 14/01/2011</i>
