

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Sociais Aplicadas - CSA
Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas - PCE

GEORGE LUCAS MÁXIMO FERREIRA

**INTERAÇÃO ENTRE O EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) E A
RAZÃO DE PREÇOS *SOYBEAN-TO-CORN* (STC): UMA ANÁLISE A
PARTIR DAS ESTRATÉGIAS DE *HEDGING***

Maringá - PR
2020

GEORGE LUCAS MÁXIMO FERREIRA

**INTERAÇÃO ENTRE O EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) E A
RAZÃO DE PREÇOS *SOYBEAN-TO-CORN* (STC): UMA ANÁLISE A
PARTIR DAS ESTRATÉGIAS DE *HEDGING***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Teoria Econômica.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Florindo Alves

Coorientador: Prof. Dr. Julyerme Matheus Tonin

Bolsa: CNPq

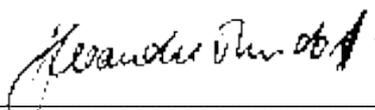
Maringá - PR
2020

GEORGE LUCAS MÁXIMO FERREIRA

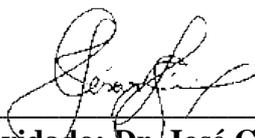
**INTERAÇÃO ENTRE O EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) E A
RAZÃO DE PREÇOS *SOYBEAN-TO-CORN* (STC): UMA ANÁLISE A
PARTIR DAS ESTRATÉGIAS DE *HEDGING***

Dissertação submetida à banca examinadora do Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Teoria Econômica da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia.

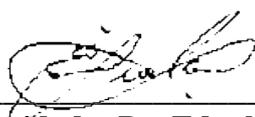
COMISSÃO JULGADORA



Prof. Orientador: Dr. Alexandre Florindo Alves
Universidade Estadual de Maringá - UEM



Prof. Convidado: Dr. José César Cruz Jr.
Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR



Prof. Convidado: Dr. Ednaldo Michellon
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Maringá - PR
2020

DEDICATÓRIA

*À minha esposa Suélem,
pelo amor, compreensão e paciência,
durante todos os momentos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por conceder as oportunidades sem as quais não haveria essa jornada, força de vontade para se esforçar e entregar bons resultados, saúde para superar os diversos problemas que enfrentei e capacidade para preparação ao assumir um novo desafio, aprender uma nova técnica ou teoria.

Um agradecimento especial à minha esposa Suélem qual foi excepcional nesses últimos anos, assumindo uma postura de resiliência que muito nos ajudou. Por ter sido imparcial nos seus julgamentos e ter acreditado em nossa trajetória mesmo em dias que a vontade de desistir era maior. E a nosso presente maior no período desse mestrado, nossa filha, Mariê.

Agradeço a minha família, pai, mãe (in memoriam), Kelin, aos meus irmãos Filipi, João (Jango), Annister (Ani) e José Arthur e a minha Avó Dna. Teresa, suas orações foram fonte da minha força.

Um imenso agradecimento ao meu orientador, Dr. Alexandre Florindo Alves por aceitar a orientação e ao coorientador, Dr. Julyerme Matheus Tonin pelo desafio em ajudar na tradução do tema em modelos econométricos, teoria e interpretação, sem dúvida algum seu apoio e critério de avaliação foram valiosíssimos.

De forma mais geral, agradeço as amizades que cultivei durante o programa, aprendi nas discussões que tivemos, sou grato pela curiosidade implícita nessas pessoas com certeza isso auxiliou no meu processo de avançar mais sobre temas antes desconhecidos. Um profundo agradecimento a pessoa da secretária da pós graduação Denise Harume Saito Becca, sua atenção, presteza e cordialidade com o corpo discente e docente são impecáveis.

Agradeço aos professores do departamento de Geografia na área de climatologia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Dra. Cíntia Minaki e ao Dr. Otávio Cristiano Montanher pelas ricas contribuições na interpretação das variáveis climáticas, foram imprescindíveis para a compressão do tema.

Enfim, tenho profunda gratidão e respeito a todo o quadro de funcionários da UEM, sejam quais foram as áreas de atuação, fui sempre bem recebido com uma sala limpa, biblioteca com amplo acervo, restaurante universitário funcionando e servindo bem aos alunos e professores.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

EPÍGRAFE

“Não temos, nunca tivemos e jamais teremos uma opinião sobre como estará o mercado de ações, a taxa de juros ou a atividade econômica daqui a um ano”.

(Warren Buffett)

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE QUADROS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO I - ABORDAGENS TEÓRICAS SOBRE CLIMA, PREÇOS RELATIVOS E ESTRATÉGIAS DE <i>HEDGE</i> E <i>CROSS HEDGE</i>	16
1.1 El Niño Oscilação Sul (ENOS).....	16
1.2 Razão de preços <i>Soybean-to-Corn</i> (STC).....	15
1.3 Teorias do <i>hedging</i>	21
1.4 Razão Ótima de <i>Hedge</i>	26
1.5 Efetividade de <i>Hedge</i> e <i>Cross Hedge</i>	28
1.6 Modelo de Myers e Thompson (1989).....	29
1.7 Integração e Cointegração	30
1.8 Testes de Estacionariedade.....	31
1.9 Teste de Cointegração de Johansen.....	34
CAPÍTULO II - METODOLOGIA, OPERACIONALIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS E APRESENTAÇÃO DOS MODELOS ANALITICOS	
2.1 Preenchimento de falhas-Método de Tabony.....	38
2.2 Apresentações dos Modelos Analíticos.....	40
CAPÍTULO III - APRESENTAÇÃO DAS DISCUSSÕES E RESULTADO	42
3.1 Análise das Estatísticas	50
3.1.1 Análise de correlação das variáveis do modelo	52
3.2 Apresentação dos resultados da pesquisa e primeiras análises	53
3.3 Estimativas da efetividade e razão ótima de <i>hedge</i> e <i>cross hedge</i>	58
3.3.1 Estratégias utilizando os preços à vista do milho.....	58
3.3.2 Estratégias utilizando os preços à vista da soja.....	63
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÊNDICE	80

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Teleconexões geradas pelo ENOS no Oceano Pacífico.	16
Figura 2 - Regiões do Oceano Pacífico em que ocorrem as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar - TSM	17
Figura 3 - Três estratégias para gerenciamento de risco de preço	20
Figura 4 - Fortalecimento e enfraquecimento da base	25
Figura 5 - Índice Nino 3.4 e <i>dummies</i> de restrições climáticas.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da variável climatológica ENOS.	35
Tabela 2 - Produção da soja e milho 1ª e 2ª safra no Brasil e Regiões.....	42
Tabela 3 - Área plantada da soja e milho 1ª e 2ª safra no Brasil e Regiões.	45
Tabela 4 - Produtividade da soja e milho 1ª e 2ª safra no Brasil e Regiões.	47
Tabela 5 - Estatísticas descritivas das séries de razão de preços e variáveis climatológicas. .	50
Tabela 6 - Resultados dos Coeficientes de Correlação das Séries de Preços, Taxa de Câmbio e Variáveis Climatológicas.....	53
Tabela 7 - Resultados dos Testes de Raiz Unitária e Cointegração sobre as séries de preços à vista e futuros da soja e milho.	54
Tabela 8 - Resultados das regressões estimadas a partir da razão de preços STC com e sem a inclusão da variável climática ENOS como variável explicativa.....	56
Tabela 9 - Resultados das estimações de razão ótima e efetividade de <i>hedge</i> utilizando contratos futuros do milho (B3)e da soja (CME) para <i>cross hedge</i>	59
Tabela 10 - Resultados das estimações de razão ótima e efetividade de <i>hedge</i> com preços da soja utilizando contratos futuros (CME) e <i>cross hedge</i> com contratos futuros de milho (B3) e (CME).....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das variáveis explicativas utilizadas nas regressões.	31
Quadro 2 - Critério de seleção das praças comercializadoras de soja e milho.....	33

FERREIRA, George Lucas Máximo, Msc., Universidade Estadual de Maringá-UEM, fevereiro de 2020. **Interação entre o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a Razão de preços Soybean-to-Corn (STC):** Uma análise a partir das estratégias de *hedging*. Orientador: Alexandre Florindo Alves. Coorientador: Julyerme Matheus Tonin.

RESUMO

A agricultura desempenha importante papel no crescimento econômico brasileiro. Uma parcela significativa da produção agrícola provém do plantio de grãos como a soja e o milho. Esses cultivares apresentam características fenológicas de dependência hídrica e sensibilidade ao calor, ou seja, são termogênicas e sensíveis as variações climáticas. Partindo do pressuposto que clima afeta a variação dos preços da soja e do milho é pretendido avaliar individualmente a relação entre esses preços e os potenciais impactos que isso ocasiona no gerenciamento de risco de preços. As praças de comercialização de Passo Fundo (RS), Cascavel (PR), Maringá (PR), Uberlândia (Triângulo Mineiro) e Sorriso (MT) abrangidas no estudo foram escolhidas de acordo com a classificação edafoclimática do MAPA e por meio das maiores microrregiões produtoras de grãos do país. Foram incluídas na metodologia o método de preenchimento de falhas de variáveis meteorológicas de Tabony (1983), para a estimação das regressões foi aplicado o Método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e finalmente para a estimação da efetividade e a razão ótima de *hedge* utilizou-se o modelo de Myers e Thompson (1989) adaptado por Lien e Tse (2000) para incluir na análise a abordagem de cointegração. Os achados da pesquisa foram que o clima por meio da *proxy* ENOS afeta as estratégias de *hedge*. Isso posto, as praças comercializadoras que apresentaram os melhores resultados de efetividade comparado foram, Passo Fundo (RS) hedgeando uma posição do mercado à vista do milho com contratos de milho B3 e Maringá (PR) assumindo uma estratégia de *hedge* sob os preços à vista da soja com contratos futuros da soja na Bolsa de Chicago.

PALAVRAS-CHAVE: soja; milho; efetividade; razão ótima de *hedge*; *cross hedge*.

FERREIRA, George Lucas Máximo, Msc., Universidade Estadual de Maringá-UEM, fevereiro de 2020. **Interaction between El Niño Southern Oscillation (ENSO) and the Soybean-to-Corn price ratio (STC):** An analysis based on hedging strategies. Adviser: Alexandre Florindo Alves. Co-Advisers: Julyerme Matheus Tonin.

ABSTRACT

Agriculture plays an important role in Brazilian economic growth. A significant portion of agricultural production comes from planting grains such as soy and corn. These cultivars have phenological characteristics of water dependence and sensitivity to heat, that is, they are thermogenic and sensitive to climatic variations. Based on the assumption that climate affects the variation of prices for soybeans and corn, it is intended to individually assess the relationship between these prices and the potential impacts that this has on price risk management. The marketing centers of Passo Fundo (RS), Cascavel (PR), Maringá (PR), Uberlândia (Triângulo Mineiro) and Sorriso (MT) covered in the study were chosen according to the MAPA edaphoclimatic classification and through the largest micro-regions grain producers in the country. Tabony's (1983) method of filling in gaps in meteorological variables was included in the methodology. For the estimation of regressions, the Ordinary Least Squares Method (OLS) was applied and finally for the estimation of effectiveness and the optimal hedge ratio was used. the model by Myers and Thompson (1989) adapted by Lien and Tse (2000) to include the cointegration approach in the analysis. The research findings were that the climate through the ENOS proxy affects hedge strategies. That said, the trading markets that presented the best results of comparative effectiveness were, Passo Fundo (RS) hedging a spot market position for corn with corn contracts B3 and Maringá (PR) assuming a hedge strategy under spot prices soybean with soybean futures on the Chicago Stock Exchange.

KEYWORDS: Soybean; corn; effectiveness; optimal hedge ratio; cross hedge.

INTRODUÇÃO

A economia agrícola brasileira envolve variáveis como: tecnologia genética para sementes com maior resistência a ambientes hostis, como o solo semiárido encontrado em algumas regiões do Nordeste, ou com excesso hídrico como é o caso da região Sul, tecnologia para colheita (plantadeiras, colheitadeiras, semeadeiras, entre outras), insumos diversos, disponibilidade de área para o plantio e condições de uso e manejo do solo. No entanto, Araújo (2012), destaca que são os fatores climáticos os principais causadores de variações na agricultura, influenciando as lavouras por meio da temperatura do ar (evapotranspiração), precipitação, umidade do solo e radiação solar. Essas variáveis se potencializadas por eventos climáticos extremos como o El Niño Oscilação Sul (ENOS) podem gerar, inundações, secas e ondas de calor que provocariam flutuações ou quebras de safras.

O ENOS é um evento natural que surge das interações entre atmosfera-oceano na região do Oceano Pacífico Tropical, em que ocorrem anomalias de Temperatura na Superfície do Mar (TSM) próximo à Costa Peruana até o oeste do Pacífico na Austrália. O ENOS é composto por duas fases opostas conhecidas por fenômenos de El Niño e La Niña que correspondem ao aquecimento e resfriamento da TSM e anos que não se enquadram em nenhuma fase extrema são considerados neutros (TRENBERTH, 1997).

Grimm (2000), ressalta que esses fenômenos afetam a agricultura por meio da interação com as variáveis meteorológicas de precipitação e temperatura. Segundo Abdolrahimi (2016), as fases do evento ENOS contribuem para o agravamento do desenvolvimento agrícola por meio: (i) da influência que os níveis de chuvas e calor exercem sobre a produção, (ii) dos riscos de pragas provocadas pelas condições profícuas para crescimento de fungos, insetos e (iii) intensificação das secas, enchentes e tempestades.

Ademais, como todas as regiões do globo a produtividade do agronegócio brasileiro é dependente das condições climáticas adequadas para o desenvolvimento das culturas, e portanto, eventos climáticos extremos que impactem negativamente as quantidades de chuvas e temperatura do ar principais componentes da produção de grãos que por sua vez influenciam a oferta e demanda no país, são importantes de serem estudados (GRIMM, 2000; PODESTÁ *et al.*, 2002).

Diante do exposto, o objetivo dessa pesquisa é estudar o gerenciamento de risco de preço por meio da aplicação de estratégias de *hedging* sob a influência climática do evento ENOS nos preços da soja e do milho em cinco praças de comercialização: Passo Fundo (RS),

Cascavel (PR), Maringá (PR), Uberlândia (Triângulo Mineiro) e Sorriso (MT). Para a seleção das praças foram utilizadas as microrregiões de acordo com a classificação edafoclimática da Secretaria de Política Agrícola (SPA) vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) no intervalo compreendido entre jan/2005 a dez/2018.

Para verificar a existência de relação entre clima e preços será assumida a hipótese de interação proposta por Ubilava (2017) de ENOS-preço (*ENSO-price*, termo em inglês) estimado a partir da série de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) com a inovação estabelecida entre a relação de preços soja-milho *Soybean-to-Corn*(STC) e a variável climática ENOS, ou seja, como a variável de TSM influência por meio dos fenômenos El Niño, La Niña e na sua Fase Neutra os preços da soja e do milho nas praças comercializadoras.

Estabelecida a relação entre ENOS e STC, ou seja, entre o clima e a razão de preços, procede-se as estimativas de razão ótima de *hedge*, isto é, o tamanho da exposição no mercado futuro para os preços da soja e do milho por meio do modelo de Myers e Thompson (1989) adaptado por Lien e Tse (2000) para incluir na análise a abordagem de cointegração, utilizando contratos futuros da B3 (Brasil, Bolsa, Balcão) e da Bolsa de Chicago (CME). Sendo que os preços à vista e futuros expressam a existência de tendência estocástica e assim os resultados da estratégia de *hedge* podem sofrer alterações por isso é importante tornar as séries estacionárias.

O objetivo específico dessa análise consiste em:(1) identificar a efetividade de *hedge* (redução do risco de preço) sobre os preços do milho e da soja com e sem a interação climática do ENOS para efeitos comparativos; e, (2) qual a razão ótima de *hedge* (cobertura) sob a condição de cada fenômeno, El Niño, La Niña ou em anos de fase neutra estimados por praça comercializadora.

Emerge como problema de pesquisa a seguinte questão a ser respondida: O evento climático ENOS por meio dos fenômenos El Niño, La Niña e na Fase Neutra afetam a neutralização dos riscos de preço e a cobertura exigida nas estratégias de *hedging* para o gerenciamento de risco de preço da soja e milho para cada praça comercializadora estudada?

A hipótese da pesquisa testa se o fator climático ENOS produz efeitos sobre a razão de preços STC para verificar *a posteriori* o comportamento da efetividade de *hedge* e a razão ótima sobre os preços à vista da soja e milho adotando estratégias com contratos futuros de milho da B3 e CME.

O primeiro capítulo abrangerá as abordagens teóricas sobre o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e variáveis meteorológicas como: nível de precipitação e temperatura do ar e as principais causas na agricultura. Além disso, são apresentadas a definição da razão de preços *Soybean-to-Corn* (STC) e a sua utilização como medida de retornos para verificação de oscilações nos preços da soja e do milho. Esse capítulo encerra com as Teorias de *hedging* e o modelo de estimação de efetividade de *hedge* e razão ótima.

No capítulo 2 são apresentados a metodologia incluindo o preenchimento de falhas de variáveis meteorológicas faltantes por meio do método de Tabony (1983), seguido do modelo analítico no qual será realizada a interação da variável climática ENOS com a razão de preços STC para posterior estimação e análise dos efeitos na efetividade de *hedge* e razão ótima finalizando o capítulo com a identificação da quantidade de defasagens utilizando o critério de informação de Schwarz (SC) e o teste de cointegração de Johansen(1989).

Finalmente, no capítulo 3 serão apresentados as discussões e resultados da pesquisa. Iniciando com um panorama geral acerca das produções, áreas plantadas e produtividade da sojicultura e milhocultura envolvendo as safras de 2006 a 2018. Por sua vez, são apresentadas as estatísticas descritivas do conjunto de variáveis empregadas nesse estudo e os resultados das regressões incluindo a interação clima e razão de preços STC e sob as condições das estratégias de *hedging*.

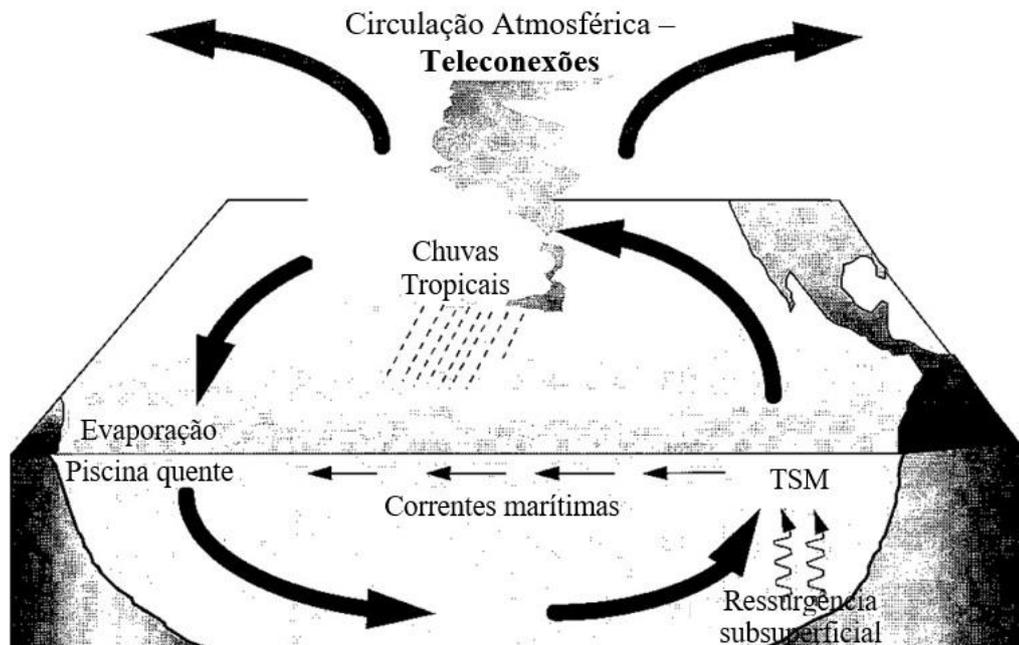
CAPÍTULO I

ABORDAGENS TEÓRICAS SOBRE CLIMA, RAZÃO DE PREÇOS E ESTRATÉGIAS DEHEDGING

1.1 EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL – ENOS

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um evento natural que surge das interações entre atmosfera-oceano na região do Oceano Pacífico Tropical, em que ocorrem anomalias de Temperatura na Superfície do Mar (TSM) próximo à Costa Peruana até o oeste do Pacífico na Austrália. Pela dinâmica natural dos oceanos, as águas são mais frias na costa da América do Sul e mais quentes na costa australiana. Portanto, quando a atmosfera atua sobre a superfície do oceano redistribui o calor decorrente das anomalias e provoca mudanças nos campos de ventos gerando as teleconexões (Figura 1) (TRENBERTH, 1997; GRIMM *et al.*, 2000).

Figura 1. Teleconexões geradas pelo ENOS no Oceano Pacífico.

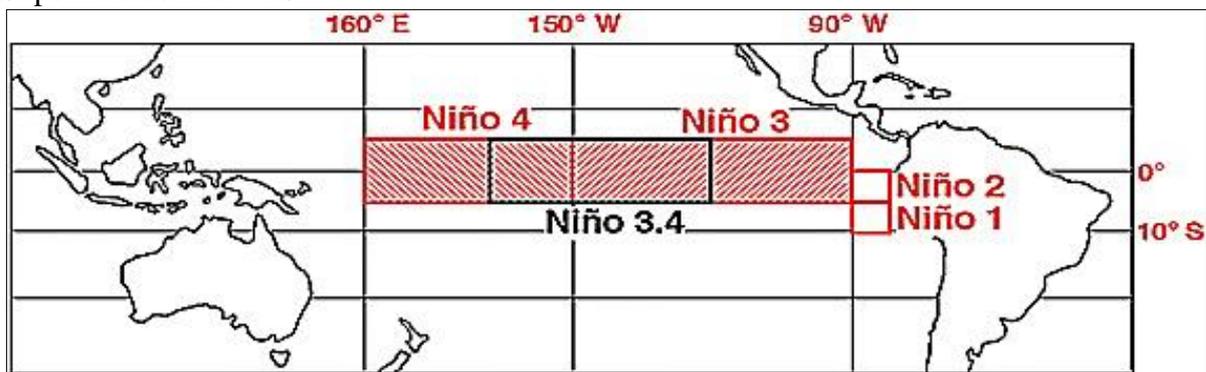


Fonte: Adaptado de Trenberth (1997).

O ENOS pode ser dividido em uma fase normal ou neutra (doravante N) e duas fases extremas: El Niño (doravante EN) e La Niña (doravante LN) (ADAMS *et al.*, 1999). O aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial (Figura 1) representa sinais de EN cuja alusão significa “Menino Jesus”, atribuição dada por

pescadores peruanos, porque o evento era mais bem observado em dezembro, próximo do Natal (BERLATO; FONTANA, 2003; GRIMM *et al.*, 1998). Por sua vez, quando ocorre o decaimento das temperaturas da superfície no Oceano Pacífico Tropical, observa-se o LN (“a menina” em espanhol), apresentando características inversas das proporcionadas pelo EN (TRENBERTH, 1997).

Figura 2. Regiões do Oceano Pacífico em que ocorrem as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar - TSM.



Fonte: Adaptado de Glantz (2001) e Jozami *et al.* (2017)

Diante do exposto a formação do ENOS não depende somente das variações oceânicas representadas pela TSM (Figura 2) e sim da associação conjunta com a componente atmosférica representada pela Oscilação Sul (OS). Essa variável compõe o Índice Oscilação Sul (IOS) que mede a pressão ao nível do mar nas regiões de Darwin (Austrália, 12° 20' S, 130° C 52' L) e Taiti situado na Polinésia Francesa (17° 33' S, 149° 31' O). Ênfase na região 3.4 (5°N-5°S, 170°-120°W), o índice define a fase de aquecimento (El Niño) do evento ENOS e a fase de resfriamento (La Niña), quando o índice permanece acima de +0.5°C por três meses consecutivos se caracteriza a formação do El Niño e a permanência por três meses consecutivos abaixo de -0.5°C, do La Niña. A não permanência em nenhum desses limites pressupõe a existência de uma fase neutra (GLANTZ, 2001; JOZAMI *et al.*, 2017).

Caso o Índice Nino 3.4 esteja situado na primeira região o IOS é considerado negativo, contudo, um aumento da pressão em Taiti significa um valor de IOS positivo (MINAKI E MONTANHER, 2019). Essa dinâmica entre os Oceanos Pacífico e Índico representa segundo Kouski *et al.* (1984), uma variação barométrica explicada pela célula de Circulação de Walker conhecida por OS.

Diante do exposto, Silva Dias (2014), ressalta que os fenômenos EN e o LN são os principais causadores de extremos climáticos, os quais provocam secas no Nordeste brasileiro,

leste da Amazônia e na Indonésia na presença de LN. E a intensificação dos níveis de precipitação na região Sul atingindo o Uruguai, norte da Argentina e a região equatorial leste da África na presença de EN, sobretudo no Sudeste Asiático, noroeste e nordeste dos EUA, sul da Austrália e região sudeste do Brasil os quais enfrentam as elevações de temperatura acima do normal.

Os principais efeitos decorrentes do LN são identificados na costa oeste equatorial da América do Sul com intensificação do frio e da seca. Por sua vez, a Indonésia tem seus níveis de precipitações elevados acima da média, o sudeste Asiático sofre com frio extremo e o sudeste norte-americano com o clima seco e quente. No Brasil, a região sudeste apresenta características de frio mais intenso e as regiões Norte e Nordeste tem seus níveis de chuvas potencializados (SILVA DIAS, 2014). Evidentemente os eventos adversos são causadores de desequilíbrios macroeconômicos provocando quebras de safras e em alguns casos ocasionando a destruição total de lavouras em regiões distintas, portanto, a preocupação em relação as variações abruptas do clima é pronunciada pelos *policy makers*, produtores rurais, agentes financeiros, cooperativistas, agroindustriais, fornecedores de insumos e a sociedade (LIMA *et al.*, 2001).

A variabilidade climática associada ao ENOS possui um impacto significativo sobre a produção agrícola (DENG *et al.*, 2010). Assim sendo, Keppene (1995), ressalta sobre a influência do fenômeno nos preços futuros da soja e do trigo no período do LN de 1982/83 e do EN de 1986/87 propondo uma abordagem por meio da aplicação do Filtro de Oscilação Temporal tendo por objetivo isolar o impacto do ENOS sobre a série de preços futuros nos EUA entre jan/1972 a abr/1993. Adams (1999), estimou um prejuízo da ordem de \$1,5 a \$1,7 bilhões de dólares para a agricultura dos EUA no período influenciado pelo grande EN de 1997/98 que foi seguido de um forte LN.

Para o Brasil Teracines (2011), identificou um prejuízo próximo a 20 milhões de toneladas de produtos estimados em R\$3,5 bilhões de reais no EN de 1998. Ademais, Araújo (2012) analisou as variações do evento ENOS sobre a produtividade das culturas, soja, milho, trigo, arroz, cana-de-açúcar, mandioca e feijão no período entre 1970-2002 para as regiões Sul e Nordeste do Brasil. Os principais achados foram: (i) a produtividade do milho está relacionada com a interação das variáveis meteorológicas, precipitação e temperatura e (ii) como são afetadas pelo evento climático extremo ENOS.

Segundo Ubilava (2017), essa dinâmica climática influencia os preços agrícolas, a distribuição de riqueza e a alimentação. O autor estudou os efeitos provocados pelo evento ENOS na cultura do trigo para os Estados Unidos, União Europeia, Austrália, Canadá e

Argentina usando um Vetor Autoregressivo de Transição Suavizado (VSTAR) para séries mensais dos preços entre jan/1982 a dez/2014.

Como *proxy* de clima usou o Índice Nino 3.4 cuja construção é representada pelos seguintes limites: se $SST \geq 0.5^{\circ}C = EN$; Se $SST < -0.05^{\circ}C = LN$ com relação ao evento climático ENOS. Os resultados obtidos pelo autor revelaram que existe uma relação dos preços internacionais do trigo com o evento ENOS. Quando se constatou a ocorrência de EN os preços diminuíram, e quando houve LN, os preços do trigo aumentaram. A seguir será tratado sobre a razão de preços STC, efetividade e razão ótima de *hedge* e *cross hedge*.

1.2 RAZÃO DE PREÇOS *SOYBEAN-TO-CORN* (STC)

A razão de preços STC ou preços relativos da soja/milho são de acordo com Lin e Riley (1998), uma medida de retorno entre dois preços. Esse indicador captura as expectativas dos produtores em relação aos preços afetando a área de plantio da soja ou do milho. Se a relação soja/milho exceder uma razão de equilíbrio haveria uma tendência (longo prazo) influenciada por um ciclo¹ em mudar de cultivar afetando a rotação das culturas. Nesse contexto, a elevação nos preços incentivaria mais produtores a entrar no mercado produzindo mais e aumentando a oferta dos produtos e conseqüentemente os preços iniciariam um processo de redução em decorrência do excesso da oferta, gerando uma alternância entre eles o que motivaria a preservação em uma cultura mais do que na outra (MARQUES *et al.*, 2006, UBILAVA, 2008).

No mercado agrícola norte-americano as condições cíclicas implícitas nos preços influenciam a decisão do produtor sobre plantar milho ao invés de soja ou vice-versa afetando a maximização de lucro. Portanto, a escolha do produtor é função das expectativas sem relação aos preços do milho e da soja, custos de produção, sazonalidades, variações climáticas, programas de subsídios do governo e colheitas anteriores. Dessa forma, a importância de analisar a razão de preços STC está na equivalência entre plantar milho ou soja condicionados ao *trade off* entre as culturas, influenciando as proporções de áreas destinadas ao plantio de cada cultivar que ciclicamente poderá afetar as produções e seus respectivos preços (UBILAVA, 2008).

¹ “Os ciclos referem-se a flutuações que ocorrem em períodos maiores que um ano, geralmente associadas ao comportamento do produtor diante do mercado e as variações de oferta de seu produto. Enquanto a tendência é um movimento de longo prazo, os ciclos são indicadores de curto prazo” (MARQUES *et al.*, 2006).

Segundo Fausti (2015), a relação de preço entre a soja e milho ocorre porque são produtos complementares no sistema de monocultura empregado pelos produtores, os quais podem se apropriar dos sinais econômicos enviados pelo mercado sobre a oferta e demanda percebida nos preços e adotar qual cultivar plantar e em qual área. Zulauf (2013) descreve que historicamente a razão STC norte-americana se mantém próxima a 2,52, isto é, o preço da soja é superior ao preço do milho. Essa razão de preço, juntamente com informações de custos de produção e produtividade direciona os produtores dos EUA a plantar mais soja e menos milho, ou vice-versa.

Uma das causas dessa substituição entre as culturas é consequência do declínio nos preços do petróleo. A eliminação na taxa subsidiada de exportação para o Etanol como prático das políticas agrícolas e energéticas promovidos pelo governo norte-americano associado aos baixos preços do milho fez com que os produtores adotassem o sistema de monocultura, ou seja, a adoção da rotação soja/milho e deslocassem a produção entre os cultivares de acordo com a dinâmica de preços estabelecida no mercado dos EUA. Essas mudanças foram possibilitadas a partir da Lei de Melhoria e Reforma Agrícola de 1996 conhecidas como a Lei de Liberdade de Exploração Agrícola, tais medidas proporcionaram após a década de 90 a expansão do etanol à base de milho e, portanto, os incentivos em cultivar o grão (FAUSTI, 2015).

Diante do exposto, para minimizar os efeitos provocados pelo risco de preços, ou seja, a volatilidade, Shah (1997), propõe por meio de um gerenciamento de risco três estratégias: diversificação, seguro e o *hedge*² (Figura 3). O autor destaca que por meio da diversificação dos ativos de uma carteira o agente visa distribuir a exposição de um único ativo em vários com baixa correlação entre si, evitando assim o risco de contaminação entre eles, sobretudo mantendo os respectivos riscos de forma reduzida, devido a menor concentração em cada ativo.

² A definição básica de *hedge* é: o ato de procurar proteção para a produção física (produtor rural) ou para aquele que detém o produto (cooperativas, armazenadores) ou tem necessidade de adquiri-lo para posterior processamento como a agroindústria (MARQUES *et al.*, 2006). Carmona *et al.*, (2014) afirma que a etimologia da palavra *hedge* possui origens anglo-saxão e corresponde à arbustos, galhos e pequenas arvores que serviam ao propósito de cercanias ou faixas limítrofes nos campos da Grã-Bretanha – “cerca viva”. Dessa forma à medida que se expandia a propriedade a cerca acompanhava tal expansão. Sendo esse conceito absorvido posteriormente para a economia financeira.

Figura 3. Três estratégias para gerenciamento de risco de preço.



Fonte: Adaptado de Shah (1997).

Adotando-se um seguro paga-se um custo fixo ou prêmio para eliminação de supostos riscos como é o caso do seguro agrícola que objetiva proteger financeiramente o produtor em caso de eventos intempestivos a qual a lavoura está submetida. Finalmente, o *hedge* ou cobertura é estruturado quando um *hedger* assume uma posição contrária no mercado futuro daquela em que está no mercado à vista (SHAH, 1997). Para fins dessa pesquisa o foco será na última estratégia, mais especificamente sobre a efetividade e razão ótima de *hedge* e *cross hedge*.

1.3 TEORIAS DO *HEDGING*

O sistema que envolve produtores e indústrias do agronegócio apresenta três situações de vulnerabilidade econômica, são estas: plantio, colheita e a comercialização as quais estão sujeitos a quatro tipos de riscos: clima, crédito, operacional e preço. O risco de clima envolve fenômenos da natureza, pragas, intempéries e situações não previsíveis. O risco de crédito existe dos compromissos assumidos pelo produtor para operacionalizar a produção junto a bancos e cooperativas, utilizando a safra que não foi colhida como garantia em muitas situações. O risco de operações decorre de falhas de máquinas e equipamentos ou humanas e o risco de preço das oscilações dos preços dos produtos condicionadas à oferta e demanda do mercado. Para se proteger da volatilidade no risco de preço os agentes podem se utilizar de derivativos agropecuários por meio dos mercados de futuros e de opções, essa cobertura ou proteção nos mercados futuros é denominada de *hedge* (SCHOUCHANA E MICELI, 2004).

Por sua vez, o *hedge* pode ser caracterizado como o ato de transferência do risco dos agentes avessos para os mais suscetíveis, os especuladores (SOUZA, MARTINES-FILHO E MARQUES, 2012). Sendo que, em uma operação de *hedge* o objetivo é fixar ou travar os preços de venda ou de compra de um determinado ativo subjacente (Exemplos: café, milho, soja, boi gordo, trigo, etc.) por meio de operações inversas as compromissadas no mercado à vista. Assim sendo, um produtor que pretende colher a safra em uma data futura vai realizar uma operação de vendas de contratos futuros (*hedge* de venda). Uma indústria processadora de insumos agrícolas que necessita de matérias-primas para sua operacionalização vai assumir uma operação de compra futura (*hedge* de compra) para garantir os preços (MARQUES *et al.*, 2006).

Com relação aos produtos agrícolas Martins e Aguiar (2004), apontam que a soja, para fins de exemplo, apresenta uma elevada volatilidade decorrente de choques de ofertas de vários países produtores e das demandas dos derivados de soja que influenciam de forma indireta a composição dos preços da oleaginosa. Dessa forma, os preços da soja variam de acordo com a disseminação das informações acerca da produção dos principais exportadores, variações na quantidade de consumo interno, variações climáticas, oferta de produtos substitutos entre outros fatores. Por sua vez, medidas para neutralizar ou reduzir os efeitos da volatilidade fazem parte do gerenciamento de risco de preços à disposição para os produtores, cooperativistas e agroindústria por meio da utilização de contratos futuros para estratégias de *hedging* (MARTINS E AGUIAR, 2004).

Além disso, Gomes (1987), reafirma que os contratos futuros estabelecem de forma clara e padronizada as características das mercadorias como o tipo, quantidade, qualidade, local de entrega, prazo, etc. Esses contratos evoluíram do contrato a termo reduzindo o risco de inadimplência entre as partes utilizando o mecanismo de “ajuste diário”³. Dessa forma, essas transações não implicam a execução física ou financeira antes do término do contrato e podem ser cancelados a qualquer momento assumindo uma posição oposta no mercado futuro. Hardaker *et al.* (2015) ressaltam que o mercado futuro tem o propósito de cobrir os custos de produção, reduzindo o risco de preço no mercado à vista do qual deriva.

De acordo com Ederington (1979), além da teoria tradicional é possível subdividir o *hedging* em outras duas importantes teorias: as teorias de Holbrook Working (1953) e a teoria do portfólio. A teoria tradicional precede os trabalhos de Working e a teoria do portfólio sendo,

³ Ajuste diário: Entre o início do contrato até o vencimento quando ocorrer diferença no preço assumido no ato do contrato e o preço de mercado, o vendedor deverá antecipar essa diferença ao comprador. Porém, se o preço futuro cair abaixo do preço assumido, o comprador que terá que dispor da diferença para o vendedor (SHOUCHANA E MICELI, 2004).

portanto, a base das teorias conhecidas acerca de *hedging*. A ênfase dessa teoria consiste em mitigar riscos, e os hedgers assumem posições equivalentes no mercado à vista e futuro (*naive hedge*), acreditando que haverá uma cobertura de todo o risco de preços (*hedge* perfeito). Dessa forma, se o produtor ou o cooperativista tivesse em estoque 1000 sacas de milho ou soja este realizaria um contrato futuro de venda equivalente a 1000 sacas. Quando a mercadoria fosse vendida, no mercado futuro seria executada a ordem de compra dos contratos na bolsa.

Assim sendo, a teoria tradicional argumenta que os preços à vista se deslocam em consonância com os preços futuros e não haveria o risco de base⁴ sendo desnecessária a operação de hedge. Working (1953), afirmou que muitos estudiosos da época não consideravam o fato de que *hedge* perfeitos são raros. Em seus artigos Holbrook Working contribuiu com a fundamentação econômica do *hedge* por meio de análise dos objetivos e conseqüências das operações utilizando contratos futuros de trigo no mercado norte-americano com destaque nas posições que possuíam grandes estoques de mercadoria. Suas conclusões foram de que as principais motivações para se operacionalizar um *hedge* são: (i) viabilizar as decisões de compra e venda, (ii) promover maior liberdade nas atividades empresarias, disponibilizar uma referência confiável para estocagem dos excedentes de *commodities* e (iv) reduzir os riscos de preços (SOUZA, MARTINES-FILHO E MARQUES, 2012).

De acordo com Working (1953), os *hedgers* possuíam duas características: especulação e proteção. Em sua opinião como os agentes detinham posições no mercado à vista, eles se preocupavam com as mudanças dos preços relativos e não dos absolutos, sendo que a principal referência era esperada dos preços futuros para os preços à vista (EDERINGTON, 1979). Com o desenvolvimento da moderna teoria do Portfólio de Markowitz (1959) e a inclusão da estimação do risco e retorno utilizando a variância como medida de risco, adotou-se a proposição fundamental da determinação da razão de *hedge* que satisfaça as preferências do investidor considerando o risco e retorno.

Partindo do pressuposto de que a proteção (cobertura) era uma aplicação da teoria do portfólio, Johnson (1960) e Stein (1961) integraram as características da teoria tradicional com a otimização de lucro de Working, argumentando que o *hedger* que assume uma posição esperando se proteger, mas também com objetivos no risco-retorno da operação. Essa

⁴ O risco de base segundo Hull (2016) está associado a incerteza sobre a base em determinada data futura. Essa situação se caracteriza pela incerteza a qual o agente está exposto assumindo a operação seja de um *hedge* de compra ou venda.

interpretação permitiu aos autores argumentar que os *hedgers* convenientemente manteriam posições cobertas e não cobertas (EDERINGTON, 1979).

Para satisfazer suas preferências quanto ao risco por meio da adequada diversificação do investimento, o *hedger* tem uma estimativa da proporção (tamanho) da posição no mercado à vista, que terá em um período futuro (como por exemplo, na colheita da safra). Assim, a determinação da razão de *hedge* corresponde ao tamanho do compromisso a ser assumido na posição oposta, com a aquisição de contratos futuros. O problema de definição dessa razão de *hedge* surge do fato que os preços não apresentam variações similares, isto é, apresentam o risco de base (GOMES, 1987). O risco de base de acordo com Hull (2016) decorre das variações da base que consiste da diferença entre o preço à vista e o preço futuro na data de vencimento, a saber:

- a) O ativo-objeto que será hedgeado pode não ser o mesmo do contrato futuro (*hedge* cruzado ou *cross hedge*);
- b) A assimetria de informação em relação a data exata que o ativo será comprado ou vendido;
- c) A estratégia pode demandar o encerramento antes da data do vencimento.

As condições expostas nos itens a, b e c promovem o risco de base que pode ser expresso por preço à vista menos o preço futuro de um ativo-objeto (HULL, 2016) conforme a equação (1).

$$B_{t,t,(t+n),i} = V_{t,i} - F_{t,(t+n)} \quad (1)$$

Na qual,

$B_{t,t,(t+n),i}$: Base no momento t com relação ao contrato com vencimento em $(t+n)$, na praça i ;

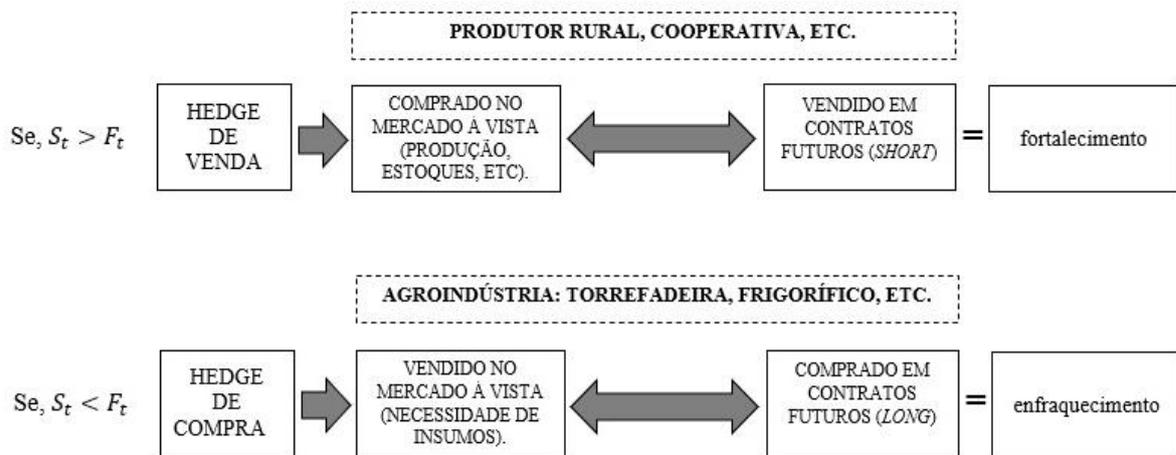
$V_{t,i}$: Preço à vista no momento t na praça i ;

$F_{t,(t+n)}$: Preço no momento t com relação ao contrato futuro com vencimento em $(t+n)$ no momento t .

No entanto, se a base for positiva diz-se que se encontra com a base invertida ou em situação de *fortalecimento*, quando está negativa é denominada de *enfraquecimento* “contango”

quando o preço futuro excede o preço à vista, se o ativo objeto do *hedge* for o mesmo do contrato futuro, a base deve ser nula no vencimento do contrato. A base é composta por: taxa de juros, custo de carregamento, receitas dos juros, dividendos, aluguéis e outros proventos (HULL, 2016). O risco de base pode melhorar ou piorar a situação do *hedger* de acordo com a configuração da Figura 4.

Figura 4. Fortalecimento e enfraquecimento da base



Fonte: Adaptado de Hull (2016).

Se um produtor rural, cooperativa ou agente que detém algum estoque de mercadorias e planeja realizar a venda desse ativo no mercado à vista, faz, portanto, um *hedge* de venda (*short*), ou seja, assume posição oposta à do mercado à vista utilizando contratos futuros de venda (Figura 4). Nesse cenário se o preço no mercado à vista for superior ao preço no mercado futuro ocorre um *fortalecimento* da base e a posição do *hedger* melhora, caso os preços futuros excedam os preços à vista há uma piora da base e, portanto, um enfraquecimento da base (HULL, 2016).

Em uma situação oposta ao do produtor, encontra-se a agroindústria que necessita dos insumos para manufaturar e, portanto, não possui estoque precisando adquirir previamente (Exemplos: Torrefadeiras: café; Frigorífico: boi gordo; etc.). Diante do exposto, adota-se um *hedge* de compra (*long*) com o objetivo de travar os preços em determinada data utilizando contratos futuros do ativo-objeto (café, boi gordo, etc.). A posição da empresa tende a piorar com um fortalecimento da base, aumento dos preços à vista e melhora com o enfraquecimento da base, isto é, aumento dos preços futuros (HULL, 2016). Assim sendo, é necessário calcular qual a proporção ideal de contratos futuros para efetivar a cobertura da operação de *hedge*, ou seja, a razão ótima de *hedge*.

1.4 RAZÃO ÓTIMA DE *HEDGE*

Para o cálculo da razão ótima de *hedge* adotou-se o procedimento proposto por Blank *et al.* (1991), Stoll e Whaley (1993) e Johnson (1960) em que se admite um *hedger* com o objetivo de maximização da sua riqueza, avesso ao risco, de posse de dois ativos que compõe uma carteira (portfólio) sendo uma posição no mercado à vista e uma no mercado futuro. Para Barros e Aguiar (2005) a equação do *hedge* de venda entre o período de início da posição assumida e o fechamento cuja finalidade consiste em estimar a receita do *hedger* é representada por meio da equação (2).

$$R_{\text{venda}}^e = (V_2' - V_1) + (F_1 - F_2') = (V_2' - F_2') - (V_1 - F_1) = B_2' - B_1 \quad (2)$$

Em que,

R_{venda}^e : É a receita bruta esperada no *hedge* de venda;

$V_2' - V_1$: É a diferença entre os preços no mercado à vista nos períodos 2 e 1;

$F_1 - F_2'$: É a diferença entre os preços no mercado futuro nos períodos 1 e 2;

V_1 : Preço à vista no período 1;

F_1 : Preço futuro no período 1;

B_1 : Base no período 1 e B_2' é a Base esperada para o período 2.

O objetivo da equação (2) é demonstrar que o prejuízo obtido em um mercado é compensado em outro se a base permanecer constante (*e.g.*, $B_1 = B_2'$). De acordo com Martins e Aguiar (2004) ao dividir a equação (2) pelo tamanho da posição no mercado à vista, V , resulta na receita por unidade de produto:

$$\frac{R_{\text{venda}}^e}{V} = (V_2' - V_1) - h(F_2' - F_1) \quad (3)$$

Aplicando a propriedade da variância na equação (3), se obtém a variância da receita por unidade do produto:

$$\sigma_h^2 = \sigma_p^2 - 2h\sigma_{pf} + h^2\sigma_f^2 \quad (4)$$

Sendo que,

σ_h^2 : É a variância da receita por unidade do produto;

σ_p^2 : É a variância do preço no mercado físico;

σ_{pf} : Covariância entre as mudanças do preço no mercado à vista e preço futuro;

σ_f^2 : É a variância da mudança do preço futuro.

Por meio da diferenciação da equação (4) com relação à h para minimização da variância da receita se obtém a condição de primeira ordem estimando a razão ótima de *hedge* (h^*):

$$\frac{\partial \sigma_h^2}{\partial h} = -2\sigma_{pf} + 2h\sigma_f^2 = 0 \quad (5)$$

$$2h\sigma_f^2 = 2\sigma_{pf} \quad (5.a)$$

Multiplicando-se ambos os lados da equação (5.a) por $\left(\frac{1}{2}\right)$, tem-se:

$$h\sigma_f^2 = \sigma_{pf} \quad (5.b)$$

$$h^* = \frac{\sigma_{pf}}{\sigma_f^2} \quad (5.c)$$

A razão ótima de *hedge* h^* , que segundo Martins e Aguiar (2004) permitem minimizar a variância da receita do *hedger* é dependente da covariância entre os preços futuros e à vista (σ_{pf}) e da variância do preço futuro (σ_f^2). Assim sendo, h é a razão de *hedge* $\left(\frac{F}{V}\right)$ que revela o tamanho da posição no mercado futuro em relação ao mercado à vista (e.g. seja $h^* = 0,5$, a razão ótima de *hedge* calculada, isso significa que para cada 1000 sacas produzidas, armazenadas, etc., um *hedger* deve vender o equivalente a 500 sacas no mercado futuro).

1.5 EFETIVIDADE DO HEDGE E CROSS HEDGE

De acordo com Fileni, Marques e Machado (1999), a efetividade do *hedge* proposta no modelo de Johnson (1960) pode ser obtida por meio do modelo de carteira considerando a redução percentual da variância do retorno para uma proporção de *hedge* de mínimo risco determinada pela expressão:

$$Var = (1 - \rho^2)Var(p) \quad (6)$$

Exposta a equação (6) se observa que quanto mais o coeficiente de determinação (R^2) se aproximar de um maior será a redução do risco de preço à vista, relacionando, portanto, a efetividade do *hedge* com a correlação entre os preços à vista e futuro. Reescrevendo a equação (6) de acordo com Franco, Neto e Machado (2016) em função da efetividade e , obtém-se:

$$e = \frac{Var(p) - Var(h^*)}{Var(p)} = 1 - \frac{Var(h^*)}{Var(p)} \quad (7)$$

Na qual,

e : Efetividade do *hedging*;

$Var(h^*) = \sigma_s^2 + h^2\sigma_f^2 - 2h\sigma_{sf}^2$, sendo a variância mínima da carteira protegida;

σ_f^2 : Variância dos preços futuros;

σ_{sf}^2 : Covariância entre os preços à vista e futuros;

h : Razão ótima de *hedge*;

$Var(p) = \sigma_s^2$: variância da receita não envolvendo uma operação de *hedge*.

Simplificando, a expressão (7) pode ser reescrita de acordo com Ederington (1979) na forma:

$$e = \frac{\sigma_{sf}^2}{\sigma_s^2 \sigma_f^2} = \rho^2 \quad (8)$$

Diante do exposto, a efetividade do *hedge* é determinada pela estimativa do quadrado da correlação linear, ρ^2 , entre os preços à vista e os preços futuros. Assim sendo, para calcular

a efetividade do *hedge* e neutralizar os riscos de preço é possível fazê-lo por meio do coeficiente de determinação, R^2 (MARTINS E AGUIAR, 2004).

Variando o quadrado da correlação entre esses preços entre zero e um, a efetividade quando utilizada com a razão ótima de *hedge* também flutua entre zero a um. Assim, de acordo com Martins e Aguiar (2004) a efetividade do *hedge* será máxima quando as mudanças entre os preços forem perfeitamente correlacionadas, reduzindo à medida que as mudanças diminuïrem. Portanto, quanto maior a correlação entre os produtos do mercado à vista (ativo subjacente) e o produto vinculado ao contrato, maior será a tendência da efetividade de *hedge* associado à razão ótima.

1.6 MODELO DE MYERS AND THOMPSON (1989)

A partir do modelo apresentado anteriormente de razão ótima de *hedge*, Myers e Thompson (1989) desenvolveram um método em que é possível obter o coeficiente de *hedge* por meio de uma regressão linear simples representada pela equação (10) utilizando os preços cointegrados à vista e futuros em primeira diferença:

$$\Delta p_t = \alpha + \beta \Delta f_t + \varepsilon_t \quad (10)$$

Em que, α é o intercepto, $\Delta p_t = p_t - p_{t-1}$ e $\Delta f_t = f_t - f_{t-1}$, representam os preços do mercado à vista e futuros respectivamente na primeira diferença, β pode ser estimado pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), dessa equação resultará a série de resíduos (ECT) qual será utilizada para ajustamento do modelo e estimação da efetividade e razão ótima de *hedging*.

Isso posto, o modelo apresentado por meio da equação (11) considera as variáveis diferenciadas dos preços físicos e futuros, conforme proposto por Myers e Thompson (1989) e inclui a presença de cointegração conforme a abordagem de Engle e Granger (1987) junto as contribuições da base de Lien e Tse (2000) definido por meio da seguinte equação:

$$\Delta p_t = \alpha + \beta \Delta f_t + \sum_{i=1}^m \beta_i p_{t-i} + \sum_{j=1}^n \gamma_j \Delta f_{t-j} + \rho u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

Sendo,

Δp_t : Preço à vista na primeira diferença no instante t ;

β : Razão ótima de *hedge*(h);

α : É a constante da regressão;

Δf_t : Preço futuro na primeira diferença;

p_{t-i} : Preço à vista diferenciado defasado no instante $t-i$;

Δf_{t-j} : Preço futuro diferenciado defasado no instante $t-j$;

ρu_{t-1} : Termo de correção de erro (*Error Correction Term* - ECT)

$\varepsilon_t \sim N(0,1) \text{ i. i. d}$

Na qual, u_{t-1} é a série de resíduos resultante da regressão entre os preços à vista (e.g, $CORN_{i,t}$; $SOY_{i,t}$) e futuros ($cornB3t$, $cornCMEt$ e $soyCMEt$) representados pela equação (10). Além disso, a estimativa da razão ótima de *hedge* é obtida por meio da estimativa do coeficiente β (ZILLI et al., 2008). No próximo tópico será explorado a condição necessária para que as séries sejam cointegrados conforme sugerido no modelo de Myers e Thompson (1989), segundo Engle e Granger (1987).

1.7 INTEGRAÇÃO E COINTEGRAÇÃO

A importância em se analisar a cointegração entre variáveis é devido a possibilidade de, sendo duas variáveis integradas, haver influência de uma variável na variabilidade da outra. Isso posto, uma série não estacionária é integrada quando ao sofrer um processo de diferenciação se tornar estacionária precisando apenas tomar uma diferença para alcançar uma série de retornos estacionária (SOTO, 2016).

Assim sendo, primeiro determina-se o número de raízes unitárias existentes na série, isto é, a sua ordem de integração. Bueno (2015), afirma que uma série é composta de uma tendência, componente estacionária e um ruído branco de média zero e variância σ^2 . Quando a série apresenta tendência estocástica são chamadas de séries integradas e a ordem de integração (d) vai depender do número de somatórios de erros, sendo representadas pela notação I(d),

sendo que usualmente séries econômicas possuem ordem de integração menor que 2, $I(1)$, e séries estacionárias tem ordem de integração 0, $I(0)$.

Assim, um conjunto X dito de séries integradas $I(1)$ é cointegrado se existe ao menos uma combinação linear $S = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$, $\forall \beta_i \neq 0$ que seja estacionária, sendo que o vetor $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ é denominado vetor de cointegração e representa a reversão das séries ao equilíbrio em torno das suas tendências (SOTO, 2016).

Diante do exposto, Lien (1996), reitera que é necessário considerar a cointegração das séries de preços à vista e futuros para não incorrer no erro de subavaliação das posições ótimas de contratos futuros na estratégia de *hedge*. O resultado da adoção da estratégia subavaliada pode fazer com que o hedger assuma uma posição futura menor do que a ideal e sofrerá perdas na cobertura do risco.

Além disso, a teoria da cointegração objetiva com duas questões fundamentais segundo Bueno (2012) são estas: (1) Testar os resíduos u_t para verificar a estacionariedade da série e (2) sendo u_t estacionário incorporar essa informação no modelo para ajustá-lo resultando no modelo VECM em que se insere o erro de equilíbrio, conhecido por Modelo Vetor de Correção de Erros (*Vector Error Correction Model – VECM*) e incluem na formulação um termo de correção de erros (ECT), ρu_{t-1} . Para Soto (2016), o objetivo desse termo é medir a distância das séries em relação a um equilíbrio estacionário definido pelas suas tendências.

1.8 TESTES DE ESTACIONARIEDADE

Para aplicação da metodologia proposta, é necessário que as séries sejam estacionárias. Dado o exposto, raramente uma inspeção visual vai permitir ao observador distinguir entre uma tendência estocástica de uma determinística. Para resolver esse impasse foram desenvolvidos testes para descobrir a existência de raízes unitárias, sendo o primeiro de Dickey e Fuller (1979, 1981). O teste DF consiste basicamente em estimar um determinado modelo (Equação 14) e testar o coeficiente angular da regressão por meio de um teste t .

$$p_t = \phi p_{t-1} + u_t \quad (12)$$

O teste de hipótese é representado por $H_0: \phi = 1$, contra $H_0: \phi < 1$, ou seja, sep_t é um passeio aleatório (*random walk*) sem *drift*. Entretanto, y_t é não estacionário e a distribuição do teste é não convencional. Na tentativa de ajustar o teste, Dickey e Fuller (1979) refizeram os cálculos do valor da estatística t, conforme a definição da regressão e o tamanho da amostra (BUENO, 2015). As seguintes equações foram utilizadas pelos autores para estimar as estatísticas, alternando entre a existência de intercepto (*drift*) e tendência determinística:

$$\Delta p_t = \phi p_{t-1} + u_t \quad (13)$$

$$\Delta p_t = \alpha + \phi p_{t-1} + u_t \quad (14)$$

$$\Delta p_t = \alpha + \beta t + \phi p_{t-1} + u_t \quad (15)$$

A estatística da equação (13) conhecida por (τ) não considera a existência de *drift* e tendência determinística. Na equação (14) a estatística (τ_μ) descarta a tendência determinística, na equação (15) a estatística (τ_τ) considera *drift* e a tendência determinística, todas calculadas considerando a hipótese de $H_0: \alpha = 0$ (MORETTIN E TOLOI, 2006).

O problema apresentado nos testes anteriores é considerar o erro como um ruído branco, sendo que freqüentemente é um processo estacionário qualquer, podendo provocar distorções no poder do teste, que Segundo Bueno (2015), trata-se de cometer erros do tipo I e II. Isso posto, surgiu o teste conhecido por Dickey-Fuller aumentado (*Augmented Dickey-Fuller test – ADF*) equação (16):

$$\Delta p_t = \alpha + \beta t + \phi p_{t-1} + \sum_{i=1}^q \gamma_i \Delta p_{t-i} + u_t \quad (16)$$

Em que,

α : É o intercepto (*drift*);

β : Coeficiente de tendência;

ϕ : Coeficiente de presença de raiz unitária;

q : Representa o número de defasagens incluídas na série.

O teste ADF consiste em estimar um modelo incluindo o número suficiente de variáveis autorregressivas para que não rejeite a hipótese de que se refere ao um ruído branco. Entretanto, Bueno (2015), reitera que na presença de termos determinísticos o poder do teste ADF perde efeito. Para aumentar o poder do teste Elliot *et al.* (1996) sugeriram a exclusão dos termos determinísticos da regressão do teste. Essa alteração rebatizou o teste para DF-GLS (*Dickey Fuller Generalized Least Square*). O teste DF-GLS se comporta de modo satisfatório em pequenas amostras em contrapartida do ADF cuja aplicação é mais direcionado a grandes amostras (SOUZA *et al.*, 2019). A equação com os termos determinísticos excluídos é representada a seguir:

$$\Delta p_t^d = p_t - z_t \beta \quad (17)$$

Na equação (17), Δp_t^d é a série da qual foram removidas a média e/ou a tendência por MQG para torná-la estacionária. Na seqüência, aplicou-se o procedimento proposto em Dickey e Fuller (1979, 1981) por meio da equação:

$$\Delta p_t^d = \phi p_{t-1}^d + \sum_{i=1}^q \gamma_i \Delta p_{t-1}^d + u_t \quad (18)$$

O número de defasagens (q) foi determinado pelo critério de informação de Schwarz (SIC), estabelecendo a preferência nos modelos com o menor número dos critérios citados. De posse desses resultados pode-se finalmente avaliar a existência ou não de relações de longo prazo entre as séries de preços à vista e futuro do milho e da soja. A equação do critério SIC é dada por:

$$SIC = -2 \left(\frac{\tau}{T} \right) + \frac{k \ln(T)}{T} \quad (19)$$

Em que, segundo Dezordi *et al.* (2009), τ é o logaritmo da função de máxima verossimilhança (MV) com k parâmetros, sendo estimada partindo de T observações. Diante do exposto, esse critério define o número de defasagens (*lags*) ótimo para minimizar a equação (19).

1.9 TESTE DE COINTEGRAÇÃO DE JOHANSEN

O teste de cointegração proposto por Johansen (1988) utiliza estimadores de MV possibilitando avaliar as variáveis simultaneamente o que permite testar a presença de múltiplos vetores de cointegração. A identificação do número de vetores (relações) segundo Souza *et al.* (2019) é realizada por meio da estatística traço (λ *trace*) e a estatística de máximo valor (λ *max*). A equação de estimação do teste é dada por:

$$\lambda_{traço}(r) = -T \sum_{i=r+1}^p \ln(1 - \widehat{\lambda}_i) \quad (20)$$

$$\lambda_{max}(r, r + 1) = -T \ln(1 - \widehat{\lambda}_{r+1}) \quad (21)$$

Na qual,

r : É o número de vetores de cointegração da hipótese nula;

T : É o número de observações;

$\widehat{\lambda}_i$: É o valor estimado do autovalor (*eigenvalue*).

Segundo Dezdordi *et al.* (2009), a estatística traço é um teste conjunto com a hipótese nula sendo de um número de vetores de cointegração menor ou igual a r (*rank*), contra a hipótese nula alternativa de pode existir mais vetores r . Isso posto, se inicia com p autovalores, expurga-se o maior de forma sucessiva, obtendo-se $\lambda_{traço} = 0$ quando todos $\lambda_i = 0$, ou seja, sem a presença de raiz unitária. De forma separada testa-se o λ_{max} para cada autovalor, com a hipótese nula sendo o número de vetores de cointegração igual a r , caso contrário, $r+1$.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA, OPERACIONALIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS E APRESENTAÇÃO DOS MODELOS ANALITICOS

Os dados de temperatura do ar ($TEMP_{i,t}$) e quantidade de precipitação ($PREC_{i,t}$) foram extraídos da Agência Nacional de Águas (ANA), Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), o qual armazena dados meteorológicos diários e mensais formando uma série histórica das várias estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As séries diárias de preços do mercado à vista do milho (R\$/saca de 60kg) e da soja ($CORN_{i,t}$; $SOY_{i,t}$) foram coletadas do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – (CEPEA-Esalq/USP) (Quadro 1).

Quadro1. Descrição das variáveis explicativas utilizadas nas regressões.

Descrição	Variável	Unidade	Fonte
Nível de precipitação	$PREC_{i,t}$	mm	ANA/BDMEP
Temperatura do ar	$TEMP_{i,t}$	°C	ANA/BDMEP
Preços do milho no mercado à vista	$CORN_{i,t}$	R\$/sc60kg	CEPEA/ESALQ
Preços da soja no mercado à vista	$SOY_{i,t}$	R\$/sc60kg	CEPEA/ESALQ
Razão de preços <i>Soybean-to-Corn</i>	$STC_{i,t}$	-	Elaborado pelo autor
Cotação do preço futuro do milho	$cornB3t$	R\$/sc60kg	Brasil, Bolsa, Balcão (B3)
Cotação do preço futuro do milho	$cornCMEt$	cents de US\$ /bushel	Bolsa de Chicago (CME)
Cotação do preço futuro da soja	$soyCMEt$	cents de US\$ /bushel	Bolsa de Chicago (CME)
Série diária da taxa câmbio	DOL_{cpat}	-	Banco Central do Brasil (BACEN)
<i>Proxy</i> climático	$ENOS_t$	-	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota 1: ENOS – *Threshold* elaborado a partir do Índice de TSM Nino 34.

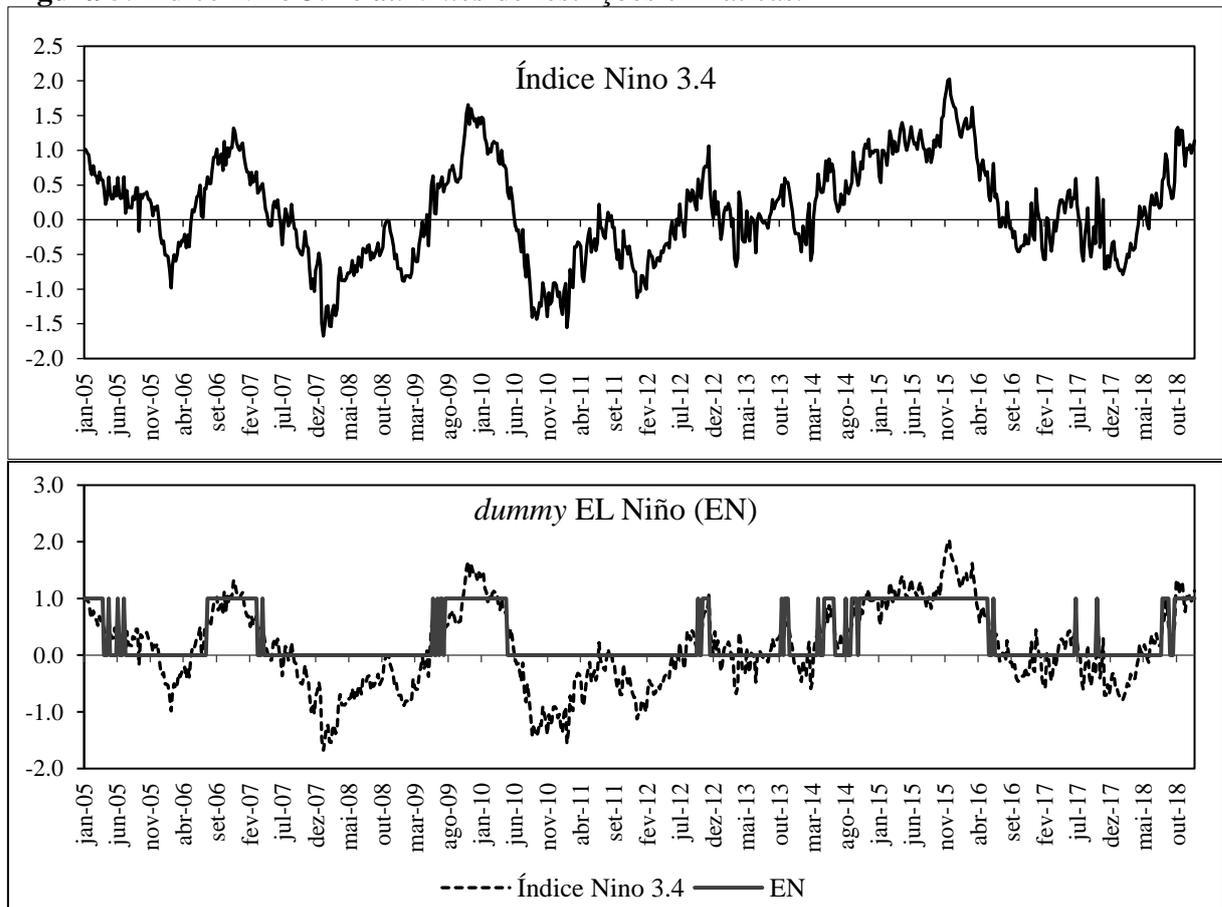
2: Séries diárias dos preços futuros cotados na CME foram convertidas segundo Martins e Aguiar (2004) de cents de US\$/bushel para R\$/ sca de 60kg.

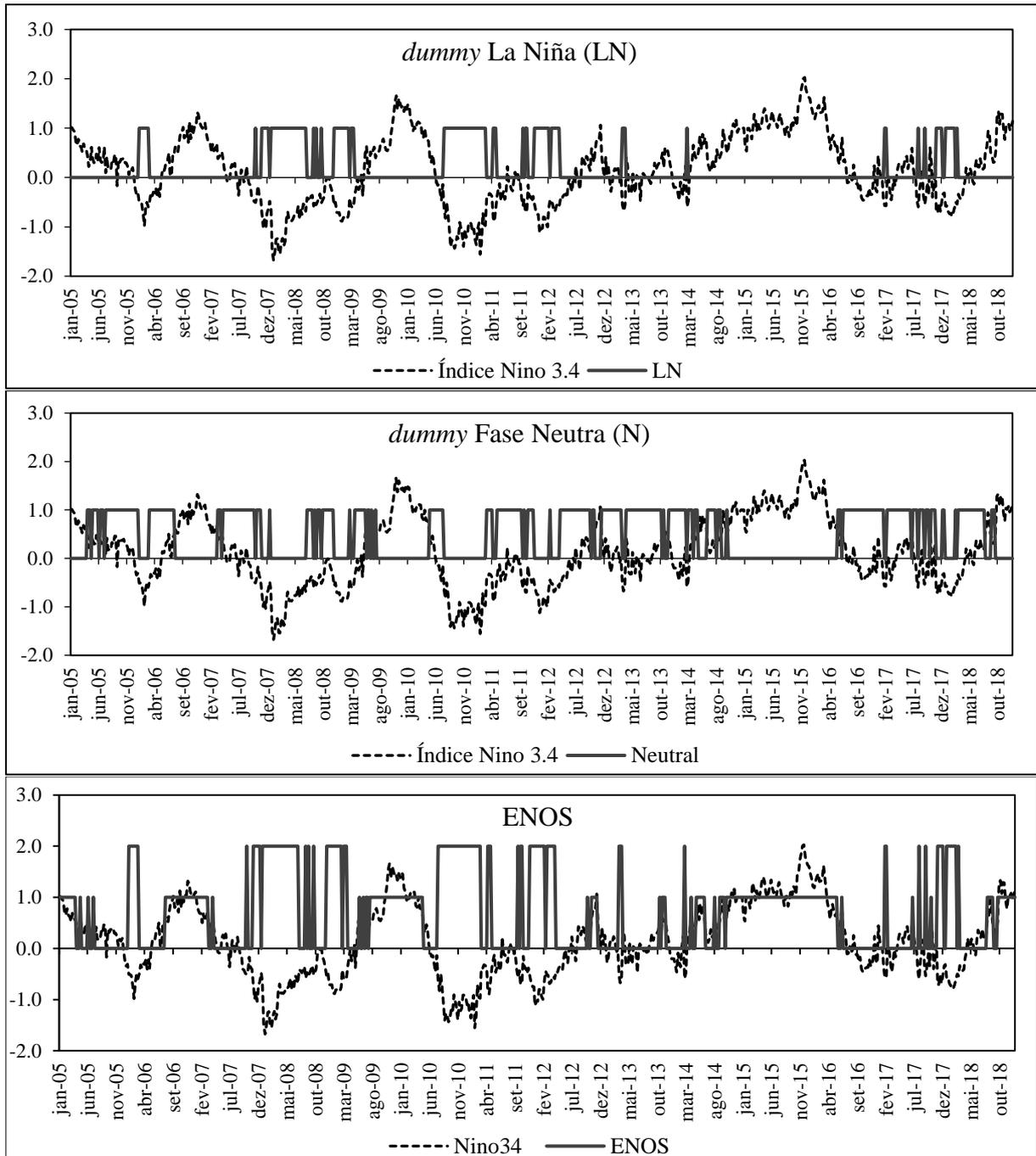
Os preços dos contratos futuros de milho e da soja foram coletados da B3 e CME(Quadro1). Devido às diferentes datas de vencimento dos contratos adotou-se o agrupamento de contratos em uma série unificada, correspondente ao primeiro vencimento em aberto. Esse procedimento foi sugerido por Tonin (2019 *apud* MA; MERCER; WALKER 1992), assumindo que pode ocorrer volatilidade e aumento do volume de negócios na data próxima ao vencimento do contrato em decorrência do efeito dia ou semana (*expiration day*

effect) distorcendo a referência de preços do mercado. Diante do exposto, utiliza-se a referência de preço de um vencimento no dia anterior ao último dia de negociação desse contrato assumindo os valores do próximo vencimento em aberto. Martins e Aguiar (2004) adotaram procedimento similar ao estabelecer a quarta feira como data de referência argumentando ser o dia de maior volume de negociações, e na ausência de pregão naquele dia busca-se o dia imediatamente anterior, na ausência deste, o dia imediatamente posterior.

O Índice Nino 3.4 que representa as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) foi coletado da base de dados disponibilizadas pelo *KNMI Climate Explorer* e *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA/NCDC). A construção da série de TSM (*SST* termo em inglês) é realizada por meio de interpolação ótima sendo elaborada a partir de dados de satélites coletadas semanalmente e aprimoradas com informações de navios-sonda reduzindo as distorções (REYNOLDS; SMITH, 1994). A partir do Índice Nino 3.4 foi elaborada uma variável *threshold* como *proxy* climática denominada, $ENOS_t$ (Figura 5) com o objetivo principal em delimitar a presença dos eventos El Niño, La Niña e a fase neutra.

Figura 5. Índice Nino 3.4 e *dummies* de restrições climáticas.





Fonte: Adaptado de *KNMI Climate Explorer*.

Nota 1: Elaboração das variáveis *dummies*, se (EN=1; 0); (LN=1; 0) e (N=1; 0).

2: A variável **ENOS** se refere a um *threshold* cuja finalidade consiste em agrupar os fenômenos climáticos, assim, obtém-se: EN=1; LN=2 e Neutral=0 (*grifo nosso*)

3: Segundo Glantz (2001), Niño 34 é a região do Oceano Pacífico localizado em 5°N-5°S, 120°-170°W

4: Série semanal entre janeiro de 2005 a dezembro de 2018.

Uma inspeção visual na Figura 5 permite verificar as variações de TSM delimitado pelo *threshold* $ENOS_t$ e assim os momentos de ocorrência dos fenômenos EL, LN e N no intervalo observado. A *proxy* climática foi elaborada de acordo com Abdolrahimi (2016) e o procedimento proposto por Williams (2012) para interação de variáveis. A série diária da taxa

de câmbio, dólar dos EUA comercial para compra (Dol_{cpa_t}) foi obtida no Sistema Gerenciador de Séries Temporais (SGS) do Banco Central do Brasil (BACEN, 2019).

Para a escolha dos municípios brasileiros que representam o mercado à vista do milho e da soja adotou-se o critério proposto por Martins e Aguiar (2004) e Maia e Aguiar (2010) de seleções de acordo com as maiores microrregiões produtoras de grãos embasadas pela classificação do MAPA (Quadro 2). Segundo a Instrução Normativa nº 1, de 02 de fevereiro de 2012 da Secretaria de Política Agrícola (SPA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) divide a área plantada de soja e de milho em cinco macrorregiões, com base nas características edafoclimáticas, numeradas de acordo com a expansão da fronteira agrícola, a qual, por sua vez é subdividida em 20 mesorregiões, a saber: 101, 102, 103, 104, 201, 202, 203, 204, 301, 302, 303, 304, 401, 402, 403, 404, 405, 501, 502 e 503 (BRASIL, 2012).

Quadro2. Critério de seleção das praças comercializadoras de soja e milho

Praça comercializadora	Região edafoclimática	UF	Macrorregião
Passo Fundo	101	RS	Sul
Cascavel	201	PR	Sul
Maringá	201	PR	Sul
Uberlândia	303	MG	Sudeste
Sorriso	402	MT	Centro-Oeste

Fonte: Adaptado de Tonin (2019); Brasil (2012).

Nota 1: Classificação edafoclimática segundo instrução normativa nº1 de 2 de fevereiro de 2012 do MAPA.

As praças selecionadas seguindo os critérios citados foram: 101-Passo Fundo (RS), 201-Cascavel (PR), 201-Maringá (PR), 303-Uberlândia (Triângulo Mineiro) e 402-Sorriso (MT) sendo que Maringá, Cascavel e Sorriso pertencem às maiores microrregiões produtoras de grãos, Paraná e Mato Grosso, nas regiões Sul e Centro-Oeste do Brasil (MARTINS E AGUIAR, 2004; MAIA E AGUIAR, 2010; TONIN, 2019). Para a utilização das variáveis meteorológicas se procedeu com o método de preenchimento de falhas de Tabony (1983) descrito na próxima seção.

2.1 PREENCHIMENTOS DE FALHAS – MÉTODO DE TABONY

Devido à ausência de algumas observações nas variáveis de precipitação e temperatura adotou-se o método de preenchimento para variáveis meteorológicas faltantes desenvolvidas por Tabony (1983). O método consiste em escolher uma estação meteorológica teste e estações

vizinhas e estimar por meio de uma Regressão Linear Múltipla (RLM) ou combinações lineares de dados meteorológicos das estações vizinhas para o preenchimento de falhas da estação teste tendo em vista alguns critérios que devem ser respeitados, são estes:

- a) Cada parâmetro meteorológico pode ser estimado separadamente. A melhor combinação linear entre estações para uma variável, exemplo: Precipitação, não necessariamente é a mesma para temperatura;
- b) As estações vizinhas podem ser selecionadas adotando-se a correlação com a estação teste;
- c) Uma dependência direcional pode ser imposta na seleção das estações (condições orográficas⁵);
- d) Assume-se que a relação entre as estações é linear;
- e) No cálculo das estimativas dos dados faltantes, consideram-se somente as semanas com sobreposição de dados das estações teste e vizinhas.

Segundo o método de Tabony, para preencher as lacunas nas séries de precipitação, $PREC_{it}$, e temperatura, $TEMP_{it}$, foram utilizadas: uma estação teste (dados a serem preenchidos) e três Estações Vizinhas por município ou praça de comercialização da soja e milho. Resultando em sete combinações possíveis entre essas estações, dando origem a sete regressões. Isso posto, o resultado foi de 42 regressões incluindo o nível de precipitação e 21 para temperatura, haja vista que Passo Fundo (RS), Maringá (PR) e Cascavel (PR) não apresentaram dados faltantes em suas séries de temperatura.

O critério de seleção recomendado para a escolha das estações vizinhas é admitir a melhor correlação entre a Estação Teste e a Estação Vizinha. O banco de dados das variáveis meteorológicas deve possuir uma boa disponibilidade de observações, o ideal é que em séries de dez anos exista no mínimo 50% dos dados. E não necessariamente as estações testes e vizinhos utilizados para o preenchimento de falhas de precipitação precisam ser iguais para temperatura (TABONY, 1983).

No apêndice A é possível verificar os resultados das combinações lineares entre as estações testes e vizinhas para Passo Fundo (RS), Maringá (PR), Cascavel (PR), Uberlândia

⁵ Chuvas orográficas ou chuvas de relevo ocorrem devido a formação geológica do terreno ou seja, na presença de morros, serras, montanhas com o ar indo na direção desta formação sendo forçado a subir e a se condensar, podendo gerar assim chuvas de proporções mais intensas e de maiores volumes nas altitudes elevadas (SELUCHI *et al.*, 2011).

(MG), Sorriso (MT) e Rio Verde (GO) para obter as estimativas de preenchimento das variáveis faltantes das séries de precipitação e temperatura entre jan/2005 a dez/2018.

2.2 APRESENTAÇÕES DOS MODELOS ANALÍTICOS

A inovação desse estudo consiste em interagir uma variável climática representada pelo $thresholdENOS_t$ com a razão de preços STC_{it} e um conjunto de outras variáveis como: $PREC_{it}$, $TEMP_{it}$ e DOL_{cpa_t} , para verificar se existem evidências estatísticas da relação entre clima e os preços do mercado à vista do milho e da soja. A partir desses resultados seguirão as inferências envolvendo um modelo de estimação de efetividade de *hedge* e razão ótima de *hedge* (β) com a inclusão da variável climática CE_t e sem a inclusão dessa variável para posterior comparação dos efeitos.

$$STC_{it} = \alpha + \beta CE_t + \gamma PREC_{it} + \theta TEMP_{it} + \mu Dol_{cpa_t} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Sendo que, STC_{it} é a razão de preços *Soybean-to-Corn* entre os preços do mercado à vista da soja, ($SOY_{i,t}$) e do Milho ($CORN_{i,t}$) referente às praças i no momento t , respectivamente; CE_t representa a variável $ENOS_t$ e o Índice de anomalias de TSM – Nino 3.4 (Tabela 1).

Tabela 1. Composição da variável climatológica ENOS.

TSM	Índice Nino 3.4	Dummy climático
$TSM \geq 0,5^\circ C$	$\begin{cases} Se\ Nino3.4 \geq 0,5^\circ C = 1; \\ Caso\ contr\acute{a}rio = 0 \end{cases}$	El Niño (EN)
$TSM \leq -0,5^\circ C$	$\begin{cases} Se\ Nino3.4 \leq -0,5^\circ C = 1; \\ Caso\ contr\acute{a}rio = 0 \end{cases}$	La Niña (LN)
$-0,5^\circ C \leq TSM \leq 0,5^\circ C$	$\begin{cases} Se\ -0,5^\circ C \leq Nino3.4 \leq 0,5^\circ C = 1; \\ Caso\ contr\acute{a}rio = 0 \end{cases}$	Fase Neutra (Neutral)
Operador de Interação Climático ²	$\begin{cases} Se\ EN = 1; \\ Neutral = 0; \\ LN = 2 \end{cases}$	ENOS

Fonte: Adaptado de Minaki e Montanher (2019).

Nota 1: ENOS representa o agrupamento das três fases, aquecimento, resfriamento e neutro da temperatura da superfície do Mar (TSM) como *threshold* do El Niño, La Niña e fase neutra por meio do Índice Nino 3.4.

2: Operador de interação Climático – Obtido por meio da ferramenta *factor variables* qual permite interagir uma variável categórica usando o prefixo i , um operador de interação ou termo do produto (*pronounced cross*, #) seguida de uma variável contínua que deve receber o prefixo c (WILLIAMS, 2012).

Segundo o modelo de estimação para redução de risco e razão ótima de *hedge* de Myers e Thompson (1989) expressos nas equações (3) e (4) foram incluídos como inovação nessa pesquisa uma variável climática por meio do *threshold* ENOS generalizada por meio de CE_t (Tabela 1) segundo a equação (13).

$$\Delta p_{i,t} = \alpha_1 + \beta CE_t \Delta f_{j,t} + \sum_{k=1}^N \gamma_i p_{i,t-k} + \sum_{k=1}^N \delta_j \Delta f_{j,t-k} + \rho u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (13)$$

Na qual,

$\Delta p_{i,t}$: Preço à vista do milho ou soja na primeira diferença para a praça i , no momento t ;

β : Razão ótima de *hedge* (coeficiente angular);

$CE_t \Delta f_{j,t}$: Interação da variável climática Índice Nino 3.4 e ENOS com os preços futuros do milho (B3) ou soja (CME) na primeira diferença em cada regressão;

$p_{i,t-k}$: Preço à vista do milho ou soja na diferenciado defasado para a praça i , no momento $t-k$;

$\Delta f_{j,t-k}$: Preço futuro do milho ou soja cotados na bolsa j (B3; CME) diferenciado defasado no instante $t-k$;

ρu_{t-1} : Termo de Correção de Erro;

$\varepsilon_t \sim N(0,1)$ i. i. d

Para a aplicação da equação (13) não foram selecionadas as variáveis meteorológicas de PREC e TEMP bem como da Taxa de Câmbio por apresentarem nos testes preliminares resultados estatisticamente não significativos com baixo poder de influência sobre o modelo adotado de estratégias de hedging. Ademais, se prosseguiu com a abordagem em primeira diferença dos preços à vista e futuros para expurgar a tendência determinística das séries e torna-las estacionárias seguidas da defasagem das séries com a utilização do critério de informação de Schwarz para designação do número de *lags* e da inclusão do Termo de Correção de Erros, u_t .

CAPÍTULO III

APRESENTAÇÃO DAS DISCUSSÕES E RESULTADOS

O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro representou de acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da ESALQ/USP calculado segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) para a série analisada entre 2006 a 2018, a média é de 43% de participação em relação a produção total do país, estimado em média de R\$1.923 bilhões e crescimento médio de 8,2% para o setor no intervalo estudado (APÊNDICE A). Dessa participação, 15,8% pertence ao segmento agrícola que entre os grãos produzidos abrange a produção de soja e milho.

O milho tem duas safras no Brasil: (i) safra ou safra de verão e (ii) inverno conhecida como safrinha com potencial produtivo elevado quando observada a época de plantio por meio do zoneamento climático do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Segundo Lima *et al.* (2001), o desenvolvimento do milho é afetado por fatores como temperatura (condição termogênica), umidade (condição hídrica), fotoperíodo (exposição a luz solar) e a radiação, cuja absorção é realizada por meio da fotossíntese.

Para os autores, a soja se caracteriza como um importante cultivar, fonte de divisas para o país, responsável pela tecnificação na agricultura causando transbordamentos para outras culturas, como o milho. Entretanto, os resultados do complexo soja são dependentes das condições climáticas, sendo que uma das principais causas de redução da produtividade são devidas as secas, especialmente na região centro-sul do país.

Ademais, a relevância e o desempenho desse segmento serão apresentados por meio da síntese dos dados disponíveis no Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), abrangendo a produção nacional e regional de soja e milho, área cultivada e a produtividade, sendo apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Produção da soja e milho 1ª e 2ª safra – Brasil e Regiões.

Região	Grãos/safras	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Brasil	Milho Total	42,5	51,5	58,7	51,0	56,1	56,1	71,5	80,5	78,8	85,7	63,4	99,5	81,4
	1ª safra	74,0%	70,4%	68,1%	66,3%	60,7%	61,0%	46,6%	42,4%	38,8%	34,4%	38,4%	31,2%	31,6%
	2ª safra (safrinha)	26,0%	29,6%	31,9%	33,7%	39,3%	39,0%	53,4%	57,6%	61,2%	65,6%	61,6%	68,8%	68,4%
	Soja Total	52,2	58,2	59,9	57,0	68,5	74,8	65,7	81,7	86,4	97,0	95,8	115,0	117,8
Norte	1ª safra	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	96,1%	91,1%	45,7%	54,7%	42,4%	47,3%
	2ª safra (safrinha)	-	-	-	-	-	-	-	3,9%	8,9%	54,3%	45,3%	57,6%	52,7%
	Soja (%)	2,2%	1,9%	2,4%	2,5%	2,4%	2,5%	3,2%	3,2%	4,1%	4,4%	4,1%	4,5%	4,5%
Nordeste	1ª safra	86,7%	83,5%	89,2%	89,0%	83,8%	84,5%	89,1%	59,2%	71,5%	72,0%	81,5%	65,3%	88,2%
	2ª safra (safrinha)	13,3%	16,5%	10,8%	11,0%	16,2%	15,5%	10,9%	40,8%	28,5%	28,0%	18,5%	34,7%	11,8%
	Soja (%)	6,6%	6,7%	8,1%	7,3%	7,8%	8,3%	9,3%	6,4%	7,6%	8,6%	5,3%	8,3%	9,7%
Sudeste	1ª safra	93,0%	92,9%	89,7%	90,1%	88,5%	89,6%	84,9%	83,4%	74,9%	72,3%	77,5%	67,3%	65,0%
	2ª safra (safrinha)	7,0%	7,1%	10,3%	9,9%	11,5%	10,4%	15,1%	16,6%	25,1%	27,7%	22,5%	32,7%	35,0%
	Soja (%)	7,9%	6,6%	6,6%	7,1%	6,3%	5,9%	6,9%	6,5%	5,8%	5,9%	7,7%	7,1%	7,5%
Sul	1ª safra	81,4%	78,2%	77,2%	75,5%	71,0%	71,5%	55,2%	60,4%	57,3%	54,3%	50,3%	51,3%	52,7%
	2ª safra (safrinha)	18,6%	21,8%	22,8%	24,5%	29,0%	28,5%	44,8%	39,6%	42,7%	45,7%	49,7%	48,7%	47,3%
	Soja (%)	33,7%	39,4%	34,4%	32,3%	37,5%	38,2%	27,3%	37,0%	34,2%	35,9%	36,7%	35,7%	33,2%
Centro-Oeste	1ª safra	35,1%	34,4%	32,3%	28,9%	20,7%	20,3%	16,4%	11,1%	8,3%	6,0%	8,9%	5,9%	5,4%
	2ª safra (safrinha)	64,9%	65,6%	67,7%	71,1%	79,3%	79,7%	83,6%	88,9%	91,7%	94,0%	91,1%	94,1%	94,6%
	Soja (%)	49,6%	45,4%	48,5%	50,8%	46,1%	45,1%	53,2%	46,8%	48,4%	45,1%	46,1%	44,5%	45,0%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA-IBGE).

Nota 1: Brasil - **Produção de grãos em milhões de toneladas** (*grifo nosso*)

2: Brasil - Milho 1ª e 2ª safra representam a participação percentual sobre a produção total;

3: Demais regiões do país - Milho 1ª e 2ª safra representam a participação percentual sobre a produção da respectiva região.

4: Soja (%) representa a participação sobre a produção nacional.

Após uma inspeção visual nos dados da produção de soja e milho entre as safras de 2006 a 2018 verificou-se um aumento da produção de milho total que somadas as safras de verão (1ª safra) e a safra de inverno (safrinha) resultaram em 42,2 milhões de toneladas em 2006 atingindo 81,4 milhões de toneladas em 2018. O nível nacional destaca-se a segunda safra do milho que passou a representar 68,4% da produção total no período analisado. O cenário para a soja segue tendência semelhante ao milho, a oleaginosa apresentou resultados no valor de 52,2 milhões de toneladas em 2006, superando o dobro dessa marca em 2018 com 117 milhões de toneladas produzidas em toda a extensão territorial do país (Tabela 2)

Quando se observa os dados por região estabelecendo o mesmo período das safras infere-se que na região Norte a produção da primeira safra do milho foi dominante entre 2006 a 2013 começando a ceder espaço para a segunda safra a partir de 2013 quando os resultados da safrinha representam 3,9% alcançando a proporção de 52,7% em 2018 superando portanto a produção da primeira safra. A participação do cultivar soja é incipiente ainda em termos de produção nessa região de acordo com Garcia e Buainain (2016) por se tratar de uma cultura recém inserida e confrontar com a presença de outras culturas predominantes da região como a cana-de-açúcar e o algodão herbáceo, o que ajuda a explicar a reduzida participação da oleaginosa dessa região na produção nacional.

Na região Nordeste a produção da milhocultura é marcada pela predominância e estabilidade da primeira safra com participação entre 86,7% (2006) a 88,2% (2018) dos resultados para o grão na região somando as duas safras superando os resultados da safrinha. Isso é devido segundo Silva *et al.* (2001), à alguns fatores como a ausência de condições climáticas desfavoráveis para estabelecer uma sucessão de culturas ao longo do ano, visto que o período de chuvas é curto na região nordeste associado as elevadas temperaturas o que acelera a decomposição dos resíduos depositados no solo reduzindo a sua proteção logo após a colheita.

A produção sojícola nordestina apresenta baixa participação em comparação com outras regiões produtoras no Brasil, sobretudo as regiões Sul e Centro-Oeste. Essa condição se deve em parte as dificuldades enfrentadas no manejo da cultura da soja o que demandou avanços nas tecnologias de cultivo e a adaptação da cultura as características edafoclimáticas devido a regiões que apresentavam solo com texturas arenosas, com baixa fertilidade e condições de elevadas temperaturas que diminuem a eficiência fotossintética da soja (DURÃES *et al.*, 1995).

A safra de verão do milho se destacou em termos de produção na região Sudeste entre 2006 a 2014, quando a safrinha passou a representar aproximadamente um quarto da produção da região superando um terço ao final da série observada, demonstrando o rápido crescimento

da importância dessa safra. A soja na região Sudeste apresenta reduzida participação em relação à produção nacional, não se categorizando como uma região de destaque na produção do grão.

No Sul tem-se dinâmica semelhante à observada em outras regiões com a safrinha do milho assumindo a liderança na proporção produzida do grão, visível após as safras de 2016 e 2017 em que a safrinha atingiu respectivamente 49,7 % e 48,7% da produção de milho da região. Na região Centro-Oeste é mais perceptível à inversão entre as safras, em que a primeira safra representava 35,1% em 2006 reduzindo a participação para 5,4% em 2018, conseqüentemente um aumento é percebido na produção da safrinha a qual superou os 94% da produção regional.

O desenvolvimento da região Centro-Oeste se deve sobretudo a prática da atividade sojícola. Domingues e Bermann (2012) atribuem a esses resultados a introdução da monocultura da soja, mecanização, manejo do solo, utilização de fertilizantes, sementes melhoradas geneticamente e a expansão das áreas cultivadas. Diante do exposto, na Tabela 2 verificou-se a predominância da produção da oleaginosa no Centro-Oeste evidenciada por meio da participação aproximada entre 45% a 50% na produção total do país. Na seqüência são analisados os dados de área cultivada da soja e milho por meio da Tabela 3.

Tabela 3. Área plantada da soja e milho 1ª e 2ª safra – Brasil e Regiões

Região	Grãos/safras	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Brasil	Milho Total	12,97	14,02	14,72	14,26	13,15	13,64	15,02	15,68	15,64	15,92	16,11	18,03	16,62
	1ª safra	74,1%	67,1%	65,5%	65,6%	60,2%	56,3%	51,2%	43,1%	40,7%	37,8%	33,1%	31,5%	30,0%
	2ª safra (safrinha)	25,9%	32,9%	34,5%	34,4%	39,8%	43,7%	48,8%	56,9%	59,3%	62,2%	66,9%	68,5%	70,0%
	Soja Total	21,99	20,65	21,28	21,75	23,31	24,09	25,05	27,91	30,27	32,14	33,25	33,94	34,94
Norte	1ª safra	100,0%	-	-	-	-	-	-	95,3%	91,6%	55,6%	58,1%	51,3%	50,8%
	2ª safra (safrinha)	0,0%	-	-	-	-	-	-	4,7%	8,4%	44,4%	41,9%	48,7%	49,2%
	Soja (%)	2,2%	2,0%	2,3%	2,3%	2,4%	2,5%	2,7%	3,2%	3,9%	4,5%	4,6%	5,0%	5,1%
Nordeste	1ª safra	86,5%	87,6%	88,8%	88,5%	86,9%	82,6%	86,7%	73,4%	72,2%	72,5%	74,8%	68,6%	73,4%
	2ª safra (safrinha)	13,5%	12,4%	11,2%	11,5%	13,1%	17,4%	13,3%	26,6%	27,8%	27,5%	25,2%	31,4%	26,6%
	Soja (%)	6,8%	7,0%	7,4%	7,4%	8,0%	8,1%	8,4%	8,3%	8,5%	8,9%	8,6%	9,1%	9,3%
Sudeste	1ª safra	88,0%	88,1%	86,8%	86,7%	85,4%	84,0%	81,7%	79,4%	73,9%	71,7%	61,5%	62,7%	54,2%
	2ª safra (safrinha)	12,0%	11,9%	13,2%	13,3%	14,6%	16,0%	18,3%	20,6%	26,1%	28,3%	38,5%	37,3%	45,8%
	Soja (%)	7,6%	6,8%	6,6%	6,7%	6,5%	6,5%	6,2%	6,3%	6,5%	6,5%	6,9%	7,0%	7,1%
Sul	1ª safra	79,2%	69,7%	68,5%	68,7%	66,0%	58,4%	56,3%	52,4%	51,7%	48,5%	40,8%	41,6%	39,3%
	2ª safra (safrinha)	20,8%	30,3%	31,5%	31,3%	34,0%	41,6%	43,7%	47,6%	48,3%	51,5%	59,2%	58,4%	60,7%
	Soja (%)	36,8%	40,1%	38,5%	38,0%	38,2%	37,9%	36,7%	35,9%	34,9%	34,5%	34,8%	33,8%	34,2%
Centro-Oeste	1ª safra	30,5%	25,8%	25,1%	22,2%	15,5%	13,7%	12,9%	8,7%	6,5%	5,5%	4,5%	4,5%	3,8%
	2ª safra (safrinha)	69,5%	74,2%	74,9%	77,8%	84,5%	86,3%	87,1%	91,3%	93,5%	94,5%	95,5%	95,5%	96,2%
	Soja (%)	46,7%	43,9%	45,2%	45,6%	44,9%	45,0%	45,9%	46,3%	46,3%	45,6%	45,1%	45,0%	44,4%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA-IBGE).

Nota 1: Brasil – **Área plantada de soja e milho (1ª e 2ª safra) em milhões de hectares (grifo nosso)**

2: Brasil - Milho 1ª e 2ª safra representam a participação percentual sobre a área total plantada do respectivo grão;

3: Demais regiões do país - Milho 1ª e 2ª safra representam a participação percentual sobre a área plantada da respectiva região.

4: Soja (%) representa a participação sobre a área plantada nacional da oleaginosa.

Na Tabela 3 são apresentados os dados da área cultivada de soja e milho no Brasil regiões para as safras de 2006 a 2018. Verifica-se que a área total de milho cultivado considerando as duas safras permaneceu estável. Isso posto, é possível analisar que a safrinha representa a maior parcela com 70% de área cultivada na safra de 2018 em contrapartida aos 25,9% que possuía em 2006, substituindo em área a primeira safra que sofreu reduções, chegando a 30% da área cultivada na safra de 2018.

A alternância observada na produção do milho de verão na região Norte é seguida por meio da diminuição da área cultivada nesse período. Substituído pela safrinha que a partir de 2013 alcançou a marca de 49,2% da área destinada a milhocultura nessa região na safra de 2018, sendo que, a área sojícula da região se situou entre 2,2% (2006) e 5,1% (2018).

A área cultivada do milho na região Nordeste é marcada pela forte presença da primeira safra representada por 86,5% em 2006 e 73,4% em 2018. Sendo que, a safrinha obteve crescimento em expansão territorial, entretanto não superou a hegemonia da safra de verão para essa região. A área plantada de soja nas regiões Nordeste e Sul são representadas por uma participação inferior as demais regiões acompanhadas dos resultados reduzidos da produção para a oleaginosa nesses locais.

Os resultados da pesquisa revelam a associação da área cultivada com o nível de produção agrícola. Assim sendo, as regiões que despontam em produção de grãos são marcadamente as regiões que apresentam as maiores áreas cultivadas, com destaque para o milho safrinha no Sul que alcançou 60,7% da área produzida de milho seguido do Centro-oeste com 96,2% na safra de 2018, data limite da série analisada.

Para Miranda *et al.* (2001), os estados do Mato Grosso (MT) e Paraná (PR) são os principais responsáveis pela expansão da área cultivada do milho, em específico da safrinha. Esse aumento de área está relacionado à expansão sojícula que ocorre nessa região, influenciando a escolha dos produtores que optam por plantar soja no verão devido ao aumento das demandas estrangeiras pelo produto, cultivando o milho na segunda safra (safrinha de inverno). Na próxima seção são apresentados os dados de produtividade da soja e milho por meio da Tabela 4.

Tabela 4. Produtividade da Soja e Milho 1ª e 2ª Safra no Brasil e Regiões

Região	Grãos/safras	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média	Razão
Brasil	1ª safra	3.386	3.932	4.244	3.747	4.439	4.530	4.721	5.349	5.059	5.101	4.850	5.577	5.276	4.632	100%
	2ª safra (safrinha)	3.318	3.344	3.778	3.623	4.216	3.832	5.326	5.216	5.243	5.748	3.876	5.581	4.845	4.457	100%
	Soja Total	2.379	2.819	2.817	2.624	2.939	3.111	2.635	2.932	2.858	3.022	2.894	3.392	3.378	2.908	100%
Norte	1ª safra	2.013	2.006	2.365	2.462	2.544	2.636	3.093	2.847	2.769	3.098	3.107	3.021	3.421	2.722	-41,2%
	2ª safra (safrinha)	-	-	-	-	-	-	-	2.331	2.905	4.543	3.903	4.315	3.992	3.665	-17,8%
	Soja (%)	2.466	2.559	2.856	2.887	2.863	3.044	3.094	2.921	3.008	2.971	2.655	3.025	2.967	2.870	-1,3%
Nordeste	1ª safra	1.169	1.100	1.608	1.634	1.642	1.816	2.146	2.072	2.681	2.382	1.573	2.330	2.718	1.913	-58,7%
	2ª safra (safrinha)	1.091	1.441	1.448	1.452	1.911	2.057	2.473	3.492	2.711	2.651	1.398	2.854	1.195	2.013	-54,8%
	Soja (%)	2.331	2.691	3.057	2.589	2.853	3.178	2.884	2.283	2.546	2.924	1.775	3.064	3.541	2.747	-5,5%
Sudeste	1ª safra	4.408	4.590	5.054	5.075	5.320	5.551	6.113	6.118	5.306	5.670	6.261	6.610	6.957	5.618	21,3%
	2ª safra (safrinha)	2.325	2.592	3.793	3.620	3.995	3.357	4.748	4.545	4.855	5.282	2.992	5.217	4.376	3.977	-10,8%
	Soja (%)	2.469	2.726	2.862	2.779	2.841	2.865	2.912	3.007	2.556	2.759	3.224	3.464	3.580	2.926	0,6%
Sul	1ª safra	4.188	5.490	5.511	4.336	6.126	6.419	5.033	6.746	6.858	7.401	6.986	8.230	7.370	6.207	34,0%
	2ª safra (safrinha)	3.624	3.635	3.732	3.152	4.854	3.733	5.025	4.802	5.446	5.863	4.741	5.544	4.252	4.493	0,8%
	Soja (%)	2.179	2.768	2.519	2.227	2.887	3.131	1.981	3.025	2.795	3.145	3.046	3.575	3.296	2.813	-3,2%
Centro-Oeste	1ª safra	4.720	5.312	5.767	5.769	5.972	6.596	7.437	7.368	7.482	6.922	7.517	7.963	7.706	6.656	43,7%
	2ª safra (safrinha)	3.823	3.536	4.076	4.174	4.220	4.132	5.618	5.606	5.523	6.120	3.843	5.955	5.370	4.769	7,0%
	Soja (%)	2.525	2.913	3.022	2.925	3.016	3.122	3.039	2.967	2.993	2.990	2.964	3.351	3.423	3.019	3,8%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA-IBGE).

Nota 1: Produtividade da soja e milho (1ª e 2ª safra) em Kg/ha (**Quilogramas por hectare**) (*grifo nosso*)

2: Razão – cálculo efetuado utilizando a proporção da produtividade com relação a respectiva média nacional para ambas as culturas.

A produtividade do milho safrinha é resultado de melhoramentos genéticos das sementes mais resistentes a pragas, variações climáticas e tipos diferentes de solo. Recebendo contribuições da mudança do sistema de produção aplicado na atividade sojícua com a implementação de sementes precoces, reduzindo o intervalo de sucessão das culturas. Entretanto, o milho safrinha apresenta um rendimento inferior ao milho de verão, por se apresentar como um cultivar fora de época apropriada as suas condições fisiológicas de desenvolvimento. Essas condições estão associadas ao uso inadequado de práticas para o cultivo dessa cultura, como a utilização de sementes provenientes da safra de verão e o plantio aproveitando os nutrientes residuais da cultura anterior o que tende a reduzir a produtividade do milho safrinha (DURÃES *et al.*, 1995).

Foram estabelecidos como critério para análise da produtividade a safra total da soja e milho (1ª e 2ª safra) para verificar a participação de cada região em relação as médias nacionais. Isso posto, as regiões e o respectivo cultivar com melhores desempenho foram, a região Sudeste com a soja apresentando uma produtividade 0,6% acima da média nacional. Esses resultados foram seguidos pela região Sul com a produtividade média da primeira safra do milho e safrinha alcançando 34% e 0,8% respectivamente, superando a média nacional. Segundo a CONAB (2019), a pratica da sucessão de culturas e o plantio precoce da soja contribuíram para o aproveitamento da janela climática proporcionado ao milho de segunda safra em 2018 último ano da série analisada, obtendo os resultados apresentados por meio da Tabela 4.

A produtividade do milho de primeira safra e safrinha dependem do manejo do solo, defensivos agrícolas, maquinário, genética das sementes e sobretudo das condições climáticas por ser um cultivar que apresenta maior vulnerabilidade em decorrência das suas características fenológicas de dependência hídrica, e dependência térmica (LIMA *et al.*, 2001). Isso posto, a produtividade e a adaptação de certos cultivares como o milho varia de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região, mas principalmente a época do plantio em que as cultivares da safra de verão possuem um melhor desempenho, devido aos baixos níveis de precipitação durante o crescimento da planta (DUARTE e PATERNIANI, 1998 apud FARINELLI *et al.*, 2003, p.236).

Os resultados apresentados para a produtividade da soja e milho primeira safra e safrinha da região Nordeste foram inferiores à média nacional. Resultados semelhantes foram encontrados por Carvalho *et al.* (2000) em que os autores associam a baixa produtividade às flutuações climáticas principalmente nas quantidades e distribuições pluviométricas irregulares e as condições de solo da região.

Entretanto, o destaque é a produtividade da soja na região Centro-Oeste, superando as médias nacionais das safras. Os resultados apontam a produtividade média da região para a primeira safra, safrinha e soja, 43,7%, 7,0% e 3,8% respectivamente superiores a produtividade do país. Borlachenco e Gonçalves (2017) afirmam que a soja se tornou a principal cultivar no Centro-Oeste brasileiro devido as características edafoclimáticas presentes no cerrado, as inovações genéticas para aumento da produtividade, crédito agrícola e o desenvolvimento tecnológico.

3.1 ANÁLISE DAS ESTATÍSTICAS

Nessa seção são apresentados os resultados das análises descritivas das variáveis meteorológicas *PREC*, *TEMP* e climática *Nino34* bem como a razão de preços *STC*. Diante do exposto, as estatísticas de: mínimos, máximos, assimetria, curtose, desvio padrão e o teste de normalidade dos resíduos de Jarque Bera (JB) foram obtidas utilizando o software estatístico *Stata 14*. As estimativas foram calculadas para as cinco praças comercializadoras para o período de jan/2005 a dez/2018 (Tabela 5).

Tabela 5. Estatísticas descritivas das séries de razão de preços e variáveis climatológicas.

a) Painel A: Estatísticas descritivas para o Índice Nino 3.4 e Precipitação– Praças selecionadas

Estatísticas	<i>Nino34</i>	<i>PRECpf</i>	<i>PREcmga</i>	<i>PREc svel</i>	<i>PRECuber</i>	<i>PRECsorr</i>
Mínimo	-1,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	0,13	35,82	32,06	36,51	27,03	35,04
Máximo	2,03	310,50	246,90	315,00	257,40	252,90
Desvio-padrão	0,71	39,64	40,27	40,45	39,90	44,04
Assimetria	0,05	2,10	1,73	1,95	2,03	1,58
Curtose	2,48	9,83	6,53	8,74	7,70	5,47
Jarque-Bera	8,537***	1953***	742***	1466***	1173***	487,7***

Fonte: Adaptado do *KNMI Climate Explorer* (*Nino34*) e Agência Nacional de águas (ANA/BDMEP).

b) Painel B: Estatísticas descritivas para a Temperatura – Praças selecionadas.

Estatísticas	<i>TEMPpf</i>	<i>TEMPmga</i>	<i>TEMP svel</i>	<i>TEMPuber</i>	<i>TEMPsorr</i>
Mínimo	10,81	17,30	17,30	24,90	26,26
Média	23,95	28,51	28,51	30,85	33,22
Máximo	34,03	37,83	37,83	37,26	38,94
Desvio-padrão	4,64	3,32	3,32	2,26	1,73
Assimetria	-0,43	0,60	-0,60	0,25	-0,02
Curtose	2,37	3,01	3,01	2,85	3,79
Jarque-Bera	34,17***	46,15***	43,15***	8,387**	19,06***

Fonte: Adaptado da Agência Nacional de águas (ANA/BDMEP).

e) Painel C: Estatísticas descritivas da razão de preços STC da Soja e Milho.

Estatísticas	<i>STC_{pf}</i>	<i>STC_{mga}</i>	<i>STC_{cvsel}</i>	<i>STC_{tm}</i>	<i>STC_{sorr}</i>
Mínimo	1,37	1,52	1,52	1,37	1,5
Máximo	3,14	3,97	3,96	3,39	7,07
Média	2,17	2,45	2,43	2,19	3,04
Desvio-padrão	0,44	0,48	0,50	0,44	0,95
Assimetria	0,16	0,40	0,45	0,20	1,08
Curtose	1,82	2,66	2,72	1,97	4,37
Jarque-Bera	45,49***	23,34***	26,91***	37,67***	198,5***

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota 1: STC-representa a razão de preços entre os preços à vista da soja (*SOY_{i,t}*) e do milho (*CORN_{i,t}*).

*, **, ***, significância estatística ao nível de 10%, 5% e 1% respectivamente.

As estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na modelagem dessa pesquisa revelam que o nível de precipitação (Tabela 5, Painel A) apresenta uma variabilidade maior que a temperatura do ar (Tabela 5, Painel B) de acordo Bier *et al.* (2017), isso ocorre porque a precipitação é um parâmetro mais variável espacialmente e temporalmente do que a temperatura. No apêndice C são apresentados os resultados das estimativas da razão STC por praça. Após uma inspeção visual na Tabela 5, constatou-se que existe uma relação positiva entre os preços do milho com a razão de preços e negativa com os preços da soja. Diante do exposto, considerando que os preços da soja apresentam preços superiores aos preços do milho (Tabela 5, Painéis C e D) ocorre que um aumento (redução) nos preços do milho mantido constante os preços da soja provocam uma diminuição (aumento) no STC, porque será necessária uma quantidade menor de sacas de milho para se obter uma saca de soja, A situação oposta se verifica para a soja.

O Teste de Jarque Bera (JB) segundo Bueno (2012), permite verificar se os momentos da série estimada são iguais aos da normal. Sendo assim, sob essa hipótese, a assimetria é igual a zero e a curtose é igual a 3. Além disso, a rejeição dessa hipótese indica não normalidade, no entanto a não rejeição não indica normalidade. Uma inspeção visual na Tabela 5 indica que as variáveis meteorológicas de PREC e TEMP e climática Nino34 junto as estimativas de razão de preços STC são assimétricas, porque os valores são diferentes de zero e possuem excesso de curtose ou tem caudas mais espessas do que as da distribuição normal divergindo da condição de curtose igual a 3, portanto, violam os pressupostos do Teste de Normalidade de JB.

3.1.1 Análise de correlação das variáveis do modelo.

Na Tabela 6 são apresentadas por meio dos painéis de resultados, as correlações entre as variáveis explicativas e dependentes dos modelos de regressão múltipla utilizando o Método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

Tabela 6. Resultados dos Coeficientes de Correlação das Séries de Preços, Taxa de Câmbio e Variáveis Climatológicas.

a) Painel A: Estatísticas descritivas dos preços futuros do milho e da soja – Regressão 1.

Séries	<i>STCpf</i>	<i>PRECPf</i>	<i>TEMPpf</i>	<i>Nino34</i>	<i>Dolcpa</i>
<i>STCpf</i>	1				
<i>PRECPf</i>	0,02	1			
<i>TEMPpf</i>	-0,00	-0,2*	1		
<i>Nino34</i>	0,27*	0,08	-0,03	1	
<i>DOLcpa</i>	-0,26*	0,07	0,02	0,42*	1

b) Painel B: Estatísticas descritivas dos preços futuros do milho e da soja – Regressão 2.

Séries	<i>STCmga</i>	<i>PRECMga</i>	<i>TEMPmga</i>	<i>Nino34</i>	<i>Dolcpa</i>
<i>STCmga</i>	1				
<i>PRECMga</i>	0,01	1			
<i>TEMPmga</i>	-0,01	-0,04	1		
<i>Nino34</i>	0,23*	0,12*	-0,02	1	
<i>DOLcpa</i>	0,24*	-0,01	0,04	0,42*	1

c) Painel C: Estatísticas descritivas dos preços futuros do milho e da soja – Regressão 3.

Séries	<i>STCcsvel</i>	<i>PRECCsvel</i>	<i>TEMPcsvel</i>	<i>Nino34</i>	<i>Dolcpa</i>
<i>STCcsvel</i>	1				
<i>PRECCsvel</i>	-0,00	1			
<i>TEMPcsvel</i>	-0,01	-0,12*	1		
<i>Nino34</i>	0,20*	0,10*	-0,02	1	
<i>DOLcpa</i>	0,25*	-0,01	0,04	0,42*	1

d) Painel D: Estatísticas descritivas dos preços futuros do milho e da soja – Regressão 4.

Séries	<i>STCtm</i>	<i>PRECuber</i>	<i>TEMPuber</i>	<i>Nino34</i>	<i>Dolcpa</i>
<i>STCtm</i>	1				
<i>PRECuber</i>	-0,17*	1			
<i>TEMPuber</i>	-0,16*	-0,13*	1		
<i>Nino34</i>	0,21*	-0,10*	0,04	1	
<i>DOLcpa</i>	0,20*	-0,13*	-0,01	0,42*	1

e) Painel E: Estatísticas descritivas dos preços futuros do milho e da soja – Regressão 5

Séries	<i>STCsorr</i>	<i>PRECsorr</i>	<i>TEMPsorr</i>	<i>Nino34</i>	<i>Dolcpa</i>
<i>STCsorr</i>	1				
<i>PRECsorr</i>	-0,11*	1			
<i>TEMPsorr</i>	0,18*	-0,42*	1		
<i>Nino34</i>	0,27*	-0,00	0,06	1	
<i>DOLcpa</i>	0,12*	0,04	0,08	0,42*	1

Fonte: Resultados da pesquisa.

*, estatisticamente significativo a 1%.

Uma inspeção visual na Tabela 6 permite verificar a existência de correlação positiva entre a variável índice Nino 3.4 e as estimativas de razão de preços STC para todas as praças do estudo com evidências estatísticas significativas, sugerindo que um aumento nas variações de temperatura do Oceano Pacífico provoca aumentos na razão de preços soja/milho.

Os resultados verificados para as variáveis meteorológicas foram estatisticamente significativos somente nas praças de Uberlândia (Triângulo Mineiro) e Sorriso (MT) representado por meio de correlações negativas em ambos os casos de -0,17 e -0,11, evidenciando que um aumento nos níveis de precipitação nessas regiões provoca uma redução na razão STC. O resultado indicou para as mesmas praças ao nível de significância de 1% a correlação negativa entre temperatura e STC em Uberlândia e positiva para Sorriso. Diante do exposto, um aumento de calor em Uberlândia afeta de forma positiva a relação de preços, entretanto, gera impactos negativos em Sorriso.

3.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA E PRIMEIRAS ANÁLISES

Para verificar a estacionariedade das séries de preços se utilizou o teste estatístico DF-GLS proposto por Elliot *et al.* (1996), cuja método de estimação consiste em adotar por meio do critério de informação de Schwarz (SIC) o número ótimo de defasagens. E, por fim, adotou-se o procedimento proposto por Johansen (1988) para estimar os vetores de cointegração e descobrir se há relações de longo prazo entre as séries de preços à vista da soja e milho com as séries de preços futuros da B3 e Bolsa de Chicago (CME) (Tabela 7).

Tabela 7. Resultados dos Testes de Raiz Unitária e Cointegração sobre as séries de preços à vista e futuros da soja e milho.

a) Painel A: Teste de raiz unitária DF-GLS: Procedimento de Elliot, Rothenberg e Stock (1996).

Estatísticas	<i>CORN_{pf}</i>	<i>CORN_{csvel}</i>	<i>CORN_{mga}</i>	<i>CORN_{tm}</i>	<i>CORN_{sorr}</i>	<i>cornB3</i>	<i>cornCME</i>
Nível	Modelo A						
τ_τ	-1,846	-0,826	-0,756	-0,321	-0,346	0,230	0,105
lags	2	1	1	2	2	1	1
1ª Diferença	Modelo B						
τ_μ	-8,179	-6,964	-6,851	-6,619	-5,529	-6,468	-6,272
lags	1	1	1	9	1	2	1
Estatísticas	<i>SOY_{pf}</i>	<i>SOY_{csvel}</i>	<i>SOY_{mga}</i>	<i>SOY_{tm}</i>	<i>SOY_{sorr}</i>	<i>soyCME</i>	<i>DOLcpa</i>
Nível	Modelo A						
τ_τ	0,587	0,064	0,067	0,537	0,871	1,317	-5,729
lags	2	2	2	3	3	1	1
1ª Diferença	Modelo B						
τ_μ	-7,194	-7,193	-7,189	-7,282	-6,717	-6,589	-7,629
lags	3	2	1	2	2	3	1

Fonte: Resultados da pesquisa

Nota 1: Modelo A – Possui intercepto (*drift*) e tendência determinística (τ_τ); valores críticos em Elliot *et al.* (1996), (10%=-2,64; 5%=-2,93; 1%=-3,46). Modelo B – Com *drift* sem tendência determinística (τ_μ); valores críticos em Dickey e Fuller (1979; 1981) (10%= -1,62, 5%=-1,95; 1%=-2,58).

b) Painel B: Teste de cointegração de Johansen (1988) – Milho.

Estatísticas	rank	cornB3				
		CORN $_{pf}$	CORN $_{csvel}$	CORN $_{mga}$	CORN $_{tm}$	CORN $_{sorr}$
λ trace	$r=0$	191,38	162,75	157,70	114,60	69,32
	$r<1$	3,16***	4,65***	4,36***	3,95***	4,97***
λ max	$r=0$	188,21	158,10	153,34	110,64	64,34
	$r<1$	3,16	4,65	4,36	3,95	4,97
Estatísticas	r	cornCME				
		CORN $_{pf}$	CORN $_{csvel}$	CORN $_{mga}$	CORN $_{tm}$	CORN $_{sorr}$
λ trace	$r=0$	27,84	17,05***	17,35***	16,97***	14,00***
	$r<1$	2,85***	3,40	3,35	3,53	3,66
λ max	$r=0$	24,98	13,65	13,99	13,43	10,34
	$r<1$	2,85	3,40	3,35	3,53	3,66
Estatísticas	r	soyCME				
		CORN $_{pf}$	CORN $_{csvel}$	CORN $_{mga}$	CORN $_{tm}$	CORN $_{sorr}$
λ trace	$r=0$	53,92	38,48	36,97	62,92	44,07
	$r<1$	2,82***	2,85***	2,78***	2,85***	2,95***
λ max	$r=0$	51,09	35,63	34,18	60,07	41,11
	$r<1$	2,82	2,85	2,78	2,85	2,95

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota 1: Para o teste de cointegração de Johansen (1988), foi utilizado a equação que inclui uma variável constante no modelo (*rconstant*), dessa forma possui intercepto (*drift*), mas não tendência determinística.

*, **, ***, significância estatística ao nível de 10%, 5% e 1% respectivamente.

c) Painel B: Teste de cointegração de Johansen (1988) – Soja.

Estatísticas	rank	cornB3				
		SOY $_{pf}$	SOY $_{csvel}$	SOY $_{mga}$	SOY $_{tm}$	SOY $_{sorr}$
λ trace	$r=0$	14,23***	14,89***	14,93***	15,97***	17,44***
	$r<1$	2,47	2,52	2,43	2,73	2,53
λ max	$r=0$	11,75	12,36	12,49	13,23	14,90
	$r<1$	2,47	2,52	2,43	2,73	2,53
Estatísticas	r	cornCME				
		SOY $_{pf}$	SOY $_{csvel}$	SOY $_{mga}$	SOY $_{tm}$	SOY $_{sorr}$
λ trace	$r=0$	22,26***	17,29***	17,46***	19,28***	18,93***
	$r<1$	2,92**	2,88	2,78	3,03	3,09
λ max	$r=0$	19,34	14,40	14,67	16,88	15,84
	$r<1$	2,92	2,88	2,78	3,03	3,09
Estatísticas	r	soyCME				
		SOY $_{pf}$	SOY $_{csvel}$	SOY $_{mga}$	SOY $_{tm}$	SOY $_{sorr}$
λ trace	$r=0$	53,92	38,48	36,97	62,92	44,07
	$r<1$	2,82***	2,85***	2,78***	2,85***	2,95***
λ max	$r=0$	51,09	35,63	34,18	60,07	41,11
	$r<1$	2,82	2,85	2,78	2,85	2,95

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota 1: Para o teste de cointegração de Johansen (1988), foi utilizado a equação que inclui uma variável constante no modelo (*rconstant*), dessa forma possui intercepto (*drift*), mas não tendência determinística.

*, **, ***, significância estatística ao nível de 10%, 5% e 1% respectivamente.

Os resultados do teste DF-GLS indicam que os retornos estimados das séries de preços da soja e milho à vista e futuros são estacionários em primeira diferença (Tabela 7, Painel A). Achados de pesquisa semelhantes foram encontrados por Jiang *et al.* (2018), para os retornos dos preços da soja à vista e futuros no mercado norte-americano entre 2001 e 2016. Os

resultados do teste de cointegração de Johansen (1988) para detectar ou não as relações de longo prazo entre as séries de preços à vista da soja e do milho foram de que existe ao menos uma raiz unitária entre os preços do milho e o preço futuro cornB3, entretanto não foi possível atestar a existência de raiz unitária para os preços à vista da soja e a série de preço futuro cornB3 (Tabela 7, Painel B).

De acordo com os achados de pesquisa foram encontradas evidências de relações de longo prazo (cointegração) entre as séries de preços à vista do milho e os preços futuros cornCME e soyCME e os preços à vista da soja e futuros soyCME não sendo possível encontrar essa relação entre os preços da soja e futuros de milho cornCME. De posse desses resultados, se procedeu com a estimação utilizando uma Regressão Linear Múltipla (RLM) incluindo a variável climática no modelo variando sobre a razão de preços, para averiguar se há significância estatística na presença dos fenômenos El, LN e N e prosseguir para a análise de estratégias de *hedge* (Tabela 8).

Tabela 8. Resultados das regressões estimadas a partir da razão de preços STC com e sem a inclusão da variável climática ENOS como variável explicativa.

Variáveis	STCpf		STCcsvel		STCmga		STCtm		STCsorr	
	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C
Nino34	0,12***	-	0,08**	-	0,10***	-	0,09***	-	0,35***	-
EN	-	0,13***	-	0,07*	-	0,06 ^{NS}	-	0,04 ^{NS}	-	0,24***
N	-	0,06 ^{NS}	-	0,14 ^{NS}	-	0,08 ^{NS}	-	0,09 ^{NS}	-	0,50***
LN	-	0,12***	-	0,15***	-	0,13**	-	0,18***	-	0,51***
PREC	-0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	-0,00***	-0,00***	-0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}
TEMP	-0,00 ^{NS}	-0,03***	-0,03***	0,08***	0,08***					
Dolcpa	0,00***	0,11***	0,14***	0,01***	0,12***	0,14***	0,06**	0,07***	-0,00 ^{NS}	-0,01 ^{NS}
Constante	1,91***	1,92 ^{NS}	2,16***	2,17 ^{NS}	2,19***	2,15 ^{NS}	3,22***	3,16 ^{NS}	0,29 ^{NS}	0,28 ^{NS}
R ² -Adj.	0,094	0,093	0,072	0,073	0,074	0,070	0,112	0,116	0,10	0,103

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota1: Regressão da razão de preços *Soybean-to-Corn* (STC) para cada praça do milho e da soja.

2: Modelos NC – Não Climático, ou seja, não tem a variável ENOS; C – Climático, com interação da variável ENOS.

3: Nino34, TEMP, PREC e DOLcpa correspondem respectivamente aos valores de TSM, Temperatura do ar, Precipitação e Dólar comercial (EUA) para compra no período semanal de jan/2005 a dez/2018.

4: ENOS -Variável climática representada por meio do *Threshold* de El Niño (EN), La Niña (LN) e a fase Neutra (N)

*, **, *** indica significância estatística ao nível de 10%, 5% e 1% respectivamente.

Por meio da Tabela 8 são apresentados os achados de pesquisa entre o comparativo de uma regressão generalizada que engloba o clima, com e sem a variável climática ENOS (EN, LN e N). Diante do exposto, foram encontradas evidências estatísticas do impacto da generalização climática sobre a razão de preços da soja e milho por meio da interação da variável Nino34 em que se constatou que o acréscimo de 1°C na temperatura da superfície do mar (TSM) aumenta em 0,12 a razão de preços STC na praça de Passo Fundo (Modelo A)

O mesmo se constatou para as demais praças com ênfase para o município de Sorriso (Modelo F) que apresentou a maior proporção estimada de 35% ao nível de significância de 1%. Resultados semelhantes foram encontrados por Deng *et al.* (2010), o autor identificou que um aumento de 1°C na temperatura do mar (TSM) provocava a redução de 2,2% na produção de arroz da província de Jiangxi, sendo a participação desta província de 10% na produção nacional representa, essa variação gerava reduções da ordem de 0,2% a 0,3% na produção total de arroz na China. No modelo A o Índice Nino3.4 foi significativo ao nível de 1%, exceto para a praça de Cascavel (PR). A variável de câmbio obteve significância estatística para a maioria das praças, exceto Sorriso (MT), portanto a variável de clima e câmbio é capaz de auxiliar nas explicações que envolvem as variações na razão de preços STC nessa praça.

Quando incluído o *threshold* que especifica a presença de EN, LN e fase neutra (Modelo A') se evidenciaram que a variável que causa maior influência é o LN. Resultado semelhante foi encontrado por Araújo (2012) para os municípios do Rio Grande do Sul, em que o autor identificou no LN o maior gerador de danos nas safras da região. Jiang *et al.* (2018), ressaltam essa afirmação por meio dos resultados estimado para os preços da soja à vista e futuro no mercado norte-americano entre set./2001 a ago./2016. Os autores identificaram que na ocorrência de eventos LN há aumentos substanciais da volatilidade nos mercados de água e soja nos EUA, a razão média entre os preços é de 0,46% quando não há ocorrência de La Niña, entretanto aumenta aproximadamente 23 vezes para 10,98% durante os eventos de La Niña

Quando o EN está interferindo na climatologia no Sul do Brasil, este intensifica as chuvas provocando devastações e quebras de safras, na presença do LN ocorrem reduções na quantidade de precipitação podendo incorrer em períodos de seca no Nordeste. De acordo com Berlatto *et al.* (2005) a variabilidade da produtividade do milho no RS está intrinsecamente relacionada com os níveis de precipitação, que por sua vez está associada ao ENOS.

3.3 ESTIMATIVAS DA EFETIVIDADE E RAZÃO ÓTIMA DE *HEDGE* E *CROSS HEDGE*

3.3.1 Estratégias utilizando os preços à vista do milho

Seguindo as recomendações de Sanches *et al.* (2016) foi utilizado o critério de Schwarz (SC) para selecionar o número de defasagens (*lags*) ótimos necessários das séries de preços à vista e futuro da soja e milho, para incluir na regressão das séries de preços em primeira diferença e resíduos da equação em nível (ECT) e gerar a estimativa da efetividade e razão ótima de *hedge* e *cross hedge* de acordo com o modelo de Myers e Thompson (1989) adaptado por Lien e Tse (2000) para incluir na análise a abordagem de cointegração. Os achados de pesquisa são o são apresentados por meio das Tabelas 9 e 10.

Tabela 9. Resultados das estimações de razão ótima e efetividade de *hedge* utilizando contratos futuros do milho (B3) e da soja (CME) para *Cross hedge*.

a) Painel A: Resultados da efetividade e razão ótima do *hedge* utilizando os preços à vista do milho e milho futuro (B3).

Estatísticas	cornB3										
	CORNpf		CORNcsvel		CORNmga		CORNtm		CORNsorr		
Variáveis	NC	C									
RcornB3 (λ)	0,08***	-	0,32***	-	0,33***	-	0,23***	-	0,32***	-	
h^*	EN	-	0,06**	-	0,24***	-	0,25***	-	0,12**	-	0,32**
	N	-	0,09***	-	0,36***	-	0,38***	-	0,28***	-	0,28***
	LN	-	0,11***	-	0,32***	-	0,33***	-	0,25***	-	0,43***
CORNt-1	0,38***	0,38***	0,15***	0,15***	0,08**	0,08**	-0,04 ^{NS}	-0,04 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	
CORNt-2	0,15***	0,15***	0,01 ^{NS}	0,01 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	0,12***	0,12***	0,08**	0,08**	
CORNt-3	-0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	-0,01 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,04 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	
cornB3t-1	0,07***	0,07***	0,25***	0,25***	0,28***	0,28***	0,26***	0,26***	0,26***	0,26***	
cornB3t-2	0,09***	0,09***	0,15***	0,15***	0,18***	0,18***	0,20***	0,19***	0,30***	0,30***	
Resíduo	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
constante	0,00 ^{NS}										
Efetividade	0,4387	0,4384	0,3639	0,3657	0,3266	0,3284	0,1998	0,2025	0,1044	0,1032	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota 1: Modelos NC – Não Climático, ou seja, não tem a variável ENOS; C – Climático, com interação da variável ENOS.

Nota 2: NS – Não Significativo

*, **, *** estatisticamente significativo a 10%, 5% e 1%.

b) Painel B: Resultados da efetividade e razão ótima do *hedge* utilizando os preços à vista do milho e milho futuro (CME).

Estatísticas	cornCME										
	CORN _{pf}		CORN _{csvel}		CORN _{mga}		CORN _{tm}		CORN _{sorr}		
Variáveis	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	
RcornB3 (λ)	0,05***	-	0,16***	-	0,18***	-	0,12***	-	0,33***	-	
h^*	EN	-	0,08***	-	0,15***	-	0,18***	-	0,07 ^{NS}	-	0,33***
	N	-	0,04**	-	0,14***	-	0,16***	-	0,14***	-	0,31***
	LN	-	0,04 ^{NS}	-	0,28***	-	0,30***	-	0,12*	-	0,41***
CORN _{t-1}	0,44***	0,44***	0,30***	0,31***	0,22***	0,23***	0,05 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	
CORN _{t-2}	0,16***	0,16***	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,16***	0,16***	0,07**	0,07**	
cornCME _{t-1}	0,05***	0,05***	0,13***	0,13***	0,14***	0,14***	0,08**	0,09**	0,11**	0,11**	
cornCME _{t-2}	0,05***	0,05***	0,06**	0,06**	0,07**	0,07**	0,06**	0,06**	0,22***	0,22***	
Resíduo	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Constante	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	
Efetividade	0,3741	0,3738	0,2253	0,2275	0,1897	0,1916	0,0743	0,0731	0,0976	0,0957	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota 1: Modelos NC – Não Climático, ou seja, não tem a variável ENOS; C – Climático, com interação da variável ENOS.

Nota 2: NS – Não Significativo

*, **, *** estatisticamente significativo a 10%, 5% e 1%.

c) Painel C: Resultados dos cálculos da efetividade e razão ótima do *cross hedge* utilizando os preços à vista do milho e soja futuros (CME).

Estatísticas	soyCME										
	CORN _{pf}		CORN _{csvel}		CORN _{mga}		CORN _{tm}		CORN _{sorr}		
Variáveis	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	
RcornB3 (λ)	0,06***	-	0,18***	-	0,21***	-	0,10 ^{NS}	-	0,37***	-	
h^*	EN	-	0,05*	-	0,10*	-	0,13**	-	0,03 ^{NS}	-	0,35**
	N	-	0,05**	-	0,18***	-	0,21***	-	0,13*	-	0,39***
	LN	-	0,09***	-	0,29***	-	0,32***	-	0,15*	-	0,35**
CORN _t -1	0,44***	0,44***	0,33***	0,33***	0,25***	0,25***	0,05 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	
CORN _t -2	0,15***	0,15***	0,01 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,16***	0,16***	0,09**	0,09**	
soyCME _t -1	0,06***	0,06***	0,11***	0,11***	0,13***	0,13***	0,10**	0,10**	0,06 ^{NS}	0,06 ^{NS}	
soyCME _t -2	0,05***	0,05***	0,04 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,08**	0,08**	0,22***	0,22***	
Resíduo	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Constante	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	
Efetividade	0,3718	0,3712	0,2014	0,2049	0,1663	0,1692	0,0670	0,0672	0,0829	0,0805	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota 1: Modelos NC – Não Climático, ou seja, não tem a variável ENOS; C – Climático, com interação da variável ENOS.

Nota 2: NS – Não Significativo

*, **, *** estatisticamente significativo a 10%, 5% e 1%.

Os achados de pesquisa apresentados na Tabela 9 (Painel A) indicam que para uma estratégia adotada por um *hedger*, produtor rural, cooperativista ou agente interessado em tal operação para os preços à vista do milho com cobertura em contratos futuros de milho da bolsa local(B3), portanto, operando um *hedge* tem o seu risco de preço neutralizado em 43,84 % (Passo Fundo), 36,57 % (Cascavel), 32,84% (Maringá), 20,25 % (Uberlândia – Triângulo Mineiro) e 10,32% (Sorriso) na presença do evento climático ENOS.

Isso posto, uma inspeção detalhada no Painel A indica que para a praça de Passo Fundo na presença dos fenômenos EN, LN e N a razão ótima de hedge, ou seja, a cobertura necessária para mitigação do risco apontando anteriormente é de 60, 110 e 90 sacas respectivamente. Esses resultados demonstram a quantidade ou o tamanho ideal de exposição do *hedger* no mercado futuro sugerido na análise, no caso a B3.

Para as praças de Cascavel, Maringá, Uberlândia (Triângulo Mineiro) e Sorriso as coberturas exigidas para a neutralização do risco de preço, isto é, da efetividade de *hedge* estabeleceram-se entre 120 a 430 sacas. Diante do exposto, os *hedgers* que realizarem as operações de cobertura nesses municípios necessitam se expor mais na presença do fenômeno La Niña (LN) dado que o tamanho da posição assumida no mercado futuro é maior comparado à ocorrência do EN e N.

Uma análise no Painel B indica os resultados das estratégias de hedge adotadas pelos agentes de mercado para os preços do milho no mercado à vista se expondo no mercado de futuros agrícolas norte-americano especificamente com contratos de milho CME. Assim, destoa das demais praças analisadas o município de Passo Fundo que apresentou a redução de risco de 37,38% frente a 22,75% (Cascavel), 19,16% (Maringá), 7,31% (Uberlândia) e 9,57% (Sorriso), ou seja, dada a ocorrência do evento climático ENOS a neutralidade dos riscos de preço se expondo ao mercado futuro de commodities agrícolas norte-americano estes foram os achados de pesquisa (Tabela 9, Painel B).

Dito isso, o tamanho da exposição necessária apontado pelo estudo adotando essa estratégia se estabeleceu ao equivalente entre 80 a 410 sacas de milho para cada 1000 sacas de milho cobertas no mercado à vista. O destaque foi em Sorriso (MT) cuja cobertura de hedge exigiu 330 sacas na presença do EN, 410 no LN e 310 na fase neutra do evento.

Finalizando, a estratégia de hedge cruzado (cross hedge) entre os preços à vista do milho e os contratos futuros de soja CME indicou uma efetividade de cross hedge da ordem de 37,12% (Passo Fundo), 20,49% (Cascavel), 16,92% (Maringá), 6,72% (Uberlândia) e 8,05% (Sorriso), isso significa que das três estratégias adotadas esta é a que apresenta os piores desempenhos (Tabela 9, Painel C).

3.3.2 Estratégias de *hedge* utilizando os preços à vista da soja

Os achados de pesquisa para a neutralização dos riscos de preços assumindo posições contrárias ao mercado à vista por meio de contratos futuros objetivo desse estudo são apresentados na Tabela 10. As estratégias adotadas foram: (1) *hedge* com preços à vista da soja do mercado brasileiro por praça de comercialização e os contratos futuros de soja CME, (2) *cross hedge* com os preços da soja à vista e contratos futuros de milho cotados na bolsa local (B3) e (3) *cross hedge* com os preços à vista da soja e os contratos futuros de milho cotados na CME.

O método de estimação da efetividade e razão ótima de *hedge* foi por meio do modelo de Myers e Thompson (1989) adaptado por Lien e Tse (2000) para incluir na análise a abordagem de cointegração, utilizando contratos futuros da B3 (Brasil, Bolsa, Balcão) e da Bolsa de Chicago (CME).

Tabela 10. Resultados das estimações de razão ótima e efetividade de *hedge* com preços da soja utilizando contratos futuros (CME) e *cross hedge* com contratos futuros de milho (B3) e (CME).

a) Painel A: Resultados da efetividade e razão ótima do *hedge* utilizando os preços à vista da soja e soja futuro (CME).

Estatísticas	soyCME										
	SOYpf		SOYcsvel		SOYmga		SOYtm		SOYsorr		
Variáveis	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	
RcornB3 (λ)	0,54***	-	0,56***	-	0,58***	-	0,41***	-	0,61***	-	
h^*	{EN	-	0,45***	-	0,50***	-	0,51***	-	0,41***	-	0,54***
	{N	-	0,48***	-	0,57***	-	0,58***	-	0,42***	-	0,62***
	{LN	-	0,65***	-	0,65***	-	0,67***	-	0,40***	-	0,69***
SOYt-1	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	-0,06 ^{NS}	-0,06*	-0,06*	-0,06**	-0,18***	-0,18***	-0,25***	-0,25***	
SOYt-2	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	
soyCMEt-1	0,17***	0,17***	0,16***	0,17***	0,16***	0,16***	0,26***	0,26***	0,35***	0,35***	
soyCMEt-2	0,06**	0,07**	0,03 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,11***	0,11***	0,14***	0,14***	
Resíduo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Constante	0,01 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,04**	
Efetividade	0,4697	0,4775	0,4880	0,4906	0,5035	0,5063	0,3502	0,3484	0,4074	0,4084	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota 1: Modelos NC – Não Climático, ou seja, não tem a variável ENOS; C – Climático, com interação da variável ENOS.

Nota 2: NS – Não Significativo

*, **, *** estatisticamente significativo a 10%, 5% e 1%.

b) Paineis B: Resultados da efetividade e razão ótima do *cross hedge* utilizando os preços à vista da soja e milho futuro (B3).

Estatísticas	cornB3										
	SOYpf		SOYcsvel		SOYmga		SOYtm		SOYsorr		
Variáveis	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	
RcornB3 (λ)	0,21***	-	0,22***	-	0,24***	-	0,16***	-	0,25***	-	
h^*	{EN	-	0,19***	-	0,24***	-	0,26***	-	0,19***	-	0,30***
	{N	-	0,18***	-	0,19***	-	0,20***	-	0,15***	-	0,21***
	{LN	-	0,30***	-	0,27***	-	0,27***	-	0,16***	-	0,27***
SOYt-1	0,07**	0,08**	-0,03 ^{NS}	-0,02 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	-0,07**	-0,07**	-0,13***	-0,13***	
SOYt-2	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,07*	0,07*	
SOYt-3	-0,00 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	0,06*	0,06*	0,06*	0,06*	0,07**	0,07**	0,10**	0,10**	
cornB3t-1	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,06**	0,06**	0,05**	0,05**	0,08**	0,08**	0,06*	0,06*	
cornB3t-2	0,03 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,04*	0,04*	0,04*	0,05*	0,04 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,08**	0,08**	
Resíduo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Constante	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	
Efetividade	0,1131	0,1155	0,1079	0,1072	0,1128	0,1120	0,0807	0,0788	0,1053	0,1044	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota 1: Modelos NC – Não Climático, ou seja, não tem a variável ENOS; C – Climático, com interação da variável ENOS.

Nota 2: NS – Não Significativo

*, **, *** estatisticamente significativo a 10%, 5% e 1%.

c) Painel C: Resultados da efetividade e razão ótima do *cross hedge* utilizando os preços à vista da soja e milho futuro (CME).

Estatísticas	cornCME										
	SOYpf		SOYcsvel		SOYmga		SOYtm		SOYsorr		
Variáveis	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	
RcornB3 (λ)	0,25***	-	0,29***	-	0,30***	-	0,22***	-	0,31***	-	
h^*	EN	-	0,29***	-	0,34***	-	0,35***	-	0,27***	-	0,40***
	N	-	0,21***	-	0,26***	-	0,27***	-	0,20***	-	0,28***
	LN	-	0,33***	-	0,32***	-	0,33***	-	0,16**	-	0,31***
SOYt-1	0,06	0,06*	-0,01 ^{NS}	-0,01 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	-0,07**	-0,07**	-0,12***	-0,12***	
SOYt-2	0,02 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,07**	0,07**	
cornCMEt-1	0,10***	0,11***	0,10***	0,09***	0,10***	0,10***	0,12***	0,12***	0,17***	0,18***	
cornCMEt-2	0,05**	0,05**	0,03 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,06**	0,06**	0,04 ^{NS}	0,04 ^{NS}	
Resíduo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Constante	0,01 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,01**	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,02	
Efetividade	0,1998	0,2036	0,2037	0,2043	0,2121	0,2131	0,1593	0,1605	0,1731	0,1743	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota 1: Modelos NC – Não Climático, ou seja, não tem a variável ENOS; C – Climático, com interação da variável ENOS.

Nota 2: NS – Não Significativo

*, **, *** estatisticamente significativo a 10%, 5% e 1%.

Os achados de pesquisa apresentados na Tabela 10 indicam que ao adotar uma estratégia de *hedge* assumindo que o produtor, cooperativista ou o armazém detém 1000 sacas de soja o agente de mercado interessado em realizar a cobertura obterá uma neutralização dos riscos de preços por meio de contratos futuros de soja cotados na CME da ordem de 47,75% (Passo Fundo), 49,06% (Cascavel), 50,63% (Maringá), 34,84% (Uberlândia) e 40,84% (Sorriso). No entanto para alcançar essa efetividade de hedge é necessário que o agente realize uma operação contrária no mercado futuro, assim estando comprado em soja no mercado à vista, este precisará vender o equivalente em contratos futuros, ou seja, precisará de uma cobertura em soja.

Diante do exposto, o tamanho da exposição exigida para essa operação de hedge é de 450, 650 e 450 sacas de soja no mercado futuro de soja para proteger 1000 sacas no mercado à vista em Passo Fundo na presença dos fenômenos EN, LN e N respectivamente.

Os resultados de cobertura exigidas para alcançar a redução de risco apresentada na estratégia de *hedge* para as demais praças analisadas ficaram entre 400 e 690 sacas de soja na ocorrência dos fenômenos EN, LN e N o que demonstra um elevado nível de cobertura exigido para proteger financeiramente a lavoura de soja (Tabela 10, Painel A).

No Painel B são apresentados os resultados obtidos a partir de uma estratégia de cross hedge com os preços à vista da soja e contratos futuros de milho da bolsa local (B3). Assim, para alcançar uma redução de risco de 11,55% em Passo Fundo o hedger precisa se expor em 190, 300 e 180 sacas de milho na bolsa B3 para cada 1000 sacas de soja detidas no mercado à vista. Ademais, os resultados de neutralização de risco de preços para as praças de Cascavel, Maringá, Uberlândia e Sorriso indicaram um valor abaixo do esperado na literatura e comparado a estratégia de hedge (Tabela 10, Painel B).

Por sua vez, no Painel C foram expostos os resultados para a estratégia de cross hedge com os preços à vista de soja e contratos futuros de soja cotados na CME. Os resultados da estimação de efetividade de hedge são: 20,36% (Passo Fundo), 20,43% (Cascavel), 21,31% (Maringá), 16,05% (Uberlândia) e 17,43% (Sorriso), são resultados abaixo do obtido comparado as demais estratégias ficando abaixo da estratégia de hedge de soja, sendo que a cobertura de hedge exigida se estabeleceu entre 160 e 400 sacas de milho na CME o que denota uma exposição elevada em relação as estimações anteriores com baixo poder de neutralidade dos riscos de preço (Tabela 10, Painel C).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O agronegócio desempenha um importante papel na economia brasileira. Diante do exposto, buscou-se estudar o comportamento dos preços da soja e milho devido à importância e peso desses cultivares na produção nacional com a soja atingindo a produção de 117,8 milhões de toneladas, 34,94 milhões de hectares em área cultivada na safra de 2018, último ano estabelecido na série desse estudo, fechando com a produtividade média de 2.908 Kg/ha, por fim a produção de milho somada as duas safras totalizou 81,4 milhões de toneladas com área cultivada próxima de 17 milhões de hectares.

Nesse contexto, observado a importância da agricultura para o sistema econômico brasileiro se constatou a necessidade de analisar as flutuações dos preços em decorrência das variações climáticas, haja vista a dependência da agricultura sob o clima. Assim, foram exploradas as relações entre as variáveis climáticas por meio da *proxy* ENOS e as variáveis econômicas representadas pelos preços à vista e futuros da soja e milho.

Os achados de pesquisa indicam que há relevância estatística entre a razão de preços STC, isto é, soja/milho e o evento climático ENOS de forma geral e por meio dos fenômenos El Niño, La Niña ou na fase Neutra. No entanto, as variáveis meteorológica de nível de precipitação (PREC) e Temperatura do ar (TEMP) bem como a taxa de Câmbio (Dolcpa) apresentaram baixa significância estatísticas com os estimadores próximos a zero o que significa uma inexpressiva atuação sobre a variável dependente, STC, assim sendo essas variáveis foram expurgadas do modelo de cointegração preservando-se apenas a *proxy* ENOS.

Depois de realizado o procedimento entre a variável climática e a razão STC, se prosseguiu com a adoção das estratégias de *hedge* objetivo fundamental desse estudo. Foram estimadas a efetividade e a razão ótima de *hedge*, ou o tamanho da exposição no mercado futuro em relação ao mercado à vista, com o intuito de prover uma ferramenta de gerenciamento de risco para o *hedger* empregando o modelo de *hedging* estático de Myers e Thompson (1989) a partir dos preços diferenciados defasados à vista e futuros da soja e milho.

Além disso, foram adotadas seis estratégias para cada praça comercializadora sendo, duas de *hedge* entre os preços à vista do milho e contratos futuros de milho da B3 e Bolsa de Chicago e um *hedge* cruzado (*cross hedge*) entre os preços à vista do milho e futuro de soja da CME. Para os preços da soja o procedimento foi similar, entretanto, de forma inversa foram duas estratégias de *cross hedge* e uma de *hedge*, com preços da soja à vista e contratos futuros de milho B3 e CME e soja CME.

Os achados da pesquisa demonstram que hedgeando uma posição de milho à vista por meio da estratégia de *hedge* com contratos de milho da B3 a efetividade de *hedge* é superior as demais estratégias em todas as praças analisadas. Isso posto, em Passo Fundo foi a praça em que se obteve a maior redução de risco com 43,84% e razão ótima de *hedge* para uma posição de 1000 sacas no mercado à vista o produtor, cooperativista ou outro agente tomador do risco necessitará vender o equivalente a 60, 110 e 90 sacas de milho no futuro da B3.

Ademais, as praças de Cascavel, Maringá, Uberlândia e Sorriso apresentaram resultados inferiores para neutralização dos riscos entre 10% a 36% e razão ótima de *hedge* na presença dos fenômenos EN, LN e N entre 120 a 430 sacas de milho na B3, ou seja, uma exigência maior de exposição ao risco. Ao assumir as estratégias de *hedge* com milho CME se obteve uma efetividade de *hedge* de 34,38% (Passo Fundo) e *cross hedge* com soja CME neutralizou 37,12% (Passo Fundo). Diante do exposto, os resultados se mostraram aquém comparados a estratégia de *hedge* inicial sendo que a exigência da tomada de posição no mercado futuro na presença de EN, LN e N indicaram uma necessidade maior de exposição ao risco.

Finalizando, o hedger ao proteger uma posição de soja à vista a melhor estratégia encontrada foi de *hedge* com contratos futuros de soja CME. Isso posto, a adoção dessa estratégia permite ao tomador da posição reduzir os riscos de preços da soja em 47,75% (Passo Fundo) no intervalo proposto com a razão ótima de *hedge* de 450, 650 e 480 sacas na presença dos fenômenos EN, LN e N respectivamente.

Na seqüência, Cascavel, Maringá e Sorriso foram as praças alcançaram a maior neutralidade do risco de preços com 49,06%, 50,63% e 40,84% respectivamente com coberturas necessárias entre 400 a 690 sacas em contratos futuros de soja na Bolsa de Chicago. O presente trabalho contribuiu inserindo a variável climática ENOS no modelo de estimação de *hedging* estático com o objetivo de analisar o comportamento das estratégias envolvendo os preços da soja/milho. Para novas pesquisas a sugestão é de explorar a análise de *hedge* dinâmico, delimitar por safra e safrinha bem como a expansão das variáveis de controle e o recorte temporal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOLRAHIMI, M. The Effect of El Niño Southern Oscillation (ENSO) on World Cereal Production. Thesis (Master of Philosophy) – *Faculty of Agriculture and Environment at The University of Sydney, Sydney, 2016.*

ADAMS, R.M; CHEN, C.C; McCARL, B.A; WEIHER, R.F. The economic consequences os ENSO events for agriculture. *Climate Research*, v.13, pp.165-171,1999. DOI: 10.3354/cr013165.

ARAUJO, P.H.C. *Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões Nordeste e Sul do Brasil.* – Dissertação (Mestrado) Viçosa, MG, 2012.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. *El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura.* Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. 110 p.

BERLATO, M.A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D.C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n.5, Brasília, 2005.DOI: 10.1590/S0100-204X2005000500001.

BARROS, A. M.; AGUIAR, D. R. D. Gestão do risco de preço de café arábica: uma análise por meio do comportamento da base. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.43, n.3, pp.443-464, 2005. DOI:10.1590/S0103-20032005000300003.

BORLACHENCO, N. G. C; GONÇALVES, A. B. Expansão agrícola: elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. *Interações*, Campo Grande, MS, v.18, n.1, p.119-128, jan./mar.2017. DOI: 10.20435/1984-042X-2017-v.18-n.1(09).

BRASIL. Comissão de Valores Mobiliários. *Deliberação CVM n.604, de 19 de novembro de 2019.* Aprova os Pronunciamentos Técnicos CPC 38,39 e 40, do Comitê de Pronunciamentos Contábeis, que tratam do reconhecimento e mensuração, da apresentação e da evidenciação de instrumentos financeiros. Disponível em: <http://www.cvm.gov.br/> Acesso em:03/04/2020.

BRASIL. *Instrução Normativa n.2 de 6 de fevereiro de 2012.* Visa orientar a indicação de cultivares de soja no Zoneamento Agrícola de Risco Climático do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, e considerando proposta da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja, aprovada pela Associação Brasileira dos Obtentores Vegetais - BRASPOV e pela Associação Brasileira de Sementes e Mudas – ABRASEM. Brasília, fev./2012.3

BLOOMBERG. *Banco de dados especializado.* Disponível somente para assinantes. Acesso em: mar/2019.

BACEN – BANCO CENTRAL DO BRASL. Sistema Gerenciador de Séries Temporais-SGS. Setor. Externo. 10813 – *Taxa de Câmbio-Livre-Dólar americano (compra).* Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/>. Acesso em: mai/2019.

BOX, G.E.P; JENKINS, G. *Time Series Analysis: Forecasting and control*. Oakland, Golden – Day, 1976.

BLANK, S.C.; CARTER, C.A; SCHMIESING, BH. *Futures and options markets- trading in commodities and financials*. Englewood cliffs: Prentice-Hall, Inc.; 1991. 410p.

BUENO, R. L. S. *Econometria de séries temporais*. 2.ed. – São Paulo: Cengage Learning, 2015.

CARVALHO, H.W.L.; LEAL, M.L.S.; SANTOS, M.X.; CARDOSO, M.J.; MONTEIRO, A.A.T.; TABOSA, J.N. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no nordeste brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.6, Brasília, junho/2000. DOI: 10.1590/S0100-204X2000000600007.

CARMONA, C.U.M.; AQUINO, J.T.; PAREDES, B.J.B.; TORRES, M.L. Teoria do *hedge*: Recortes teórico-empíricos aplicados à gestão do risco com derivativos. *RIC-Revista de Informação Contábil*, v.8, n.2, pp.29-48, abr-jun/2014.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. *PIB do Agronegócio brasileiro de 1996 a 2018*. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: 08/05/2019.

CONAB-COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.6- Safra 2018/19 – Décimo segundo levantamento, Brasília, p.72-81, set/2019.

DICKEY, D.A.; FULLER, W.A. Distribution of the Estimators for Auto-regressive Time Series with Unit Root. *Journal of American Statistical Association*, v.74, n.366, pp. 427-431, 1979. DOI: 10.2307/2286348.

_____. Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a unit Root. *Econometrica*, v.49, n.4, pp.1057-1072, 1981. DOI: 10.2307/1912517.

DEZORDI, L.L.; D’AGOSTINI, L.L.M.; BITTENCOURT, M.V.L.; CURADO, M.L. Regime de metas de inflação para a condução da política monetária brasileira: uma aplicação do modelo VAR. In: OREIRO, J.L.; PAULA, L.F.; SOBREIRA, R. (Orgs.). *Política Monetária, bancos centrais e metas de inflação: teoria e experiência brasileira*. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2009, pp.121-147.

DENG, X.; HUANG, J.; QIAO, F.; NAYLOR, R.L.; FALCON, W.P.; BURKE, M.; ROZELLE, M. BATTISTI, D. Impacts of El Niño-Southern Oscillation events on China’s rice production. *Journal of Geographical Sciences*, v.20, p.3-16, 2010. DOI: 10.1007/s11442-010-0003-6.

DESCHAMPS, P.J. Comparing smooth transition and Markov switching autoregressive models of US unemployment. *Journal of Applied Econometrics*. Chichester, GB, v.23, n.4, p.435-462, 2008. DOI: 10.1002/jae.1014.

DOMINGUES, M.S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária a soja. *Ambiente & Sociologia*, v.15, n.2. São Paulo. maio/ago.2012. DOI: 10.1590/S1414-753X2012000200002.

DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; COSTA, J.D.; FANCELLI, A.L. Fatores ecofisiológicos que afetam o comportamento do milho em semeadura tardia (safrinha) no Brasil Central. *Scientia Agricola*, Piracicaba, vol.5, no.3, set/dez, 1995. DOI:10.1590/S0103-90161995000300014.

ENGLE, R.; GRANGER, C.J. Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, Chicago, v. 55, n. 2, p. 251-276, 1987. DOI: 10.2307/1913236

ELLIOT, G.; ROTHENBERG, T.J.; STOCK, J.H. Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root. *Econometrica*, v.64, n.4, p.813-836, jul./1996. DOI: 10.2307/2171846.

EDERINGTON, L. H. The hedging performance of the new futures markets. *The Journal of Finance*, New York, v. 34, n. 1, p. 157-170, 1979. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1979.tb02077.x

FILENI, D. H.; MARQUES, P.V.; MACHADO, H. M. O risco de base e a efetividade do hedge para o agronegócio do café em Minas Gerais. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, v.1, n.1, jan/jun/1999.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FORSANIERI FILHO, D. Desempenho Agronômico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. *Bragantia*, Campinas, v.62, n.2, p.235-241, 2003. DOI:10.1590/S0006-87052003000200008.

FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JR, A.A.; TONON, B.C.; FARIAS, J.R.B.; OLIVEIRA, M.C.N.; TORRES, E. Evolution of crop yields in difference tillage and cropping systems over two decades in Southern Brazil. *Field Crops Research*, v.137, p.178-185, 2012.

FAUSTI, S. W. The causes and unintended consequences of a paradigm shift in corn production practices. *Environmental Science & Policy*, v.52, pp.41-50, 2015. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.04.017.

FRANCO, F.V; NETO, O.J.O; MACHADO, W.B. Efetividade das operações de *hedge* para o etanol de Pernambuco no mercado futuro da BM&FBovespa. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v.47, n.1, pp.49-64, jan/mar., 2016.

FÉRES, J.G; REIS, E.J; SPERANZA, J.S. *Mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil*. In:XXXVII Encontro Nacional de Economia 2009, Foz do Iguaçu. Anais do XXXVII Encontro Nacional de Economia, 2009. Disponível em:<<http://www.anpec.org.br/novosite/br/encontros>>. Acesso em: junho/2019.

_____.; BALBINOT JR, A.A.; NITSCHKE, P.R.; DEBIASI, H.; LOPES, I.O.N. *Variabilidade espacial e temporal da produção de soja no Paraná e definição de ambientes de produção*. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 42p. (Embrapa Soja. Documentos, 374).

GRIM, A.M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, v.11, p.2863-2880, 1998. DOI:10.1175/1520-0442(1998)011<2863: PAISBA>2.0.CO;2

_____ ; DOYLE, M.E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, 13:35-58, 2000. DOI: 10.1175/1520-0442(2000)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2.

GLANTZ, M.H. *Lessons Learned from the 1997–98 El Niño: Once Burned, Twice Shy?* Univ., Tokyo, 2001.

GOMES, F.C. Determinação da razão de *hedge*: um estudo sobre as teorias de hedging. *Revista de Administração de Empresas*, v.27, n.4, São Paulo out/dez, 1987. DOI:10.1590/S0034-75901987000400006.

HARDAKER, J.B; LIEN, G; ANDERSON, J.R; HUIRNE, R.B.M. Coping with Risk in Agriculture.3. Ed. *Applied Decision Analysis*, Wallingford, UK: CABI Publishing, 2015.

GARCIA, J.R.; BUAINAIN, A.M. Dinâmica de Ocupação do Cerrado Nordestino pela Agricultura:1990 e 2012.*Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.54, n.2, Brasília, abril/junho, 2016. DOI: 10.1590/1234.56781806-947900540207.

HULL, J. C. Opções, Futuros e outros Derivativos. – 9. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA. *Tabela 6588- Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 09/02/2020.

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, v.52, n.2, p.169-2010, 1990.DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.1990.mp52002003.x>

JOZAMI, E; BULACIO, E.M; CORONEL, A. Temporal variability of ENSO effects on corn yield at the central region of Argentina. *International Journal of Climatology*, 2017. DOI: 10.1002/joc.5154.

JIANG, J; FORTENBERY, R. El Niño and La Niña induced volatility spillover effects in the U.S. soybean and water equity markets. *Journal Applied Economics*, v.51, pp.1133-1150, 2018. DOI: 10.1080/00036846.2018.1524980.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v.12, p.231-254, jun/set, 1988. DOI: 10.1016/0165-1889(88)90041-3.

JOHNSON, L. The Theory of Hedging and Speculation in Commodity Futures. *The Review of Economic Studies*, Oxford, v. 27, n. 3, p. 139-151, 1960. DOI: 10.2307/2296076.

KOUSKI, V.E.; KAGANO, M.T.; CAVALCANTI, I.F.A. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus, Series A - Dynamic Meteorology and Oceanography*, v.36A, p.49-504, 1984. DOI: 10.1111/j.1600-0870.1984.tb00264.x.

- KEPPENNE, C.L. An ENSO Signal in Soybean Futures Prices. *Journal of Climate*, 8(6), 1685-1689, 1995. DOI: 10.1175/1520-0442(1995)008<1685:AESISF>2.0.CO;2.
- KNMI CLIMATE EXPLORER – Select a time series. Daily climate indices. ENSO.Nino34 [K] daily Nino34 index from SST OI v2 ¼ degree. Disponível em: <https://climexp.knmi.nl/start.cgi>. Acesso em: 06/02/2019.
- LIEN, D.H.D. The Effect of the Cointegrating Relationship on Futures Hedging A Note. *The Journal of Futures Markets*, New York, v.16, n. 7, p. 773-780, 1996. DOI: 10.1002/(SICI)1096-9934(199610)16:7<773: AID- FUT3>3.0.CO;2-L.
- LIMA, M.A (Org.); CABRAL, O.M.R; MIGUEZ, J.D.G; Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira. – Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2001. DOI: 10.35977/0104-1096.cct2002.v19.8816.
- LIN, W; RILEY, P.A. Rethinking the Soybeans-to-Corn Price Ratio: Is It Still a Good Indicator for Planting Decisions? *Economic Research Service/USDA. In: Feed Yearbook/FDS*, 1998.
- MARTINS, A.G.; AGUIAR, D.R.D. Efetividade do Hedge de Soja em Grão Brasileira Contratos Futuros de Diferentes Vencimentos na Chicago Board of Trade. *Revista de Economia e Agronegócio*, v.2, n.4, 2004. DOI: <https://doi.org/10.25070/rea.v2i4.43>.
- MORETTIN, A.P.; TOLOI, C.M.C. Análise de Séries Temporais. – 2ª ed. – São Paulo: Egard Blucher, 2006.
- MAIA, F.N.C.S; AGUIAR, D.R.D. Estratégias de hedge com os contratos futuros de soja da Chicago Board of Trade. *Gestão & Produção*, v.10, n.3, p.617-626, 2010. DOI: 10.1590/S0104-530X2010000300014.
- MARKOWITZ, H. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, v.7, n.1, p.77-91, 1952. DOI: 10.2307/2975974.
- MARQUES, P.V; MELLO, P.C.; MARTINES, J.G. Mercados Futuros e de Opções Agropecuárias. Piracicaba, São Paulo, *Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Esalq/USP*, 2006.
- MINAKI, C; MONTANHER, O. C. Influência do El Niño-Oscilação Sul na Precipitação em Maringá-PR, no período de 1980 a 2016. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia-MG, v.20, n.69, p.266-281, mar/2019. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG206941220>.
- MIRANDA, R. A. de; GARCIA, J. C.; DUARTE, J. de O.; OLIVEIRA, A. P. de. *A influência da soja na área de plantação do milho safrinha: um estudo de painel. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA*, 11., 2011, Lucas do Rio Verde, MT. Anais. Lucas do Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2001. p. 113-118.
- MONTEIRO, B.A.E.J. (Org.). *Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola*. – Brasília, DF: INMET, 2009.

- MYERS, R. J.; THOMPSON, S. R. Generalized Optimal *Hedge* Ratio Estimation. *American Journal of Agricultural Economics*, Cary, NC, v. 71, n. 4, p. 858-868, 1989. DOI: 10.2307/1242663.
- PODESTÁ, G.; LETSON, D.; MESSINA, C.; ROYCE, F.; FERREYRA, R.A.; JONES, J.; HANSEN, J.; LIOVET, I.; GRONDONA, M.; O'BRIEN, J. Use ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience. *Agricultural Systems*, v.74, n.3, pp.371-392, dez/2002. DOI: 10.1016/S0308-521X(02)00046-X.
- REYNOLDS, R.W.; SMITH, T.M. Improved Global Sea Surface Temperature Analyses Using Optimum Interpolation. *Journal of Climate*, v.7, 1994. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1994\)007<0929:IGSSTA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1994)007<0929:IGSSTA>2.0.CO;2).
- STEIN, J.L. The Simultaneous Determination of Spot and Futures Prices. *The American Economic Review*, v.51.n.5, pp.1012-1025, 1961.
- STOLL, H.R.; WHALEY, R.E. *Hedging with futures contracts. Futures and Options-theory and applications*. Cincinnati: South-Western Publishing Co., 1993. 413.p.
- SHAH, A. Black, Merton e Scholes: Their work and its consequences. *Economy and Political Weekly*, ed.32, v.52, p.3337-3342, dez/1997.
- SILVA, A.S.; SILVA, I.F.; SILVA NETO, L.F.; SOUZA, C. Semeadura direta na produção do milho em agricultura de sequeiro na região Nordeste do Brasil. *Ciência. Rural*, v.41, n.9, pp.1556-1562, set/2011. DOI: 10.1590/S0103-84782011000900011.
- SHOUCIANA, F; MICELI, W.M. *Introdução aos mercados futuros e opções agropecuárias do Brasil*. 3ª Ed. rev. atual. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 2004.
- SOUZA, W.A.R.; MARTINES-FILHO, J.G.; MARQUES, P.V. Análise de estratégias de *hedge* simultâneo para a produção de soja no Centro-Oeste. *Revista de Economia*, v.38, n.2 (ano 36), pp.73-92, maio/ago.2012. DOI:10.5380/re.v38i2.29903.
- SILVA DIAS, M. A. F. Eventos climáticos extremos. *Revista USP*. São Paulo, n.103, 2014, pp.33-40. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i103p33-40.
- SANCHES, A.L.R.; ZANIN, V.; ALVES, L.R.A.; JACOMINI, R.L. Formação de preços no mercado de milho da região de Chapecó/SC-Brasil. *Revista Espacios*, v.37, n.18, p.20, 2016.
- SOUZA, M.O.; BACCHI, M.R.P.; ALVES, L.R. Análise de fatores que influenciam o processamento de soja no Brasil. *Revista de Economia e Agronegócio*, v.17, n.3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.25070/rea.v17i3.7957>.
- SILVA, I. T.; OLIVEIRA, R. A. Análise do *hedge* ótimo e efetividade do *hedge* para o mercado do milho de Ponta Grossa. In: XXVI ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, 2017.
- SOTO, P. A. *Arbitragem Estatística no Mercado Brasileiro de Ações: Uma Abordagem por VECM*. Dissertação (Mestrado) –Fundação Getúlio Vargas São Paulo, 2016.

TSE, Y.K. A test for constant correlations in a multivariate GARCH model. *Journal of econometrics*, v. 98, n. 1, p. 107-127, 2000. DOI: 10.1016/S0304-4076(99)00080-9

TRENBERTH, K. E. Short-term climate variations: Recent accomplishments and issues for future progress. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1997. p.1081-1096. DOI: 10.1175/1520-0477(1997)078<1081: STCVRA>2.0.CO;2.

TABONY, R.C. The estimation of missing climatological data. *Journal of Climatology*, vol.3, 297-314 (1983).DOI: 10.1002/joc.3370030308.

TERACINES, E. B. *Impactos econômicos do El Niño 97/98 na produção agrícola brasileira*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.cbmet.org.br/> Acesso em: jun/2019.

TONIN, J. M. *Transbordamento de risco de preço entre os mercados de milho e soja no Brasil*.2019. Tese (Doutorado) – USP/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. DOI:10.11606/T.11.2019.tde-29032019-112429.

_____.; BRAGA, M. J.; COELHO, A.B. Efetividade do *hedge* de milho com contratos futuros da BM&F: uma aplicação para a região de Maringá (PR).*Revista de Economia*, v.35, n.1, p.117-142, Editora UFPR, jan./abril, 2009.

SELUCHI, M.E.; CHAN CHOU, S.; GRAMANI, M. A case study of a winter heavy rainfall event over the Serra do Mar in Brazil. *Geofísica Internacional*, México, v.50, n.1, march, 2011.

UBILAVA, D. Analysis of the Soybean-to-Corn Price Ratio and its Impact on Farmers' Planting Decision-Making in Indiana. *Southern Agricultural Economics Association (SAEA)*. In: Annual Meeting February 2-6, 2008. Dallas, Texas. DOI: 10.22004/ag.econ.6783.

_____. HELMERS, G. Forecasting ENSO with a smooth transition autoregressive model. MPRA Paper No. 36890, posted 24. February 2012. DOI: 10.1016/j.envsoft.2012.09.008.

_____. El Niño, La Niña, and world coffee price dynamics. *Agricultural Economics*, v.43, n.1, p.17-26, 2012. DOI: 10.1111/j.1574-0862.2011.00562.x.

_____. The Role of El Niño Southern Oscillation in Commodity Price Movement and Predictability. *American Journal of Agricultural Economics*, v.100, n.1, pp.239-263, jan/2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajae/aax060>.

_____. The ENSO Effect and Asymmetries in Wheat Price Dynamics. *World Development*, v. 96, pp.490-502, 2017. DOI: 10.1016/j.worlddev.2017.03.031.

ZULAUF, C. Soybean – Corn Price Ratio Since 1975.*Farmdoc daily*, Department of Agricultural and Consumer Economics University of Illinois. Disponível em: <http://farmdocdaily.illinois.edu/2013/09/soybean-corn-price-ratios-since-1975.html>. Acesso em: 26/03/2020.

ZILLI, J. B.; SILVA, A. F.; CAMPOS, S. K.; COSTA, J. S. Razão ótima de *hedge* para os contratos futuros do Boi Gordo: Uma análise do Mecanismo de Correção de Erros. In: XLVI

CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL – SOBER, Rio Branco – Acre, 2008.

WORKING, H. Futures Trading and Hedging. *The American Economic Review*, v.43, n.3, pp.314-343, jun/1953. DOI:10.2307/1811346.

WILLIAMS, R. Using the margins command to estimate and interpret adjusted predictions and marginal effects. *The Stata Journal* v.12, pp.308-331, 2012. DOI:10.1177/1536867X1201200209.

APÊNDICE A. Tabelas das séries históricas do Produto Interno Bruto Total brasileiro e a Produção Total do Setor Agrícola em números absolutos e percentuais.

Tabela A.1 Série histórica do PIB, PIB agrícola e participações relativas do ramo agrícola, agronegócio, pecuária e total da agricultura para o Brasil. – 2005 a 2018.

Ano	PIBBR	PIBAGR	AGRÍCOLA	AGRONEGÓCIO	PECUÁRIA	PIBAGR%	Taxa (%)
2005	2.171	1.051	18,6%	24,2%	5,6%	48,4%	100,00%
2006	2.409	1.121	18,8%	23,3%	4,5%	46,5%	6,7%
2007	2.720	1.236	17,1%	22,7%	5,6%	45,4%	10,3%
2008	3.110	1.420	16,5%	22,8%	6,3%	45,7%	14,9%
2009	3.333	1.435	15,7%	21,5%	5,9%	43,0%	1,0%
2010	3.886	1.682	15,7%	21,6%	5,9%	43,3%	17,2%
2011	4.376	1.841	15,7%	21,0%	5,3%	42,1%	9,4%
2012	4.815	1.869	14,8%	19,4%	4,6%	38,8%	1,6%
2013	5.332	2.044	13,8%	19,2%	5,3%	38,3%	9,4%
2014	5.779	2.203	13,1%	19,1%	5,9%	38,1%	7,8%
2015	5.996	2.463	14,0%	20,5%	6,5%	41,1%	11,8%
2016	6.259	2.859	16,0%	22,8%	6,8%	45,7%	16,1%
2017	6.554	2.809	15,1%	21,4%	6,3%	42,9%	-1,8%
2018	6.828	2.884	15,6%	21,1%	5,5%	42,2%	2,6%
Média	4.541	1.923	15,8%	21,5%	5,7%	42,9%	8,2%

Fonte: Adaptado de CEPEA/Esalq/USP.

Nota 1: PIBBR – Produto Interno Bruto nacional em R\$ bilhões correntes.

2: PIBAGR - Produto Interno Bruto total da agricultura (Agrícola, Agronegócio e Pecuário)

3: PIBAGR% - Participação relativa do PIB da Agricultura no PIBBR.

4: Taxa: 2005=100.

APÊNDICE B. Tabelas de resultados do preenchimento de falhas pelo método de Tabony (1983) para a variável quantidade de precipitação (PREC) e temperatura (TEMP), de janeiro de 2005 a dezembro de 2018.

Tabela B.1: Descrição das estações teste e vizinhas utilizadas no preenchimento de falhas da variável quantidade de Precipitação (PREC) por meio do método de Tabony (1983).

Estações Teste/Vizinhas	Corr* (%)	Regressões/Combinações
Passo Fundo-RS	-	$\widehat{PREC}_{pf,t} = \alpha + \beta PREC_{mau,t} + \gamma PREC_{gen,t} + \delta PREC_{cqs,t}$
Marau	77,70	$\widehat{PREC}_{pf,t} = \alpha + \beta PREC_{mau,t} + \gamma PREC_{gen,t}$
Gentil	81,47	$\widehat{PREC}_{pf,t} = \alpha + \beta PREC_{mau,t}$
		$\widehat{PREC}_{pf,t} = \alpha + \gamma PREC_{gen,t} + \delta PREC_{cqs,t}$
Coqueiro Sul	76,54	$\widehat{PREC}_{pf,t} = \alpha + \beta PREC_{mau,t} + \delta PREC_{cqs,t}$
		$\widehat{PREC}_{pf,t} = \alpha + \gamma PREC_{gen,t}$
		$\widehat{PREC}_{pf,t} = \alpha + \delta PREC_{cqs,t}$

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota 1: Passo Fundo-RS é a Praça do milho/soja de acordo com a classificação edafoclimática do MAPA.

2: Correlações entre a estação teste e estações vizinhas, critério este adotado para seleção das melhores estações vizinhas.

3: Regressões/Combinações entre as estações teste e as estações vizinhas, sendo $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ coeficientes a serem estimados.

Tabela B.2: Descrição das estações teste e vizinhas utilizadas no preenchimento de falhas da variável quantidade de Precipitação (PREC) por meio do método de Tabony (1983).

Estações Teste/Vizinhos	Corr* (%)	Regressões/Combinações
Cascavel-PR	-	$\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \beta PREC_{toledo,t} + \gamma PREC_{ctdvas,t} + \delta PREC_{cmpmr,t}$
Toledo	66,88	$\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \beta PREC_{toledo,t} + \gamma PREC_{ctdvas,t}$
Catanduvas	74,73	$\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \beta PREC_{toledo,t}$ $\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \gamma PREC_{ctdvas,t} + \delta PREC_{cmpmr,t}$ $\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \beta PREC_{toledo,t} + \delta PREC_{cmpmr,t}$
Campo Mourão	30,0	$\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \gamma PREC_{ctdvas,t}$ $\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \delta PREC_{cmpmr,t}$

Nota 1: Cascavel-PR é a Praça do milho/soja de acordo com a classificação edafoclimática do MAPA.

2: Correlações entre a estação teste e estações vizinhas, critério este adotado para seleção das melhores estações vizinhas.

3: Regressões/Combinações entre as estações teste e as estações vizinhas, sendo $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ coeficientes a serem estimados.

Tabela B.3: Descrição das estações teste e vizinhas utilizadas no preenchimento de falhas da variável quantidade de Precipitação (PREC) por meio do método de Tabony (1983).

Estações Teste/Vizinho	Corr* (%)	Regressões/Combinações
Maringá-PR	-	$\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \beta PREC_{toledo,t} + \gamma PREC_{ctdvas,t} + \delta PREC_{cmpmr,t}$
Toledo	18,74	$\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \beta PREC_{toledo,t} + \gamma PREC_{ctdvas,t}$
Catanduvas	15,48	$\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \beta PREC_{toledo,t}$ $\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \gamma PREC_{ctdvas,t} + \delta PREC_{cmpmr,t}$ $\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \beta PREC_{toledo,t} + \delta PREC_{cmpmr,t}$
Campo Mourão	15,89	$\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \gamma PREC_{ctdvas,t}$ $\widehat{PREC}_{csvel,t} = \alpha + \delta PREC_{cmpmr,t}$

Nota 1: Maringá-PR é a Praça do milho/soja de acordo com a classificação edafoclimática do MAPA.

2: Correlações entre a estação teste e estações vizinhas, critério este adotado para seleção das melhores estações vizinhas.

3: Regressões/Combinações entre as estações teste e as estações vizinhas, sendo $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ coeficientes a serem estimados.

Tabela B.4: Descrição das estações teste e vizinhas utilizadas no preenchimento de falhas da variável quantidade de Precipitação (PREC) por meio do método de Tabony (1983).

Estações Teste/Vizinho	Corr* (%)	Regressões/Combinações
Uberlândia-MG	-	$\widehat{PREC}_{uber,t} = \alpha + \beta PREC_{Araguari,t} + \gamma PREC_{Prata,t} + \delta PREC_{patroc,t}$
Araguari	48,48	$\widehat{PREC}_{uber,t} = \alpha + \beta PREC_{Araguari,t} + \gamma PREC_{Prata,t}$
Prata	37,98	$\widehat{PREC}_{uber,t} = \alpha + \beta PREC_{Araguari,t}$ $\widehat{PREC}_{uber,t} = \alpha + \gamma PREC_{Prata,t} + \delta PREC_{patroc,t}$ $\widehat{PREC}_{uber,t} = \alpha + \beta PREC_{Araguari,t} + \delta PREC_{patroc,t}$
Patrocínio	34,95	$\widehat{PREC}_{uber,t} = \alpha + \gamma PREC_{Prata,t}$ $\widehat{PREC}_{uber,t} = \alpha + \delta PREC_{patroc,t}$

Nota 1: Uberlândia-MG é a Praça do milho/soja de acordo com a classificação edafoclimática do MAPA.

2: Correlações entre a estação teste e estações vizinhas, critério este adotado para seleção das melhores estações vizinhas.

3: Regressões/Combinações entre as estações teste e as estações vizinhas, sendo $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ coeficientes a serem estimados.

Tabela B.5: Descrição das estações teste e vizinhas utilizadas no preenchimento de falhas da variável quantidade de Precipitação (PREC) por meio do método de Tabony (1983).

Estações Teste/Vizinho	Corr* (%)	Regressões/Combinações
Sorriso-MT	-	$\widehat{PREC}_{sorr,t} = \alpha + \beta PREC_{lucrvde,t} + \gamma PREC_{natal,t} + \delta PREC_{sinop,t}$
Lucas do Rio Verde	31,90	$\widehat{PREC}_{sorr,t} = \alpha + \beta PREC_{lucrvde,t} + \gamma PREC_{natal,t}$
Feliz Natal	30,32	$\widehat{PREC}_{sorr,t} = \alpha + \beta PREC_{lucrvde,t}$ $\widehat{PREC}_{sorr,t} = \alpha + \gamma PREC_{natal,t} + \delta PREC_{sinop,t}$
Sinop	29,80	$\widehat{PREC}_{sorr,t} = \alpha + \beta PREC_{lucrvde,t} + \delta PREC_{sinop,t}$ $\widehat{PREC}_{sorr,t} = \alpha + \gamma PREC_{natal,t}$ $\widehat{PREC}_{sorr,t} = \alpha + \delta PREC_{sinop,t}$

Nota 1: Sorriso-MT é a Praça do milho/soja de acordo com a classificação edafoclimática do MAPA.

2: Correlações entre a estação teste e estações vizinhas, critério este adotado para seleção das melhores estações vizinhas.

3: Regressões/Combinações entre as estações teste e as estações vizinhas, sendo $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ coeficientes a serem estimados.

Tabela B.6: Descrição das estações teste e vizinhas utilizadas no preenchimento de falhas da variável quantidade de Precipitação (PREC) por meio do método de Tabony (1983).

Estações Teste/Vizinhos	Corr* (%)	Regressões/Combinações
Rio Verde-GO	-	$\widehat{PREC}_{rvde,t} = \alpha + \beta PREC_{montv,t} + \gamma PREC_{creun,t} + \delta PREC_{areuna,t}$
Montividiu	46,72	$\widehat{PREC}_{rvde,t} = \alpha + \beta PREC_{montv,t} + \gamma PREC_{creun,t}$
Acreúna	46,66	$\widehat{PREC}_{rvde,t} = \alpha + \beta PREC_{montv,t}$ $\widehat{PREC}_{rvde,t} = \alpha + \gamma PREC_{creun,t} + \delta PREC_{areuna,t}$
Paraúna	26,67	$\widehat{PREC}_{rvde,t} = \alpha + \beta PREC_{montv,t} + \delta PREC_{areuna,t}$ $\widehat{PREC}_{rvde,t} = \alpha + \gamma PREC_{creun,t}$ $\widehat{PREC}_{rvde,t} = \alpha + \delta PREC_{areuna,t}$

Nota 1: Rio Verde-GO é a Praça do milho/soja de acordo com a classificação edafoclimática do MAPA.

2: Correlações entre a estação teste e estações vizinhas, critério este adotado para seleção das melhores estações vizinhas.

3: Regressões/Combinações entre as estações teste e as estações vizinhas, sendo $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ coeficientes a serem estimados.

Tabela B.7: Descrição das estações teste e vizinhas utilizadas no preenchimento de falhas da variável Temperatura (TEMP) por meio do método de Tabony (1983).

Estações Teste/Vizinhos	Corr* (%)	Regressões/Combinações
Uberaba-MG	-	$\widehat{TEMP}_{ubba,t} = \alpha + \beta TEMP_{catal,t} + \gamma TEMP_{cappolis,t} + \delta TEMP_{frutal,t}$
Catalão	80,38	$\widehat{TEMP}_{ubba,t} = \alpha + \beta TEMP_{catal,t} + \gamma TEMP_{cappolis,t}$
Capinópolis	84,96	$\widehat{TEMP}_{ubba,t} = \alpha + \beta TEMP_{catal,t}$ $\widehat{TEMP}_{ubba,t} = \alpha + \gamma TEMP_{cappolis,t} + \delta TEMP_{frutal,t}$
Frutal	86,30	$\widehat{TEMP}_{ubba,t} = \alpha + \beta TEMP_{catal,t} + \delta TEMP_{frutal,t}$ $\widehat{TEMP}_{ubba,t} = \alpha + \gamma TEMP_{cappolis,t}$ $\widehat{TEMP}_{ubba,t} = \alpha + \delta TEMP_{frutal,t}$

Nota 1: Uberaba corresponde a proxy da Praça do milho/soja de Uberlândia-MG.

2: Correlações entre a estação teste e estações vizinhas, critério este adotado para seleção das melhores estações vizinhas.

3: Regressões/Combinações entre as estações teste e as estações vizinhas, sendo $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ coeficientes a serem estimados.

Tabela B.8: Descrição das estações teste e vizinhas utilizadas no preenchimento de falhas da variável Temperatura (TEMP) por meio do método de Tabony (1983).

Estações Teste/Vizinhos	Corr* (%)	Regressões/Combinações
SJ do Rio Claro-MT	-	$TEMP_{sjrclaro,t} = \alpha + \beta TEMP_{matupa,t} + \gamma TEMP_{canna,t} + \delta TEMP_{diam,t}$
Matupa	54,81	$TEMP_{sjrclaro,t} = \alpha + \beta TEMP_{matupa,t} + \gamma TEMP_{canna,t}$
Canarana	62,09	$TEMP_{sjrclaro,t} = \alpha + \beta TEMP_{matupa,t}$ $TEMP_{sjrclaro,t} = \alpha + \gamma TEMP_{canna,t} + \delta TEMP_{diam,t}$
Diamantino	83,28	$TEMP_{sjrclaro,t} = \alpha + \beta TEMP_{matupa,t} + \delta TEMP_{diam,t}$ $TEMP_{sjrclaro,t} = \alpha + \gamma TEMP_{canna,t}$ $TEMP_{sjrclaro,t} = \alpha + \delta TEMP_{diam,t}$

Nota 1: SJ do Rio Claro-MT corresponde a proxy da Praça do milho/soja de Sorriso-MT.

2: Correlações entre a estação teste e estações vizinhas, critério este adotado para seleção das melhores estações vizinhas.

3: Regressões/Combinações entre as estações teste e as estações vizinhas, sendo $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ coeficientes a serem estimados.

Tabela B.9: Descrição das estações teste e vizinhas utilizadas no preenchimento de falhas da variável Temperatura (TEMP) por meio do método de Tabony (1983).

Estações Teste/Vizinhos	Corr* (%)	Regressões/Combinações
Rio Verde-GO	-	$TEMP_{rvde,t} = \alpha + \beta TEMP_{jatai,t} + \gamma TEMP_{itumb,t} + \delta TEMP_{goiania,t}$
Jataí	87,77	$TEMP_{rvde,t} = \alpha + \beta TEMP_{jatai,t} + \gamma TEMP_{itumb,t}$
Itumbiara	80,57	$TEMP_{rvde,t} = \alpha + \beta TEMP_{jatai,t}$ $TEMP_{rvde,t} = \alpha + \gamma TEMP_{itumb,t} + \delta TEMP_{goiania,t}$
Goiânia	74,74	$TEMP_{rvde,t} = \alpha + \beta TEMP_{jatai,t} + \delta TEMP_{goiania,t}$ $TEMP_{rvde,t} = \alpha + \gamma TEMP_{itumb,t}$ $TEMP_{rvde,t} = \alpha + \delta TEMP_{goiania,t}$

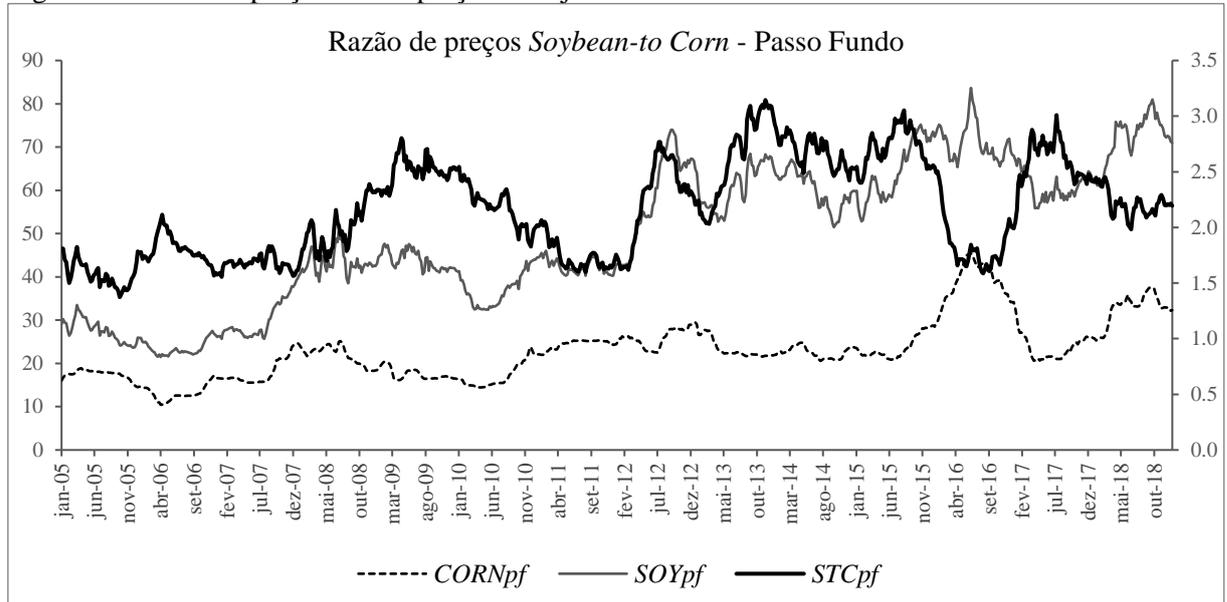
Nota 1: Rio Verde-GO corresponde a Praça do milho/soja.

2: Correlações entre a estação teste e estações vizinhas, critério este adotado para seleção das melhores estações vizinhas.

3: Regressões/Combinações entre as estações teste e as estações vizinhas, sendo $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ coeficientes a serem estimados.

APÊNDICE C. Figuras Demonstrando a relação entre os preços absolutos da soja e do milho no mercado à vista com a razão de preços *Soybean-to-Corn* (STC) de acordo com a praça selecionada.

Figura C.1 Razão de preços STC e preços da soja e do milho no mercado à vista – Passo Fundo-RS.



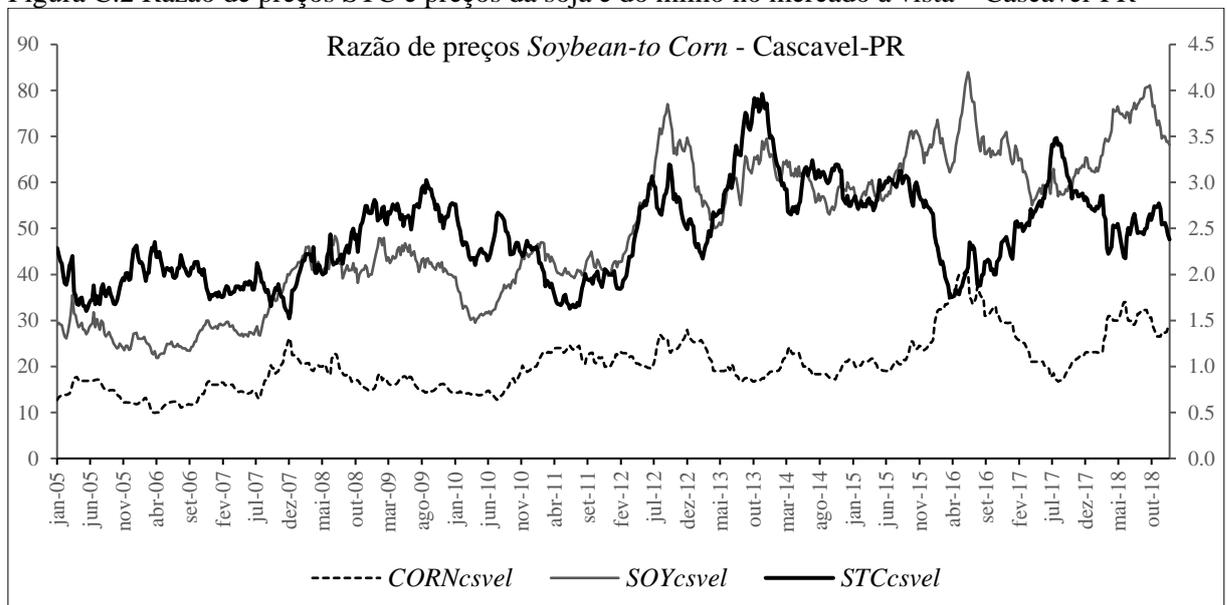
Fonte: Adaptado de CEPEA/ESALQ.

Nota 1: Período: janeiro de 2005 a dezembro de 2018

2: *Soybean-to-Corn* (STC) é o preço relativo da soja e do milho no mercado à vista na Praça de Passo Fundo.

3: *SOYpf* e *CORNpf* - preços absolutos da soja e do milho no mercado à vista na praça de Passo Fundo.

Figura C.2 Razão de preços STC e preços da soja e do milho no mercado à vista – Cascavel-PR



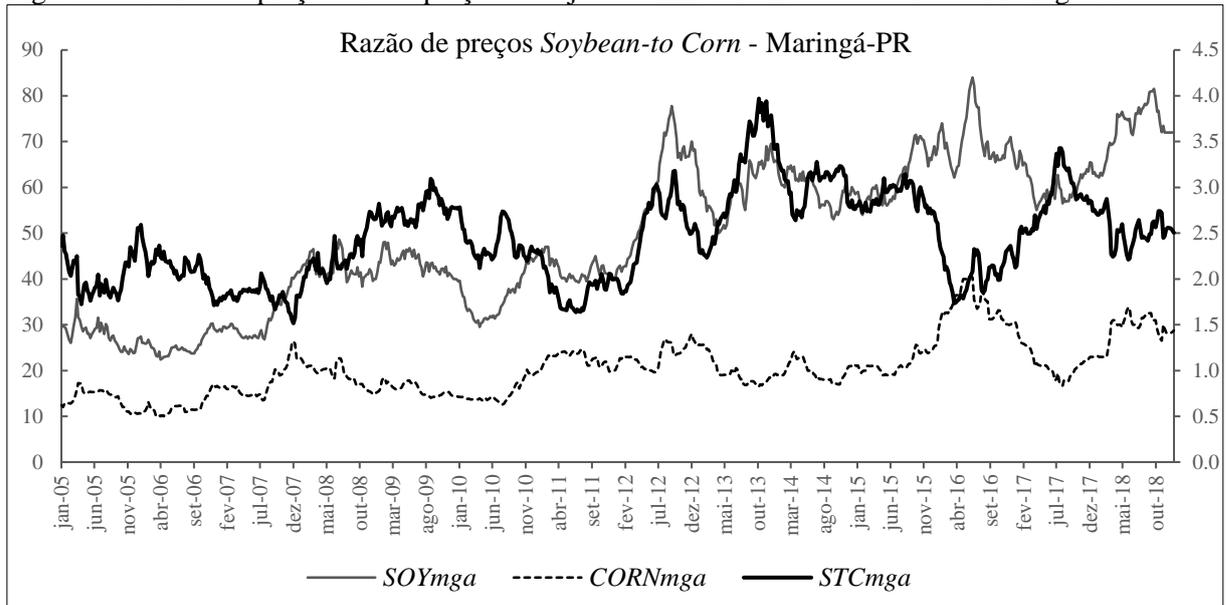
Fonte: Adaptado de CEPEA/ESALQ.

Nota 1: Período: janeiro de 2005 a dezembro de 2018

2: *Soybean-to-Corn* (STC) é o preço relativo da soja e do milho no mercado à vista de Cascavel-PR.

3: *SOYcsvel* e *CORNcsvel* - preços absolutos da soja e do milho no mercado à vista na praça de Cascavel.

Figura C.3 Razão de preços STC e preços da soja e do milho no mercado à vista – Maringá-PR



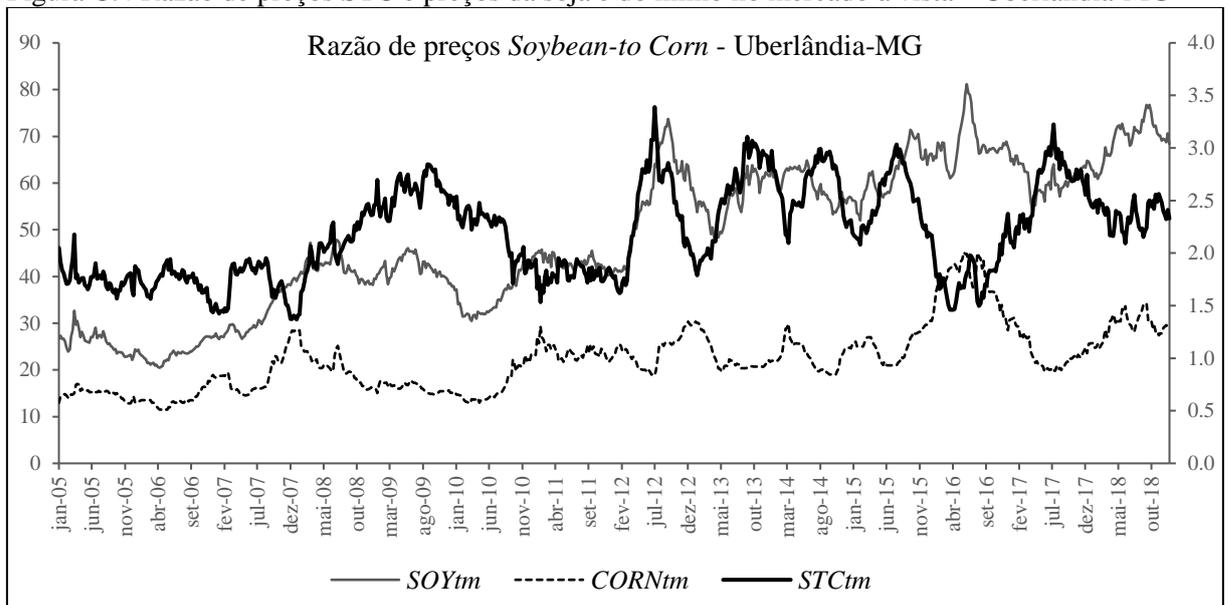
Fonte: Adaptado de CEPEA/ESALQ.

Nota 1: Período: janeiro de 2005 a dezembro de 2018

2: *Soybean-to-Corn* (STC) é o preço relativo da soja e do milho no mercado à vista na Praça de Maringá-PR.

3: *SOYmga* e *CORNmga* - preços absolutos da soja e do milho no mercado à vista na praça de Maringá.

Figura C.4 Razão de preços STC e preços da soja e do milho no mercado à vista – Uberlândia-MG



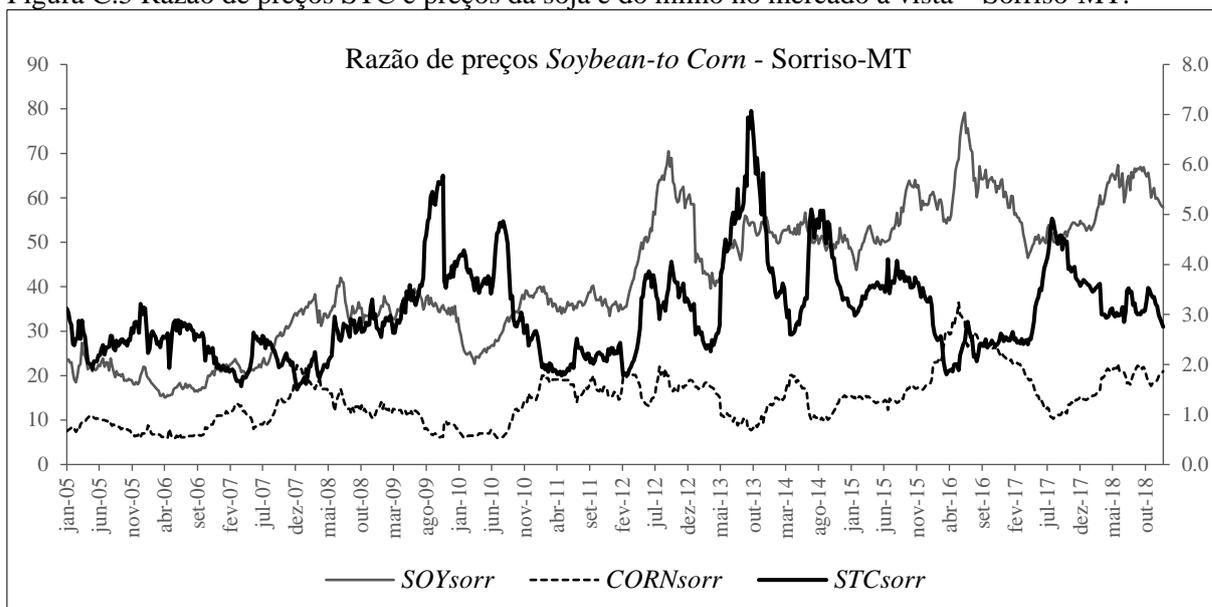
Fonte: Adaptado de CEPEA/ESALQ.

Nota 1: Período: janeiro de 2005 a dezembro de 2018

2: *Soybean-to-Corn* (STC) é o preço relativo da soja e do milho no mercado de Uberlândia-MG.

3: *SOYtm* e *CORNtm* - preços absolutos da soja e do milho no mercado à vista na praça de Uberlândia-MG.

Figura C.5 Razão de preços STC e preços da soja e do milho no mercado à vista – Sorriso-MT.



Fonte: Adaptado de CEPEA/ESALQ.

Nota 1: Período: janeiro de 2005 a dezembro de 2018

2: *Soybean-to-Corn* (STC) é o preço relativo da soja e do milho no mercado à vista na Praça de Sorriso-MT.

3: *SOYsorr* e *CORNsorr* - preços absolutos da soja e do milho no mercado à vista na praça de Sorriso-MT.