

Mercado de opções como alternativa de gestão do risco de preço para o sojicultor

Options market as an alternative price risk management for the soybean farmer

Betina Simon Valaski¹; Flávio Carlos Dalchiavon^{2*}

¹ Engenheira Agrônoma - Av. Francisco Carnaíba de Oliveira, 770 - Jardim Mato Grosso - 78740-385 - Rondonópolis, MT, Brasil.

^{2*} Engenheiro Agrônomo - Doutor em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso - Campus Campo Novo do Parecis - Rodovia MT 235, km 12, s/n - Caixa Postal n 100 - Zona Rural - 78360-000 - Campo Novo do Parecis, MT, Brasil. <flavio.dalchiavon@cnp.ifmt.edu.br>

Resumo

A gestão do risco de preço é ainda pouco utilizada pelo sojicultor, muitas vezes devido à falta de conhecimento. Objetivou-se avaliar se o Mercado de Opções atende à finalidade de proteção de preços (“hedge”) para a soja. Foram calculados o custo operacional efetivo [COE] e a margem de contribuição operacional efetiva [MCOE] para a safra de soja 2015/2016, utilizando-se os dados de uma propriedade rural de Cascavel-PR. Simulou-se o uso do Mercado de Opções na Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros [BM&FBOVESPA], utilizando-se dois preços de exercício [Pe] negociados sobre o contrato futuro de soja K16, considerando-se os valores das compras a prazo com insumos e os seus vencimentos. A MCOE obtida após a simulação foi comparada a MCOE obtida sem “hedge”. Foram calculadas a correlação e as bases diárias, considerando-se os preços no mercado futuro (BM&FBOVESPA) e no mercado físico, na Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná [SEAB], entre 30 de março de 2015 e 28 de abril de 2016. A correlação obtida foi de 0,82 e as bases diárias foram sempre negativas. Os resultados da simulação na BM&FBOVESPA foram negativos para ambos os Pe, visto que o mercado era altista, assim, a Opção não é exercida e o prejuízo limita-se ao prêmio pago pela Opção. Esses resultados negativos reduziram a MCOE em 7,31% e 1,97%. Buscar o conhecimento e a compreensão dos riscos e do funcionamento desse Mercado é fundamental para que o sojicultor obtenha sucesso.

Palavras-chave: agronegócio, BM&FBOVESPA, “hedge”, soja

Abstract

The price risk management is still little used by soybean farmer, often due to a lack of knowledge. The objective was to evaluate whether the Options Market serves the purpose of price hedge for soybean. The effective operational cost [EOC] and the gross margin [GMEOC] for the 2015/2016 crop year were calculated, using data from a farm in Cascavel - PR. The use of the Options Market on the Securities, Commodities & Futures Exchange [BM&FBOVESPA] was simulated using two strike prices [SP] traded on the soybean future contract K16, considering the long term agricultural inputs purchases and their expiry dates. The GMEOC obtained after the simulation was compared to the GMEOC obtained without hedge. The correlation and the daily bases were calculated considering the prices in the futures market (BM&FBOVESPA) and in the physical market, in Paraná's Agriculture and Supply State Department [SEAB], between March 30, 2015 and April 28, 2016. The correlation obtained was 0.82 and the daily bases were always negative. The results of the simulation at BM&FBOVESPA were negative for both strike prices [SP], because the market was in an upward trend, as well, the option is not exercised and the loss is limited to the premium paid for the option. These negative results reduced GMEOC by 7.31% and 1.97%. Looking for knowledge and understanding the risks and the operation of this Market is crucial to ensure that the soybean farmer get success.

Keywords: agribusiness, BM&FBOVESPA, hedge, soybean

Introdução

Os riscos são inerentes a qualquer atividade econômica. Na produção de soja pode-se destacar os riscos de produção, de crédito e de preço. O risco de produção está associado, por exemplo, à variabilidade climática, a pragas e a reduções na produtividade. O risco de crédito diz respeito à necessidade de capital para desenvolver a lavoura o qual nem sempre é de fácil

acesso (Widonsck e Ribeiro, 2009) e, o risco de preço existe em função da variabilidade do preço da soja, o qual varia de dia para dia e de ano para ano. Nesta situação, o produtor rural, ao tomar a decisão de plantar e produzir, não sabe quais serão, efetivamente, os preços da soja no momento da colheita (Kay et al., 2014).

O preço da soja em grão baseia-se nos preços de seus derivados, principalmente o farelo e o óleo. Os

preços desses derivados, seguindo as leis de mercado, são determinados pelas condições mundiais de oferta e demanda da soja em grão, do próprio produto e dos concorrentes (Canziani e Guimarães, 2006). Essas condições são influenciadas por vários fatores, tais como: boatos, previsões de clima, estimativas de safras, sazonalidade, estoques e variação cambial, aumentando a complexidade e dificultando a previsão de preços (Morais et al., 2011).

O sojicultor, muitas vezes, relega o risco de preço para segundo plano, esquecendo-se que o mesmo pode ser determinante para um resultado financeiro satisfatório que remunere seus custos de produção e permita margem de lucro. Se o sojicultor, no entanto, decidir atuar proativamente fazendo uso dos derivativos agropecuários, tais como os Mercados Futuro e de Opções, será capaz de gerenciar o risco de preço reduzindo-o ou até mesmo eliminando-o (Widonsck e Ribeiro, 2009). Dessa forma, o setor agropecuário, os consumidores e todos aqueles envolvidos na atividade serão beneficiados uma vez que a comercialização será técnica e economicamente eficiente, sem sobressaltos e interrupções (Marques et al., 2006).

Apesar de a literatura demonstrar que os Mercados Futuro e de Opções são ferramentas eficientes para gestão de risco de preço (Corrêa e Raíces, 2005; Marques et al., 2006; Widonsck e Ribeiro, 2009; Kay et al., 2014; BM&FBOVESPA e CVM, 2015), sua utilização é ainda muito limitada. Nesse ínterim, trabalhos que analisaram as razões para o não uso dessas ferramentas pelos produtores rurais demonstraram que, dentre outros fatores, a falta de conhecimento é um fator fortemente limitante (Marques e Aguiar, 2004; Morais et al., 2011; Mühlen et al., 2013). No caso específico do Mercado Futuro, outro fator limitante é a necessidade de disponibilizar capital para a margem de garantia e para os ajustes diários visto que, muitas vezes, os produtores rurais se encontram descapitalizados (Mühlen et al., 2013).

No Mercado de Opções, por sua vez, o direito a determinado preço futuro é adquirido por meio do pagamento de um prêmio. Com isso, não há a necessidade de ajustes diários e, não há depósito de margem de garantia para as posições titulares das Opções as quais visam à proteção do risco de preços (Widonsck e Ribeiro, 2009). O produtor rural pode operar o Mercado de Opções por meio da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros [BM&FBOVESPA]. No ano de 2015, na referida Bolsa, houve a negociação de 2.884 contratos de Opções de venda de soja, por outro lado, em 2016, foram negociados apenas 399 contratos, representando redução de 86% (BM&FBOVESPA, 2016). No mês de dezembro de 2016, na Bolsa norte-americana “Chicago Board of Trade” [CBOT], o volume médio diário de

contratos de soja negociados foi de 232.934 e 50.763, contratos futuros e contratos de opções, respectivamente (CME GROUP, 2016).

Os dados mencionados evidenciaram a diferença de magnitude entre as Bolsas e como o Mercado de Opções de soja no Brasil não foi desenvolvido segundo o seu potencial. Isso ocorreu, dentre outros fatores, porque as Opções, negociadas na BM&FBOVESPA, foram sobre contratos futuros de soja e esse Mercado Futuro, que precisaria ser robusto para garantir liquidez ao Mercado de Opções, foi pouco desenvolvido. A liquidez encontrada na CBOT juntamente com a causalidade unilateral dos preços da soja em Chicago em relação aos preços registrados na BM&FBOVESPA (Christofolletti et al., 2013) explicaram a preferência dos operadores em atuarem na CBOT. Com base no exposto, torna-se essencial o desenvolvimento do Mercado Futuro e conseqüentemente do Mercado de Opções por meio de maior divulgação do conhecimento de forma simples e objetiva. A partir disso, o sojicultor pode sentir-se estimulado a conhecer e compreender o Mercado de Opções e decidir-se pelo uso do mesmo visando à gestão do risco de preço.

Diante desse cenário, objetivou-se avaliar se o Mercado de Opções atende à finalidade de proteção de preços, também conhecida como “hedge”, para a soja, gerando informações que possam contribuir para a diminuição da falta de conhecimento sobre este Mercado.

Material e Métodos

Contextualização e fonte de dados

De acordo com dados de outubro de 2016 do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola [LSPA] realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], a produção nacional de soja no ano de 2015 foi superior a 97 milhões de toneladas. O estado do Paraná figurou como o segundo maior estado produtor de soja do Brasil sendo responsável por 17% desta produção. Os dados de outubro de 2016 da pesquisa Produção Agrícola Municipal realizada pelo IBGE apontaram o município de Cascavel, PR como destaque na produção de soja do estado no ano de 2015 representando a segunda maior área semeada e a segunda maior produção do estado, 104.870 ha e 383.318 toneladas, com produtividade média de 3.655 kg ha⁻¹, superior às produtividades estadual e nacional, que foram, conforme dados do LSPA (IBGE, 2015a), respectivamente, de 3.288 e 3.029 kg ha⁻¹.

A propriedade rural na qual o estudo foi baseado encontra-se localizada no município de Cascavel, PR, com área destinada à produção de soja de 363 ha. A propriedade não realiza controle e gestão dos custos da atividade. A comercialização foi realizada junto a empresas e cooperativas da região, de forma escalonada

para efetuar pagamentos e cumprir compromissos. A tomada de decisão sobre o momento e a quantidade a ser comercializada baseia-se na intuição do proprietário de modo que os instrumentos para proteção de preços, tais como os Mercados Futuro e de Opções, além de não serem utilizados também não foram conhecidos pelo proprietário.

Os preços futuros da soja foram coletados no sistema de recuperação de informações da BM&FBOVESPA considerando as datas em que existiam cotações para o contrato futuro de soja maio de 2016 ou K16 conforme nomenclatura da Bolsa. Assim, foram encontradas 266 datas (observações) entre 30 mar. 2015 e 28 abr. 2016. O contrato futuro K16 foi escolhido por apresentar negociação de contratos de Opções de venda de soja, denominadas PUT, vinculados a ele, e, além disso, o vencimento em 28 abr. 2016, comum aos dois tipos de contrato, possibilitou a simulação do uso do Mercado de Opções pelo produtor rural na safra 2015/2016.

O estudo utilizou como preço físico a cotação diária da soja no município de Cascavel, PR, disponibilizada pelo Departamento de Economia Rural [DERAL], vinculado à Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná [SEAB]. As cotações diárias foram levantadas para as datas consideradas no levantamento da BM&FBOVESPA, todavia, observou-se que, devido aos feriados municipais ou estaduais, algumas dessas datas não apresentavam a cotação diária. Diante disso, a fim de equalizá-las, foram mantidas somente as datas que apresentavam dados para os dois mercados, futuro e físico, descartando-se 20 datas, ou 7,5% da amostra inicial, e, obtendo-se um total final de 246 datas (observações).

Em virtude das cotações diárias no mercado físico serem expressas em reais (R\$) por saca de 60 kg e os contratos futuros de soja negociados na BM&FBOVESPA serem cotados em dólares norte-americanos (US\$) por saca de 60 kg, utilizou-se a cotação de venda da taxa de câmbio PTAX para transformação dos preços no mercado físico para US\$ sc^{-1} . A taxa PTAX de venda foi divulgada pelo Banco Central do Brasil [BCB] e corresponde à média aritmética das taxas de venda dos boletins do dia conforme metodologia própria do BCB.

Os dados necessários ao cálculo do custo de produção e da margem de contribuição operacional efetiva [MCOE] foram levantados junto ao proprietário da área estudada, envolvendo também o levantamento de notas fiscais dos insumos utilizados com o objetivo de dirimir quaisquer dúvidas.

Cálculo do custo de produção

Na atividade agropecuária, o controle de custos é ferramenta essencial para auxiliar o planejamento, o

gerenciamento e a avaliação econômica da atividade e da propriedade rural (Ferreira et al., 2015). Além disso, os custos de produção devem ser calculados e conhecidos antes mesmo do produtor rural optar pelo uso de instrumentos de proteção de preços, como o Mercado de Opções no caso do estudo, uma vez que o produtor deve proteger os preços em um patamar suficiente para cobrir esses custos (Calegari et al., 2012).

O custo de produção calculado foi o custo operacional efetivo [COE] que compreende todos os gastos assumidos pela propriedade ao longo de um ano e que serão consumidos neste mesmo intervalo de tempo (Everaldo Junior e Osaki, 2005). O cálculo seguiu a estrutura de custos utilizada pelo Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas [PECEGE], vinculado a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz [ESALQ], e que se baseia na metodologia proposta por Matsunaga et al. (1976) e utilizada pelo Instituto de Economia Agrícola [IEA].

Dessa forma, o COE foi dividido em custos variáveis [CV], que são os custos que variam conforme a quantidade produzida incluindo insumos, operações mecanizadas próprias e terceirizadas e serviços de colheita e transporte, e, custos fixos desembolsáveis [CFD] incluindo os custos com colaboradores, encargos sociais, administração e manutenção. Optou-se por incluir o pró-labore do produtor rural ao CFD uma vez que a produção agrícola foi a única atividade econômica do mesmo entendendo-se, dessa forma, que esse gasto pode ser considerado como um gasto essencial, fixo e desembolsável. O valor de pró-labore considerado como CFD refere-se ao período de um ano e baseou-se no valor informado pelo produtor rural.

Margem de contribuição operacional efetiva

O cálculo da MCOE obtida pelo produtor rural, para a safra de soja 2015/2016, exigiu primeiramente a apuração da receita total obtida, conforme eq. (1).

$$RT_0 = (A * PR * P) * (1-C) \quad (1)$$

onde, RT_0 é a receita total obtida pelo produtor rural; A: é a área utilizada para produção de soja; PR: é a produtividade média alcançada pelo produtor; P: é o preço médio da soja, conforme estratégia de comercialização do produtor; e, C: é a percentagem de 2,3% referente às contribuições previdenciárias que incidem sobre o valor da comercialização.

Após o cálculo da receita total, e considerando os valores que compõem o COE, calculou-se a MCOE conforme eq. (2).

$$MCOE = RT_0 - CV - CFD \quad (2)$$

onde, MCOE: é a margem de contribuição operacional

efetiva obtida pelo produtor rural; RT_0 : é a receita total obtida pelo produtor; CV: é o custo variável; e, CFD: é o custo fixo desembolsável.

Medidas de eficiência do “hedge”

A análise das operações de “hedge” é feita, basicamente, sob dois enfoques. O primeiro diz respeito à mensuração da efetividade e analisa a correlação entre os preços no mercado físico e no mercado futuro. O outro enfoque se refere à análise do comportamento da diferença entre o preço físico e o preço futuro, a chamada base. As abordagens da base e da efetividade, apesar de serem distintas, permitem resultados complementares. Assim, a questão da viabilidade ou não de se realizar a operação de “hedge” é respondida pelo enfoque da efetividade. Por outro lado, a análise do comportamento da base permite identificar quando realizar a operação de “hedge” e qual o retorno bruto esperado (Maia e Aguiar, 2010).

Apesar do trabalho ser baseado na utilização do Mercado de Opções, não se pode esquecer que uma Opção é negociada sobre um contrato futuro, ou seja, o movimento dos contratos futuros deve ser observado. Diante disso, objetivando proporcionar maior compreensão do Mercado de Opções como “hedge”, entendeu-se como importante o cálculo das medidas de eficiência do “hedge”, utilizando-se da estatística para proceder-se o referido cálculo. Nesse ínterim, acompanhou-se o trabalho de Silva e Faria (2016) que estudaram a estatística como ferramenta para mitigar o risco de preço sobre o “hedge” do boi gordo.

Cálculo do coeficiente de correlação linear de Pearson ($r_{x,y}$)

Com o objetivo de verificar a correlação entre os preços no mercado físico e no mercado futuro, procedeu-se a tabulação das 246 observações e o cálculo do coeficiente de correlação linear de Pearson. Oliveira Neto e Figueiredo (2008), ao analisarem o trabalho realizado por Fileni et al. (1999), concluíram que quanto maior a correlação, maior será a redução do risco, o que torna o “hedge” mais efetivo. O aumento de efetividade da proteção do “hedge” em função de uma alta correlação foi citado também em Marques et al. (2006).

O coeficiente de correlação linear de Pearson ($r_{x,y}$) mede o sentido e a relação linear entre duas variáveis, sendo calculado pela divisão da covariância entre X e Y pelo produto dos desvios padrão de X e Y, conforme a eq. (3), encontrada em Zimmermann (2004).

$$r_{x,y} = \frac{\text{cov}(x,y)}{\sqrt{\text{var}(y) * \text{var}(x)}} \quad (3)$$

onde, $r_{x,y}$: é o coeficiente de correlação linear de Pearson

para as variáveis x e y; $\text{cov}(x,y)$: é a covariância entre x e y; $\text{var}(y)$: é a variância de y; e, $\text{var}(x)$: é a variância de x.

O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1. O sinal indica direção negativa ou positiva do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação será perfeita e positiva quando $r_{x,y}$ for igual a 1 e será perfeita e negativa quando $r_{x,y}$ for igual a -1. Por outro lado, quando $r_{x,y}$ for igual a zero, não há relação linear entre as variáveis analisadas.

A correlação desejável entre os preços nos mercados físico e futuro para a realização do “hedge” deve estar o mais próximo possível de 1.

Cálculo da base

A base foi a diferença entre os preços no mercado físico e no mercado futuro para um determinado mês de vencimento. Essa diferença foi determinada por fatores, tais como: oferta e demanda do produto e dos seus substitutos, disparidades geográficas, custos com frete, capacidade de estocagem e qualidade do produto, os quais podem variar de um local a outro (Schouchana, 2004).

O risco de base, por sua vez, acontece quando a correlação entre preço físico e preço futuro não é positivamente perfeita, ou seja, uma variação no mercado físico não ocorre da mesma forma no mercado futuro (Santos et al., 2008). Em um mercado real, uma correlação positiva e perfeita ($r_{x,y}=1$) dificilmente é encontrada, assim, as operações de “hedge” consistem na troca do risco de preço pelo risco de base, sendo este geralmente menor que àquele (Maia e Aguiar, 2010). Contudo, mesmo que as flutuações de base apresentem a tendência de serem menores que as observadas no mercado futuro e no físico, essas flutuações devem ser muito bem acompanhadas visando uma boa administração da proteção de preços (Schouchana, 2004).

O cálculo das bases diárias foi feito utilizando-se a eq. (4) conforme Maia e Aguiar (2010).

$$B_{t(t+n),i} = V_{t,i} - F_{t(t+n)} \quad (4)$$

onde, $B_{t(t+n),i}$: é a base no momento t em relação ao contrato com vencimento em (t+n) para a localidade i; $V_{t,i}$: é o preço físico em t, na localidade i; e, $F_{t(t+n)}$: é o preço futuro, no momento t, baseando-se no contrato futuro com vencimento em (t+n).

O valor da base pode ser positivo, se o preço físico for maior que o preço futuro, ou, pode ser negativo, se ocorrer o inverso (Tonin et al., 2008). Geralmente, os valores da base são negativos grafando-se a nomenclatura “abaixo” logo após o valor.

Cálculo da média (\bar{X}) e do desvio padrão da amostra (S)

Após encontrar o valor da base para cada uma das 246 observações, procedeu-se o cálculo da média e do desvio padrão amostral para essa série de valores e também para as séries de preço no mercado futuro e no físico. Os cálculos foram realizados utilizando-se as equações (5) e (6), propostas por Zimmermann (2004).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (5)$$

onde, (\bar{X}) : é a média aritmética; x_i : é o valor da variável na data i ; e, n : é o número de observações encontradas na amostra.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (6)$$

onde, S : é o desvio padrão amostral; x_i : é o valor da variável na data i ; \bar{X} : é a média da variável considerada; e, n : é o número de observações encontradas na amostra.

Simulação e margem de contribuição operacional efetiva

Com o intuito de avaliar se o Mercado de Opções atende à finalidade de proteção do risco de queda de preços da soja, realizou-se uma simulação de uso do mesmo na safra 2015/2016. Na simulação foram utilizadas duas Opções de venda PUT sobre o contrato futuro de soja K16, ou seja, dois diferentes preços futuros predeterminados, os quais são chamados tecnicamente de preços de exercício [Pe]. O próximo passo foi calcular o preço objetivo [Pobj] da operação de “hedge” no Mercado de Opções conforme eq. (7).

$$Pobj = Pe + b - pr \quad (7)$$

onde, $Pobj$: é o preço objetivo da operação de “hedge”; Pe : é o preço de exercício; b : é a base média calculada conforme eq. (5); e, pr : é o valor do prêmio pago pela Opção que representa um custo para a operação.

O número necessário de contratos de Opções a ser negociado foi estimado, primeiramente, pela divisão entre o valor, para cada vencimento, dos compromissos assumidos a prazo e o $Pobj$. Em seguida, o resultado obtido foi dividido pelo número de sacas de soja em cada contrato da BM&FBOVESPA, que é de 450 sacas, optando-se por arredondar os valores para cima. Dessa forma, a estratégia escolhida para a simulação foi de gerenciar o risco de queda de preço da soja visto que tal situação acarretaria na necessidade de maior número de sacas para cobrir o valor dos compromissos assumidos. Ademais, adotou-se a estratégia de acompanhar o mercado exercendo ou não a Opção conforme as datas de vencimento das compras que eram 29 fev. 2016 e 30 mar. 2016.

O cálculo do resultado da simulação com o uso do Mercado de Opções foi dividido em duas etapas. A primeira etapa consiste no resultado da operação na BM&FBOVESPA utilizando-se as eq. (8) e (9), adaptadas de Marques et al. (2006).

$$VI = Pe_t - Pf_{t+n} \quad (8)$$

onde, VI : é o valor intrínseco da Opção; Pe_t : é o preço de exercício contratado no momento t ; e, Pf_{t+n} : é o preço futuro no momento do exercício $t+n$.

$$Res_{BMF} = (VI - pr) * (c_{op} * 450) \quad (9)$$

onde, Res_{BMF} : é o resultado da operação na BM&FBOVESPA; VI : é o valor intrínseco da Opção; pr : é o valor do prêmio pago pela Opção; e, c_{op} : é o número de contratos negociados no Mercado de Opções sendo que cada contrato na BM&FBOVESPA tem o tamanho de 450 sacas de soja.

A segunda etapa consiste no resultado geral da simulação considerando os resultados das operações na BM&BOVESPA e no mercado físico conforme eq. (10).

$$Res_{op} = (Pfis_t * sc_c) + Res_{BMF} \quad (10)$$

onde, Res_{op} : é o resultado geral da simulação com o uso do Mercado de Opções; $Pfis_t$: é o preço físico em Cascavel-PR no momento de comercialização t ; sc_c : é o número de sacas comercializadas; e, Res_{BMF} : é o resultado da operação na BM&FBOVESPA.

As eq. (11) e (12) auxiliaram no cálculo da receita total obtida e da MCOE, ambas após o uso do Mercado de Opções, para posterior comparação com os resultados sem a operação nesse mercado.

$$RT_{op} = RT_o + Res_{BMF} \quad (11)$$

onde, RT_{op} : é a receita total obtida após o uso do Mercado de Opções; RT_o : é a receita total obtida pelo produtor; e, Res_{BMF} : é o resultado da operação na BM&FBOVESPA.

$$MCOE_{op} = RT_{op} - CV - CFD \quad (12)$$

onde, $MCOE_{op}$: é a margem de contribuição operacional efetiva após o uso do Mercado de Opções; RT_{op} : é a receita total obtida após o uso do Mercado de Opções; CV : é o custo variável; e, CFD : é o custo fixo desembolsável.

Resultados e Discussão

Os preços da soja no mercado futuro para o contrato K16 na BM&FBOVESPA e no mercado físico em Cascavel-PR, bem como suas respectivas médias, estão representados na Figura 1.

Os preços no mercado futuro foram superiores aos preços no mercado físico, sendo explicado por a formação do preço futuro na BM&FBOVESPA ter

como praça de referência o porto de Paranaguá-PR, ou seja, o custo de frete de Cascavel-PR até o porto, além de muitos outros custos envolvidos, resultando em preço menor da soja em Cascavel-PR (Figura 1). A

superioridade dos preços influencia no valor das médias dos preços, de modo que a média no mercado futuro foi superior à média no mercado físico, respectivamente, 20,50 e 18,08, ambas em US\$ sc⁻¹.

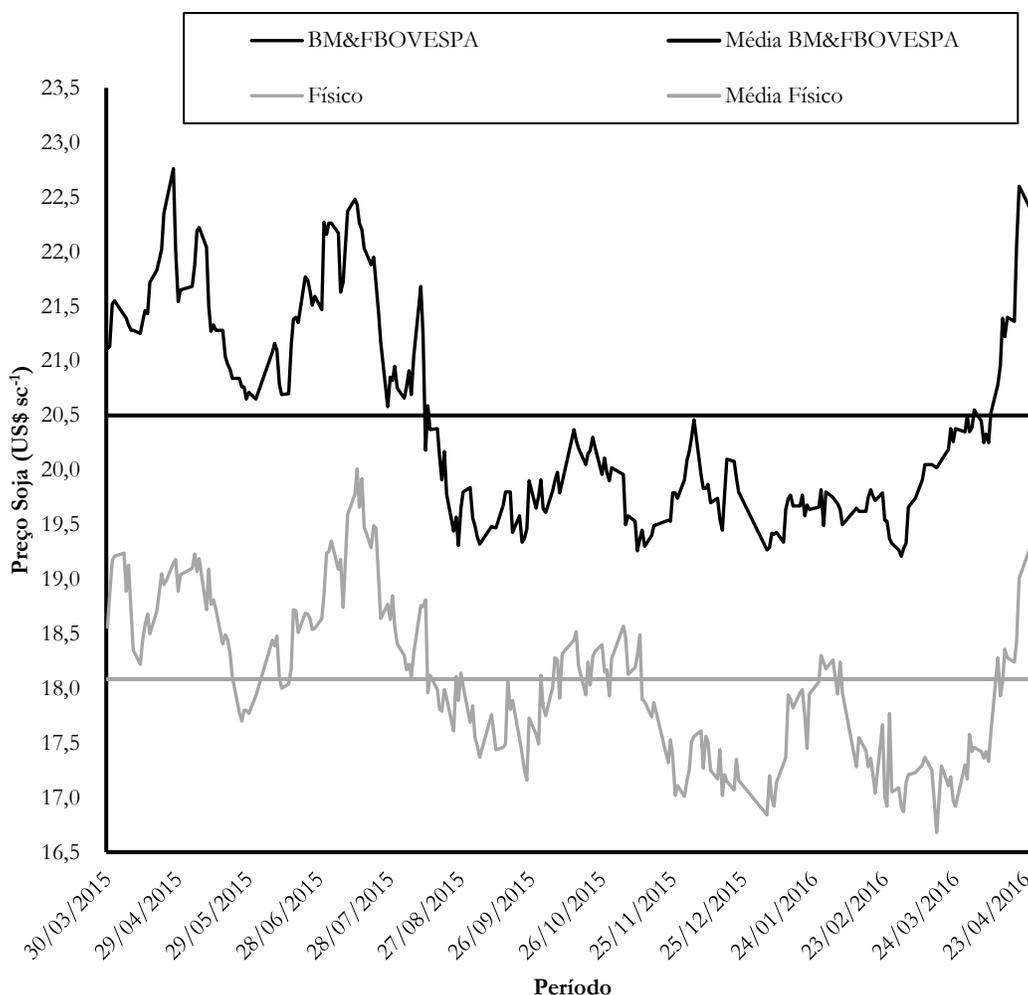


Figura 1. Série de preços diários da soja na BM&FBOVESPA e em Cascavel-PR entre 30 mar. 2015 e 28 abr. 2016

A correlação entre os mercados (Figura 1) foi de 0,82, portanto uma correlação positiva e forte (Dancey e Reidy, 2006). Essa informação é importante, pois o “hedge” consiste na adoção de uma carteira formada por uma posição no mercado físico e outra (oposta) no mercado futuro, pois se houver correlação, uma perda financeira em um mercado tende a ser, ao menos parcialmente, compensada por um ganho obtido na posição oposta no outro mercado (Silva et al., 2003; Maia e Aguiar, 2010).

Em um “hedge” contra queda de preços, por exemplo, o produtor de soja no mercado físico venderia contratos futuros no Mercado Futuro ou compraria Opções de Venda PUT no Mercado de Opções. Essa última estratégia foi a estudada neste trabalho, sendo que

a correlação positiva encontrada demonstra uma mesma direção entre os preços nos mercados, futuro e físico, de maneira que um movimento de queda dos preços ocorre em ambos os mercados, mas não necessariamente na mesma proporção. Assim, se o produtor rural realizou o “hedge” e irá auferir resultado positivo no mercado futuro o qual compensa, parcialmente, a queda no mercado físico.

A correlação entre os preços médios mensais da soja na BM&FBOVESPA (US\$ sc⁻¹) e os preços no mercado físico (R\$ sc⁻¹) de out. 2002 a dez. 2005 em Goiás foi de 0,59 (Santos et al., 2008). Ao estimarem o coeficiente de correlação de Pearson entre o preço futuro na BM&FBOVESPA e o indicador de preço de soja Esalq/

BM&F, como “proxy” do preço físico, ambos em R\$ s^{-1} , Rocha et al. (2010) constataram a existência de um alto grau de associação com correlação de 0,88 entre as duas variáveis, entre jan. 2005 e dez. 2006.

Os preços mensais da soja no mercado físico em Rondonópolis-MT e no mercado futuro na BM&FBOVESPA, ambos em US\$ sc^{-1} , apresentaram correlação de 0,99 entre mar. 2004 e maio 2009 (Souza et al., 2012). Por fim, Silva e Faria (2016), ao analisarem os preços da arroba do boi gordo, entre jan. 2012 e jan. 2015, no mercado futuro na BMF&BOVESPA e no mercado físico em Itapetinga-BA, obtiveram o valor de 0,85 (alto) para o coeficiente de correlação de Pearson, justificando o uso da BM&FBOVESPA como referência para o “hedge”.

Diante do exposto, considerando a correlação deste trabalho, a BM&FBOVESPA pode ser utilizada como Bolsa de referência para o “hedge” de soja em Cascavel-PR. Salienta-se que os valores de correlação variam conforme o produto, o período de análise, a região e a Bolsa escolhida para a realização do “hedge”, como verificado por Marques et al. (2006), quando o preço da soja brasileira e o preço da soja em Chicago teve correlação de 0,67 até agosto e setembro daquele ano, diminuindo após esse período, demandando atenção à escolha dos contratos em Chicago nas épocas corretas. Atenção se faz necessária também no “hedge” utilizando a BM&FBOVESPA, pois no presente trabalho, ao se calcular a correlação entre o preço físico e o preço futuro, tabulados no MS Excel, considerando, por exemplo, apenas o período de 20 out. 2015 a 28 abr. 2016, início e vencimento, respectivamente, para uma das operações simuladas, a correlação passa a ser de 0,62, ou seja, ainda positiva, porém, apenas moderada, reforçando a necessidade de conhecimento ao realizar o “hedge”.

A efetividade do “hedge”, quando se utiliza a razão ótima de “hedge”, pode ser estimada também por meio do cálculo da correlação linear entre os preços físico e futuro, elevando o resultado ao quadrado (Martins e Aguiar, 2004). A efetividade será máxima (igual a um) quando as mudanças entre os preços futuros e os físicos forem perfeitamente correlacionadas, por outro lado, conforme a correlação diminui, serão observados menores valores de efetividade. Quanto mais correlacionadas forem as cotações (semelhantes entre as trajetórias dinâmicas dos preços, futuro e físico), elevam-se as chances de que o agente do mercado físico consiga realizar a operação de “hedge” com sucesso (Cruz e Lima, 2009).

A existência de correlação, por si só, não significa que o aumento ou a queda no preço físico advém do aumento ou da queda no preço na BM&FBOVESPA visto que não se pode afirmar a existência de causa-efeito com base apenas na correlação (Widonsck e Ribeiro, 2009).

Os preços futuros na BM&FBOVESPA e os físicos

em Maringá e Paranaguá, ambas no Paraná, no período de jan. 2003 a set. de 2008 apresentaram relação bidirecional em todas as análises (Tonin et al., 2008), desse modo, por exemplo, o preço futuro na BM&FBOVESPA causaria o preço pago ao produtor em Maringá, e vice-versa. Constatou-se também uma relação de causalidade unidirecional entre o preço da soja disponível no atacado no porto de Paranaguá e o preço pago ao produtor em Maringá devido à proximidade entre estes locais, permitindo que parte da produção de soja dessa região se destine ao mercado externo. Por essa razão, as negociações em Maringá levariam em consideração os preços praticados em Paranaguá.

O comportamento entre os preços do indicador diário da soja em Paranaguá da BM&FBOVESPA e os preços da soja (R\$ sc^{-1}) em cinco praças de comercialização no Paraná, entre elas Cascavel, entre 13 mar. 2006 a 28 dez. 2012, revelou haver cointegração para todos os mercados analisados, demonstrando a existência de relação de longo prazo, ou seja, as variações de preço no mercado central tendem a influenciar diretamente os mercados periféricos, indicando que mudanças nas trajetórias desses mercados seriam ocasionadas apenas por choques de curto prazo (Abitante, 2008; Tonin et al., 2013).

Foi verificada ainda a presença de assimetria no curto prazo sendo que o repasse dos ajustes negativos tendia a ser mais rápido do que o dos positivos, no entanto, no longo prazo, ambos os ajustes se igualavam, amenizando as imperfeições existentes no curto prazo. O choque de preços do mercado central era absorvido pelos periféricos em média em dois dias, semelhante ao tempo necessário para as operações de transferência da soja das praças analisadas até o porto de Paranaguá, ou seja, variava conforme a distância entre os mercados sendo que, no caso de Cascavel-PR, a velocidade de ajustes encontrada foi de 2,8 dias (Tonin et al., 2013).

Os preços do contrato futuro de soja na BM&FBOVESPA, por sua vez, são influenciados pela Bolsa norte-americana “Chicago Board of Trade” [CBOT] conforme estudo conduzido por Christofolletti et al. (2013) no qual foram analisados preços futuros diários entre 27 ago. 2004 e 17 dez. 2010. Esse estudo identificou o papel central da CBOT no processo de descoberta de preço uma vez que foram verificadas causalidades unilaterais dos preços da soja em Chicago em relação aos preços registrados na BM&FBOVESPA e na Bolsa de Dalian, na China.

Assim, a formação primária de preços, realizada em Chicago, e as mudanças dos mesmos, precedem as alterações de preços nas demais Bolsas. Existia ainda a bicausalidade entre as séries de preços da soja nos mercados futuros do Brasil e da China, possivelmente porque os agentes que transacionam contratos futuros de soja na BM&FBOVESPA parecem tomar decisões

baseando-se nos preços verificados em Dalian, e vice-versa, reflexo da parceria destes países no comércio internacional da soja, tendo em vista os grandes volumes exportados ao mercado chinês.

Todas essas contextualizações ratificam a importância de compreender a dinâmica do mercado da soja, pois o preço futuro na BM&FBOVESPA sofre, na sua formação, influência da Bolsa CBOF e, uma vez formado, transmite ajustes negativos e positivos para os preços físicos em Cascavel-PR, influenciando o mercado local. Diante disso, é impossível não perceber a internacionalização presente no mercado da soja e a necessidade de se ter uma visão holística quando se pretende operar nesse mercado.

A correlação de 0,82 (Figura 1) demonstra que,

sendo positiva, o preço futuro e o físico se moveram na mesma direção, porém nem sempre aconteceram simultaneamente e com a mesma intensidade visto que a correlação não foi perfeita (igual a um). No mercado real a correlação verificada é, comumente, inferior a um, diminuindo a efetividade na redução de risco de preço, tornando-se necessária a análise e o conhecimento da base e do risco de base (Santos et al., 2008).

Nesse sentido, na base em Cascavel-PR ocorreram variações distintas entre o preço futuro e o preço físico, acarretando valores diferentes durante o período estudado, além de os preços futuros terem sido sempre superiores aos físicos, ou seja, todas as 246 bases diárias resultaram em valores negativos. O cálculo da base média resultou em um valor de -2,42 (Figura 2).

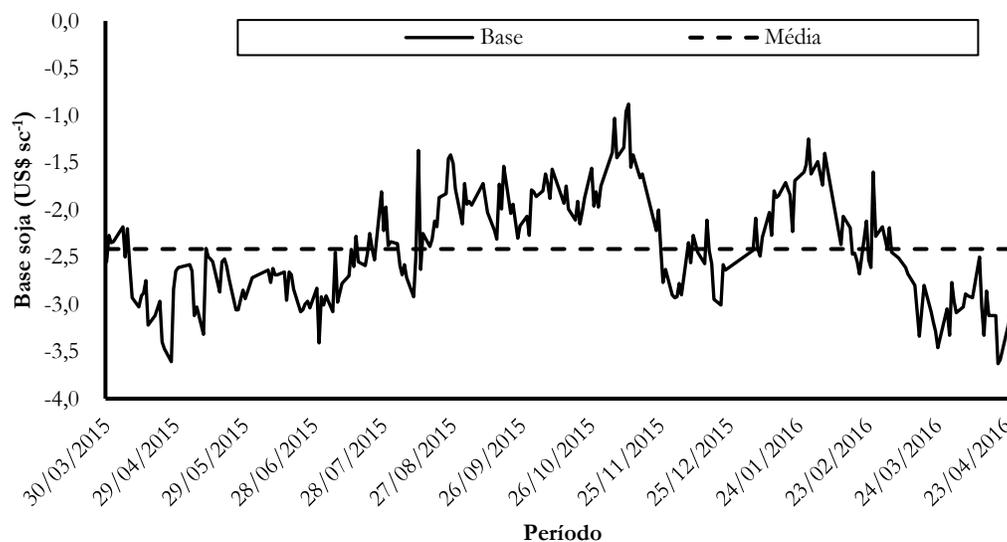


Figura 2. Base diária da soja, calculada a partir do preço físico em Cascavel-PR e do preço futuro na BM&FBOVESPA, para o período de 30 mar. 2015 a 28 abr. 2016

Os preços no mercado físico estiveram entre US\$ 0,88 e US\$ 3,63, preço abaixo do praticado no mercado futuro, com desvio padrão menor para a série da base em relação às do preço futuro e físico (Tabela 1). O desvio padrão das bases encontradas pode ser utilizado como estimativa do risco de base, logo, verificou-se uma maior previsibilidade do risco de base em relação às flutuações de preços no mercado futuro e no físico, explicando a razão da troca do risco de preço pelo risco de base na estratégia de “hedge” (Tonin et al., 2008).

O conhecimento do comportamento da base auxilia na escolha dos contratos e dos momentos de entrada e saída do Mercado Futuro, aumentando as chances de que o ganho obtido em um mercado supere a perda ocorrida noutro. Esse conhecimento é também essencial quando se utiliza o Mercado de Opções como estratégia de “hedge”, pois, ao exercer a Opção, o produtor assume uma posição em relação a um contrato futuro, que pode ser vendida ou comprada (Rosalem et al., 2008).

Tabela 1. Estatística descritiva das séries de preço, futuro na BM&FBOVESPA e físico em Cascavel-PR, e, da base da soja, no período de 30 mar. 2015 e 28 abr. 2016

Estadística	Mercado Futuro	Mercado Físico	Base
	-----US\$ sc ⁻¹ -----		
Máximo	23,41	20,01	-0,88
Mínimo	19,21	16,68	-3,63
Amplitude	4,20	3,33	2,75
Média	20,50	18,08	-2,42
Desvio padrão	0,96	0,73	0,55

A variação da base entre o início da operação e o seu encerramento influencia o resultado do “hedge”, quando ocorre enfraquecimento da base essa se torna mais negativa beneficiando a posição comprada no Mercado Futuro, por sua vez no fortalecimento a base

torna-se mais positiva beneficiando a posição vendida no Mercado Futuro (Marques et al., 2006). Assim, no “hedge” contra a queda de preços deste trabalho, por meio da compra de Opções de venda no Mercado de Opções, o produtor rural será beneficiado por um fortalecimento da base, assim como acontece para a posição vendida no Mercado Futuro, pois, como citado anteriormente, ao exercer a Opção, o produtor assume uma posição vendida no Mercado Futuro.

Em dois períodos os valores de base foram sempre mais positivos que o valor da base média, caracterizando um fortalecimento da base (Figura 2). O primeiro período ocorreu entre 14 ago. e 25 nov. 2015, incluindo o valor de US\$ -0,88, que foi o máximo da base (Tabela 1) em 11 nov. 2015, quando a diferença entre o preço físico e o preço futuro foi muito pequena, período da entressafra da soja brasileira.

As bases médias mensais, calculadas para o período de 2003 a 2008 entre os preços pagos ao produtor em Maringá-PR e os preços futuros na BM&FBOVESPA, foram agregadas em bases anuais, permitindo a identificação de um processo de fortalecimento da base, a base média passava de US\$ -2,97 (setembro) para US\$ -2,10 (outubro), no terceiro trimestre do ano, quando são finalizados os trabalhos de colheita da safra norte-americana (Tonin et al., 2008). Tal situação poderia diminuir a especulação no mercado futuro, e, por sua vez, a entressafra da soja no mercado brasileiro resultaria em escassez do produto, impulsionando os preços no mercado físico ocasionando um fortalecimento da base.

No segundo período de fortalecimento da base em relação à base média (Figura 2), de 08 jan. a 15 fev. 2016, a análise dos dados tabulados indicou que a valorização do preço físico foi maior do que a do preço futuro, sendo, respectivamente, de 1,69% e 0,98%. Talvez isso possa ser explicado por um pico de escassez de soja e pela expectativa de quebra da safra brasileira em 2015/2016.

O acompanhamento das bases foi realizado, também, por meio da comparação do valor da base em uma data atual em relação ao valor em uma data anterior, resultando em 113 movimentos de fortalecimento da base, três de estabilidade e 129 de enfraquecimento, de modo que para conseguir resultados positivos o produtor, preferencialmente, deve acompanhar o mercado e optar pelos dias em que ocorreu fortalecimento da base, no caso do “hedge” contra queda de preços.

Um dos períodos de enfraquecimento da base foi verificado no primeiro semestre de 2015 e o outro a partir de meados de fevereiro, após o início da colheita da safra brasileira 2015/2016 (Figura 2). Tal premissa foi encontrada em Tonin et al. (2008), que identificaram que com a proximidade da colheita da safra brasileira, ocorre um processo de enfraquecimento que perdura durante todo o primeiro semestre do ano, passando, a base média

mensal, no caso da região de Maringá, de US\$ -2,16 (fev.) à US\$ -3,48 (jul.).

Teoricamente, espera-se que o preço físico de um ativo seja convergente ao preço futuro, na medida em que o contrato se aproxima do vencimento (Gabriel, 2011). Entretanto, notou-se um alargamento (enfraquecimento) da base (Figura 2), onde o comportamento do mercado futuro não foi semelhante ao do mercado físico com a aproximação do vencimento em 28 abr. 2016. Assim, conforme a análise dos dados tabulados, o valor mínimo (mais negativo) de base de US\$ -3,63 (Tabela 1) foi observado em 19 abr. 2016, enquanto que no vencimento, esse foi de US\$ -3,41, quase um dólar a mais do que a base média. Isso ocorre, provavelmente, por Cascavel-PR não ser o ponto de referência da formação de preços dos contratos futuros definidos pela BM&FBOVESPA, acarretando custos de armazenagem e custo de transporte até o porto de Paranaguá-PR.

Os valores de base e do risco de base entre o preço físico e o preço futuro na BM&FBOVESPA foram bastante heterogêneos nos 33 municípios brasileiros investigados, entre eles Cascavel-PR, entre jan. 2000 a jul. 2004, indicando que cada localidade apresenta características próprias de comercialização, ainda que a base média tenha sido negativa para todas as localidades. Em Cascavel-PR, por exemplo, a base média foi de 3,20 abaixo (negativa) e um risco de base médio de 2,00, ambos em R\$ sc^{-1} , (Fontes et al., 2005). O valor de US\$ -1,55 para a base média entre os preços físicos em Cascavel-PR e os futuros na BM&FBOVESPA e um risco de base de US\$ 0,15, de jan. 2005 a jul. 2007 foram destacados por Dias e Figueiredo Neto (2008). Todos esses trabalhos reforçam a necessidade de se calcular a base e o risco da base conforme a região, o contrato futuro e o período de interesse, sendo preciso atualizar o cálculo com o passar do tempo visto que o mercado da soja é dinâmico.

A eficiência do “hedge” será obtida tanto por meio do conhecimento da correlação dos mercados, da base e do risco da base quanto pelo conhecimento dos custos de produção ou do planejamento orçamentário. O valor estipulado para a realização do “hedge” deve atender às necessidades do produtor rural que pode estipular, previamente, um preço para a sua mercadoria, visando cobrir os custos de produção ou o planejamento orçamentário (Badaró et al., 2012). No caso do Mercado de Opções, o produtor rural deve conhecer os seus custos de produção para então optar por um preço de exercício que seja compatível com a sua estratégia de cobrir os custos de produção e honrar os compromissos assumidos.

O custo relativo aos insumos (fertilizante mineral, sementes, herbicida, fungicida, inseticida, adjuvante e dessecante) foi calculado por meio da soma dos gastos

por grupo de insumos (Tabela 2), os quais foram obtidos nas notas fiscais fornecidas pelo produtor rural, com posterior divisão dessa soma pela área cultivada (363 ha). O relatório agrícola do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA] referente aos meses de fevereiro a abril de 2015 já apontava para um custo

alto de produção da soja para a safra 2015/2016, devido principalmente à forte valorização do dólar frente ao real, aos reajustes de mão de obra e à alta dos combustíveis e da energia elétrica, que tinham elevado os gastos no final da temporada 2014/2015.

Tabela 2. Custo operacional efetivo da soja para a safra 2015/2016 em Cascavel-PR

Especificação	Valor Total	Valor por hectare	Participação
	-----R\$-----	----R\$ ha ⁻¹ ----	-----%-----
Fertilizante mineral	187.848,52	517,49	23,87
Sementes	94.685,10	260,84	12,03
Herbicida	90.098,84	248,21	11,45
Fungicida	60.839,44	167,60	7,73
Inseticida	44.026,57	121,29	5,59
Adjuvante	11.920,12	32,84	1,51
Dessecante	7.860,00	21,65	1,00
Operações mecanizadas	5.284,56	14,56	0,67
Operações mecanizadas (terceirizadas)	78.732,27	216,89	10,00
Colheita/Transporte (terceirizados)	111.413,59	306,92	14,16
Custo Variável Total (a)	692.709,01	1.908,29	88,02
Colaborador/Encargos sociais	14.370,84	39,59	1,83
Manutenção/Administração	19.944,73	54,94	2,53
Pró-labore produtor rural	60.000,00	165,29	7,62
Custo Fixo Desembolsável (b)	94.315,57	259,82	11,98
Custo Operacional Efetivo (a+b)	787.024,58	2.168,11	100

No caso do produtor rural em Cascavel-PR, por exemplo, considerando formulações semelhantes, a tonelada de um fertilizante mineral para a soja, que custava R\$ 1.210,00 na safra 2014/2015, passou a custar R\$ 1.557,00 em 2015/2016, um aumento de 28,68%. Em relação à participação no COE, notou-se uma grande representatividade dos gastos com herbicida, os quais superaram os gastos com fungicidas e inseticidas, devido, principalmente, à ocorrência de plantas daninhas resistentes ao glifosato, exigindo o uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

As operações mecanizadas de semeadura e de aplicação de defensivos (Tabela 2) realizadas com os maquinários do produtor rural englobaram 106,48 ha enquanto que as terceirizadas foram realizadas em 256,52 ha, em sistema de parceria, no qual o parceiro recebe 9% da produção líquida de soja. O valor total referente a cada grupo de operação foi, então, dividido pela área total de 363 ha. O produtor rural optou pela terceirização de serviços em função desses 256,52 ha serem áreas separadas daquela que ele administra pessoalmente, evitando, com

isso, a necessidade de deslocamento de suas máquinas, ou aquisição de novas máquinas, reduzindo com isso o gasto com manutenção, a necessidade de capital não-circulante e, conseqüentemente, a depreciação anual, mas mantendo o controle das decisões em suas mãos, o que não aconteceria se as áreas fossem simplesmente arrendadas a terceiros. A colheita e o frete também foram terceirizados, mas para a área total de 363 ha.

A receita total obtida pelo produtor na safra 2015/2016, para a área total de 363 ha, com produtividade média de 51,29 sacas ha⁻¹ e preço médio de R\$ 68,00 sc⁻¹, foi de R\$ 1.236.923,90, resultando em uma MCOE de R\$ 449.898,80. O conhecimento da MCOE é de suma importância visto que esse valor representa o quanto sobra, após o pagamento do COE, para remunerar os custos fixos do capital (depreciação, amortização, juros sobre capital não circulante e custo de oportunidade da terra), os quais, se remunerados, permitem a sobrevivência na atividade rural.

A produtividade média alcançada pelo produtor rural demonstra o impacto do risco de produção, visto que

houve uma redução de 12% em relação à produtividade obtida na safra 2014/2015, conforme informações do produtor rural, ocasionada, principalmente, pelo excesso de umidade e pelos dias com baixa luminosidade devido à influência do fenômeno climático “El Niño”. Mesmo que a produção de soja no estado do Paraná (safra 2015/2016) tenha sido superior a 16 milhões de toneladas, com produtividade média de 3.087kg ha⁻¹, houve redução em relação aos resultados obtidos na safra anterior, respectivamente, de 2,35% e 6,11% (IBGE, 2016).

A operação simulada no Mercado de Opções, visando à proteção de queda de preços, consiste na aquisição de uma Opção de venda PUT, por meio do pagamento do prêmio, para um determinado preço de exercício escolhido conforme a estratégia de proteção. Após adquirir a PUT, o produtor rural passa a ter o direito, e não a obrigação, de vender a saca de soja pelo preço de exercício, exercendo-o apenas, no caso da PUT, se o preço futuro na BM&FBOVESPA for menor que o Pe escolhido na data de exercício, quando então a PUT tem valor intrínseco. Na referida Bolsa, as Opções são do tipo americano, podendo ser exercidas a qualquer momento. Se exercido o seu direito, por meio do exercício da PUT, o produtor rural assume uma posição vendida no mercado futuro da soja, quando então poderá vender a soja pelo Pe escolhido.

O total dos compromissos assumidos com a compra dos insumos, para cada vencimento, foi calculado em reais e, posteriormente, transformado para dólar norte-americano, utilizando-se a cotação média do dólar de R\$ 3,576, calculada para o período de 30 mar. 2015 a 28 abr. 2016 (Tabela 3), pois há dificuldade de se prever uma cotação de dólar específica, assim, a média englobou momentos de valorização e desvalorização da moeda. Considerou-se a simulação com os dois Pe diferentes, com o acompanhamento do Mercado Futuro, com o exercício ou não das Opções, conforme as datas de vencimento dos compromissos. As duas PUT utilizadas na simulação foram as que apresentavam os dois maiores preços de exercício (US\$ 20,00 e US\$ 16,00 sc⁻¹) negociados sobre o contrato subjacente de soja K16, os quais são mencionados como Pe 20 e Pe 16 a fim de facilitar o entendimento do texto.

O prêmio pago refere-se à primeira negociação observada na BM&FBOVESPA (Tabela 3), de modo que, para o Pe 20 e o Pe 16, essa primeira negociação ocorreu, respectivamente, nas datas de 20 out. e de 23 nov. 2015. Logo, essas datas representam o início da operação do “hedge” fazendo-se necessário o pagamento do prêmio, respectivamente, de 1,40 e 0,24, ambos em US\$ sc⁻¹, o que demonstra que o produtor rural deve possuir recursos disponíveis nessas datas para realizar esse pagamento.

O preço objetivo [Pobj] representa o preço mínimo garantido pelo “hedge” ao produtor rural, assim, para os Pe 20 e Pe 16, esse estaria assegurando os preços mínimos de US\$ 16,18 e US\$ 13,24sc⁻¹, respectivamente. A partir do valor do Pobj, tem-se o número necessário de contratos para o “hedge” do valor dos compromissos, totalizando 20 contratos para o Pe 20 e 23 contratos para o Pe 16. Como cada contrato de Opção de soja na BM&FBOVESPA é constituído por 450 sacas de soja, tem-se a contratação de 9.000 sacas para o Pe 20 e de 10.350 sacas para o Pe 16, resultando em um valor total de prêmio a ser pago de US\$ 12.600,00 e de US\$ 2.484,00, respectivamente, reforçando a necessidade de capital para o pagamento do prêmio.

As datas definidas para o exercício ou não das Opções (encerramento da operação na BM&FBOVESPA) e o cálculo do seu resultado foram selecionadas com base nas datas em que o produtor rural realizou a comercialização no mercado físico para honrar os seus compromissos. Na PUT, o exercício ocorre somente se o preço futuro for menor que o preço de exercício contratado (quando o valor intrínseco é diferente de zero), o que aconteceu apenas em uma situação (Tabela 3). O resultado geral da simulação foi calculado em duas etapas, assim, na BM&FBOVESPA, para cada um dos Pe e dos vencimentos dos compromissos, foi calculado na primeira etapa, resultando em prejuízos (resultados negativos), em diferentes escalas, para todos os cenários analisados, sendo que o maior prejuízo total (US\$ -9.198,00) foi observado para o Pe 20, em função do alto prêmio pago pela Opção.

Na segunda etapa, calculou-se o resultado geral e definitivo da simulação com o uso do Mercado de Opções. Para essa etapa, considerou-se o resultado da operação no mercado físico (Tabela 3), visto que o “hedge” é constituído por uma posição no mercado físico e outra no futuro, sendo no mercado físico que o produtor continua comercializando o seu produto. Na operação no mercado físico, o número de sacas comercializadas, nas datas de vencimentos, foi somente o necessário para cobrir o valor dos compromissos, considerando o valor dos compromissos e o preço da soja (US\$ sc⁻¹) no momento da comercialização, descontando-se as contribuições previdenciárias que incidem sobre o valor da comercialização.

O resultado geral com a simulação foi menor do que o resultado no mercado físico (Tabela 3), em todos os cenários estudados, devido aos prejuízos gerados na operação na BM&FBOVESPA, de modo que quanto maiores os prejuízos, menores os resultados gerais. Porém, com exceção da simulação com Pe 20 para a data de operação de 29 mar. 2016, os demais cenários possibilitaram a proteção de preços, uma vez que nos três cenários o preço obtido foi maior do que o preço objetivo, que é considerado como preço mínimo fixado.

Tabela 3. Simulação no Mercado de Opções utilizando dois preços de exercício [Pe]

Especificação	Simulação				
		Pe 20		Pe 16	
Total dos compromissos	US\$	84.276,01	54.784,00	84.276,01	54.784,00
Vencimento dos compromissos		29/02/2016	30/03/2016	29/02/2016	30/03/2016
Preço de exercício	US\$ sc ⁻¹	20,00	20,00	16,00	16,00
Base média	US\$ sc ⁻¹	-2,42	-2,42	-2,42	-2,42
Prêmio pago	US\$ sc ⁻¹	1,40	1,40	0,24	0,24
Preço objetivo	US\$ sc ⁻¹	16,18	16,18	13,34	13,34
Contratos futuros necessários		12	8	14	9
Sacas por contrato		450	450	450	450
n° de sacas protegidas		5.400	3.600	6.300	4.050
Etapa 1 - Resultado na BM&FBOVESPA					
Data da operação		25/02/2016	29/03/2016	25/02/2016	29/03/2016
Preço de exercício	US\$ sc ⁻¹	20,00	20,00	16,00	16,00
Preço futuro	US\$ sc ⁻¹	19,37	20,50	19,37	20,50
Exerce ou não exerce		Exerce	Não	Não	Não
Valor intrínseco		0,63	0,00	0,00	0,00
Prêmio pago	US\$ sc ⁻¹	1,40	1,40	0,24	0,24
Resultado por saca	US\$ sc ⁻¹	-0,77	-1,40	-0,24	-0,24
n° de sacas contratadas		5.400	3.600	6.300	4.050
Resultado total (a)	US\$	-4.158,00	-5.040,00	-1.512,00	-972,00
Etapa 2 - Resultado geral da simulação no Mercado de Opções					
Operação no mercado físico (Cascavel-PR)					
Data da operação		25/02/2016	29/03/2016	25/02/2016	29/03/2016
Preço físico	US\$ sc ⁻¹	17,77	17,17	17,77	17,17
n° de sacas comercializadas		4.900	3.300	4.900	3.300
Resultado total (b)	US\$	87.073,00	56.661,00	87.073,00	56.661,00
Resultado geral (a+b)	US\$	82.915,00	51.621,00	85.561,00	55.689,00
Preço obtido	US\$ sc ⁻¹	16,92	15,64	17,46	16,88
Resultado	%	-4,78	-8,90	-1,74	-1,72

Além disso, a análise dos dados tabulados da série de preços físicos permitiu identificar que esses eram, no momento do início das operações, quando foram contratadas as PUT com Pe 20 e Pe 16, respectivamente, de US\$ 18,24 e US\$ 17,32. Nas datas das comercializações no mercado físico, exceção ao Pe 16 na data de 25 fev. 2016, os preços físicos estavam em patamares menores do que os da época da contratação, indicando a existência de um risco de queda dos preços, principalmente por se tratar de momentos de pico de colheita.

Essa informação foi especialmente importante para o caso do produtor rural estudado, visto que para honrar seus compromissos ele terá que vender sua produção pelo preço da soja, nos vencimentos acordados, mesmo

que esse esteja abaixo de suas expectativas ou de um preço justo. No Mercado de Opções, diferentemente do Mercado Futuro, o produtor rural pode participar da alta do mercado, visto que nesse caso (Tabela 3), o produtor rural simplesmente não exercerá seu direito, assumindo apenas o prejuízo que é limitado ao prêmio pago que, por exemplo, para o Pe 16 foi de US\$ 0,24 sc⁻¹.

As eq. (11) e (12) serviram de base para o cálculo da receita total obtida e da MCOE ambas após o uso do Mercado de Opções e representadas na Tabela 4, juntamente com os resultados calculados para essas variáveis, por meio das eq. (1) e (2), quando não se fez o uso de “hedge”.

Tabela 4. Comparação dos resultados

Especificação	Sem "hedge"	Com "hedge" (Pe 20)	Com "hedge" (Pe 16)
	-----US\$-----		
Receita total obtida	345.895,80	336.697,80	343.411,80
Custo Variável	193.710,57	193.710,57	193.710,57
Custo Fixo Desembolsável	26.374,60	26.374,60	26.374,60
Margem de contribuição operacional efetiva [MCOE]	125.810,63	116.612,63	123.326,63

Os valores de custo variável e custo fixo desembolsável para o cenário sem “hedge” calculados em reais (Tabela 2) foram convertidos em dólares utilizando-se a cotação média do dólar de R\$ 3,576. Essa conversão também foi realizada para a receita total obtida sem o “hedge”, calculada conforme eq. (1). Assim, para obter a receita total das operações com “hedge” considerou-se a receita total obtida sem “hedge” com posterior subtração do resultado total da operação na BM&FBOVESPA (Tabela 3) para cada um dos Pe analisados.

Por meio dos dados da Tabela 4, verificou que o “hedge” com Pe 20 apresentou uma receita total 2,66% menor do que a receita sem o “hedge”, acarretando queda de 7,31% na MCOE. Por outro lado, o “hedge” com Pe 16 reduziu a receita em apenas 0,72%, ocasionando redução de 1,97% na MCOE. Dessa forma, considerando o total gasto de US\$ 2.484,00 com a contratação do Pe 16 (Tabela 3), e a área de soja de 363 ha, o produtor rural estaria gastando cerca de US\$ 6,84 ha⁻¹, ou conforme cotação média do dólar, cerca de R\$ 24,48 ha⁻¹ para fixar seu preço mínimo da soja em US\$ 13,34 sc⁻¹. Comparando esse preço mínimo fixado ao preço mínimo necessário para cobrir o COE (US\$ 11,82 sc⁻¹), transformando-se, primeiramente, o COE de R\$ ha⁻¹ para US\$ ha⁻¹ por meio da cotação média do dólar e, posteriormente, dividindo-se esse valor pela produtividade média alcançada pelo produtor rural, percebeu que o preço mínimo fixado foi um preço adequado para cobrir pelo menos o COE.

Para o caso simulado, o produtor estaria protegendo apenas os gastos com insumos, ficando descoberto em relação aos outros gastos e custos. Ainda assim, caracterizando uma trava de custo de produção relativo aos insumos que na safra 2015/2016 representaram 63% do COE (Tabela 2). Os produtores rurais possuem disposição própria de assumir riscos e aceitar resultados desfavoráveis em suas ações, portanto, o nível de risco aceitável para um negócio rural é decisão de cada produtor rural, assim, uma boa gestão do risco não significa eliminar totalmente o risco, mas sim, limitá-lo a um nível escolhido e tolerável pelo produtor rural (Kay et al., 2014).

Nesse sentido, para o “hedge” estudado, o produtor rural ainda estaria exposto ao risco cambial uma vez que na simulação não foi considerado nenhum “hedge”

cambial visando proteção a uma possível valorização do real frente ao dólar. Analisando-se os dados tabulados das séries de preços, futuro, físico e cotação do dólar, identificou-se que, por exemplo, considerando o “hedge” com Pe 20, o dólar valorizou 1,92% frente ao real, do início da operação (20 out. 2015) ao primeiro exercício simulado (25 fev. 2016), permitindo que, apesar de uma redução de 2,58% no preço físico em dólar, o produtor rural recebesse um preço em reais apenas 0,71% menor. Por outro lado, para a mesma operação, analisando-se do início até o segundo exercício simulado (29 mar. 2016), o dólar desvalorizou-se 5,09%, assim, redução de 5,87% no preço físico em dólar significou uma queda de 10,64% no preço em reais recebido pelo produtor rural.

Este trabalho não verificou se os prêmios pagos pelas PUT eram prêmios justos, além de não ter realizado o cálculo da razão de “hedge” ótima na qual se obtém a máxima efetividade, pois não faziam parte do objetivo proposto pelo trabalho.

Conclusão

Para ambos os preços de exercício da simulação, a margem de contribuição operacional efetiva é menor do que a obtida pelo sojicultor na safra 2015/2016. Apesar desses resultados, o Mercado de Opções pode ser entendido como ferramenta para o gerenciamento do risco de preço da soja visto que este funciona como um seguro por meio da fixação de um preço mínimo.

Quando da contratação de um seguro, quer seja residencial, de um automóvel ou agrícola, não se espera que ele tenha que ser utilizado. Porém, o fato deste não ser utilizado como ocorreu, por exemplo, em função do não exercício da Opção, não anula a sua importância visto que se o mercado apresentasse tendência de queda de preços, o produtor rural estaria protegido. Além disso, o fato de o produtor rural decidir por gerenciar o risco de preço o diferencia uma vez que originalmente ele é apenas um tomador de preços. Lembrando ainda que o risco de preço é apenas um dos muitos riscos a que atividade agrícola está sujeita.

Buscar o conhecimento e a compreensão dos riscos a que a atividade está sujeita bem como do funcionamento deste Mercado é fundamental para que o sojicultor obtenha sucesso na estratégia escolhida para a gestão do

risco de preço. Essa estratégia por sua vez pode ser pela utilização do Mercado de Opções na BM&FBOVESPA ou em outras Bolsas como, por exemplo, a CBOT.

Referências

- Abitante, K.G. 2008. Co-integração entre os mercados spot e futuro: evidências dos mercados de boi gordo e soja. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 46: 75-96.
- Badaró, G.S.C.; Castro Júnior, L.G. de; Fontes, R.E. 2012. Análise da utilização de mecanismos de controle do risco de mercado para compra de insumos e venda do boi gordo na pecuária de corte. In: Conferência em Gestão de Risco e Comercialização de Commodities [CGRCC]. BM&FBOVESPA, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www2.bmf.com.br/cim>>. Acesso em: 20 dez. 2016.
- Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros [BM&FBOVESPA]; Comissão de Valores Mobiliários [CVM]. 2015. Mercado de Derivativos no Brasil: Conceitos, Produtos e Operações. CVM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em: <<http://www.portaldoinvestidor.gov.br/publicacao/LivrosCVM.html>>. Acesso em: 23 ago. 2016.
- BM&FBOVESPA. 2016. Dados Históricos: Derivativos. Disponível em: <<http://www2.bmf.com.br/Mais/Index.html?Idioma=pt-br>>. Acesso em: 13 set. 2016.
- BM&FBOVESPA. 2016. Mercado de Derivativos: Estatísticas. Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/servicos/market-data/consultas/mercado-de-derivativos/resumo-das-operacoes/estatisticas/>. Acesso em: 04 jan. 2017.
- Calegari, I.P.; Baigorri, M.C.; Freire, F.S. 2012. Os derivativos agrícolas como uma ferramenta de gestão do risco de preço. *Custos e @gronegócios online* 8: 2-21.
- Canziani, J.R.; Guimarães, V.A. 2006. Venda no momento certo garante melhores preços. p. 130-133. In: *Revista Visão Agrícola*, n.º 5. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA]. 2015. Custos de produção agrícola. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/categoria/acessar/custos-de-producao-agricola-abril-2015.aspx>>. Acesso em: 15 dez. 2016.
- Christofoletti, M.A.M.; Silva, R.M. da; Martines Filho, J.G. 2013. Cointegração e causalidade no mercado de soja: análises para Brasil, China e EUA. In: CGRCC. BM&FBOVESPA. São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www2.bmf.com.br/cim>>. Acesso em: 26 out. 2016.
- CME GROUP. Revisão Mensal de Agricultura. Disponível em: <<http://www.cmegroup.com/pt/education/files/magu-2016-12.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- Corrêa, A.L.; Raíces, C. 2005. *Derivativos Agrícolas*. Editora Globo, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: <<http://archerconsulting.com.br/livro/>>. Acesso em: 26 ago. 2016.
- Cruz, A.C. da; Lima, J.E. de. 2009. Efetividade nas operações de hedge com contratos de boi gordo da BM&FBOVESPA. *Revista de Economia e Administração* 8: 120-140.
- Dancey, C.P.; Reidy, J. 2006. Análise de correlação: o r de Pearson. p. 178-216. In: *Estatística sem Matemática para Psicologia*. 3ed. Artmed, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Dias, F.C.F.; Figueiredo Neto, L.F. 2008. Mercado futuro de soja na BMF e CBOT: uma análise no período de 2005 a 2007. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Rio Branco, AC, Brasil. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/252.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2016.
- Everaldo Junior, A.G.; Osaki, M. 2005. Avaliação do efeito da ferrugem asiática no custo operacional efetivo da soja no Estado do Mato Grosso. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Ribeirão Preto, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/517.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2016.
- Ferreira, B.G.C.; Freitas, M.M.L.; Moreira, G.C. 2015. Custo operacional efetivo de produção de soja em sistema de plantio direto. *Revista iPecege* 1: 39-50.
- Fileni, D.H.; Marques, P.V.; Machado, H.M. 1999. O risco de base e a efetividade do hedge para o agronegócio do café em Minas Gerais. *Organizações Rurais e Agroindustriais* 1: 42-50.
- Fontes, R.E.; Castro Junior, L.C. de; Martins, C.M.F; Andrade, L.P. de. 2005. Estratégia de comercialização em mercados derivativos: descobrimento de base e de risco de base da cultura da soja em diversas localidades do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Ribeirão Preto, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/626.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2016.
- Gabriel, F. 2011. Base e o risco de base do café arábica no Brasil: um estudo empírico para o período 2003-2010. In: CGRCC. BM&FBOVESPA. São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: <<http://www2.bmf.com.br/cim>>. Acesso em: 04 out. 2016.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2015a. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola [LSPA]. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 out. 2016.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2015b. Produção Agrícola Municipal [PAM]. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 out. 2016.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2016. LSPA. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 04 jan. 2017.
- Kay, R.D.; Edwards, W.M.; Duffy, P.A. 2014. *Gestão de Propriedades Rurais*. 7ed. AMGH Editora, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Maia, F.N.C.S.; Aguiar, D.R.D. de. 2010. Estratégias de hedge com os contratos futuros de soja da Chicago Board of Trade. *Gestão & Produção* 17: 617-626.
- Marques, P.V.; Mello, P.C. de; Martines Filho, J.G. 2006. Mercados Futuros e de Opções Agropecuárias. Série Didática n.º D-129. Departamento de Economia, Administração e Sociologia, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, Brasil. Disponível em: <<http://economia.esalq.usp.br/did/did-129.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2016.
- Marques, R.H.S.; Aguiar, D.R.D. 2004. Determinantes do uso de mercados futuros pelos produtores de soja no município de Cascavel, PR. *Revista de Economia e Agronegócio* 2: 209-234.
- Martins, A.G.; Aguiar, D.R.D. 2004. Efetividade do hedge de soja em grão brasileira com contratos futuros de diferentes

- vencimentos na Chicago Board of Trade. *Revista de Economia e Agronegócio* 2: 449-472.
- Matsunaga, M.; Bemelmans, P.F.; Toledo, P.E.N. de; Dulley, R.D.; Okawa, H.; Pedroso, I.A. 1976. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola* 1: 123-139.
- Morais, L.C.; Cezar, I.M.; Souza, C.C. de. 2011. Uso de derivativos agropecuários como mecanismo de comercialização de soja, no município de Rio Verde, Goiás. *Revista Ceres* 58: 567-575.
- Mühlen, A.S.R. Won; Cezar, I.M.; Costa, F.P. 2013. Risco de preço na comercialização da soja: uso de derivativos pelos produtores rurais de Maracaju-MS. *Ciência Rural* 43: 937-943.
- Oliveira Neto, O.J. de; Figueiredo, R.S. 2008. Análise das operações de hedge do boi gordo no mercado futuro da BM&F para o estado de Goiás. *Revista Gestão & Planejamento* 9: 77-93.
- Rocha, D.T. da; Corso, J.M.D.; Pedro, J.J.; Silva, W.V. 2010. Relação entre os preços do grão de soja nos mercados à vista e futuro: uma análise a partir da razão ótima de hedge. *Revista da Faculdade de Administração e Economia* 1: 113-137.
- Rosalem, V.; Gomes, C.S.; Oliveira, M.V. de. 2008. Estratégia de comercialização em mercados derivativos: cálculo de base e risco de base do boi gordo em diversas localidades do Brasil. *Revista de Administração da UFSM* 1: 402-417.
- Santos, M.P. dos; Botelho Filho, F.B.; Rocha, C.H. 2008. Hedge de mínima variância na BM&F para soja em grãos no Centro-Oeste. *Sociedade e Desenvolvimento Rural* 2: 203-212.
- Schouchana, F. 2004. *Introdução aos Mercados Futuros e de Opções Agropecuários no Brasil*. 3ed. Bolsa de Mercadorias & Futuros, São Paulo, SP, Brasil.
- Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná [SEAB]; Departamento de Economia Rural [DERAL]. 2016. Cotações diárias. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=234>>. Acesso em: 15 set. 2016.
- Silva, A.R.O. da; Aguiar, D.R.D.; Lima, J.E. de. 2003. Hedging with futures contracts in the brazilian soybean complex: BM&F vs. CBOT. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 41: 383-405.
- Silva, T.L.; Faria, A.F.G. de. 2016. Estatística como ferramenta para mitigar o risco de preço sobre o hedge de boi gordo. *Revista iPecege* 2: 40-56.
- Souza, W.A.R. de; Martines Filho, J.G.; Marques, P.V. 2012. Análise de estratégias de hedge simultâneo para a produção de soja no Centro-Oeste. *Revista de Economia* 38: 73-92.
- Tonin, J.M.; Tonin, J.R.; Tonin, G.M. 2008. Operações de hedge no mercado da soja: uma análise comparativa para o Estado do Paraná. *Revista Paranaense de Desenvolvimento* 115: 7-30.
- Tonin, J.R.; Alves, A.F.; Tonin, J.M. 2013. Análise da transmissão de preços da soja no Paraná: uma abordagem com custos de transação. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Belém, PA, Brasil. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/congresso2013/>>. Acesso em: 27 out. 2016.
- Widonsck, C.A.; Ribeiro, C.O. 2009. Conceitos de derivativos – Soja. p. 127-173. In: Widonsck, C.A.; Ribeiro, C.O.; Palermo, D.M.; Rego, R.M.F.; Savoia, J.R.F. *Agronegócio no Brasil: uma perspectiva financeira*. Saint Paul Editora, São Paulo, SP, Brasil.
- Zimmermann, F.J.P. 2004. *Estatística Aplicada à Pesquisa Agrícola*. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, Brasil.