

# Razão ótima de *hedge* para soja em Goiás e Mato Grosso<sup>1</sup>

João Antônio Vilela Medeiros<sup>2</sup>

Cleyzer Adrian da Cunha<sup>3</sup>

Alcido Elenor Wander<sup>4</sup>

**Resumo** – O objetivo geral deste trabalho foi estimar a razão ótima de *hedge* como forma de gestão de investimentos em contratos de soja em grão no município de Sorriso, MT, e na região de Rio Verde, GO. As regiões foram escolhidas pela importância de suas respectivas produções no contexto nacional de comercialização de grãos, tendo Mato Grosso como o principal produtor nacional e o município de Rio Verde como maior produtor em Goiás. Os resultados mostram que Rio Verde e Sorriso devem fazer *hedge* de 53,88% e 69,44% da produção no mercado *spot* para terem 42,47% e 52,85% de efetividade, respectivamente. A simulação de *bootstrapping* mostrou também a disparidade nos resultados da razão ótima de *hedge*, em que, das 1.000 repetições, cerca de 700 repetições se concentraram acima de 54% para Rio Verde. Já para Sorriso, as simulações mostraram que 950 das 1.000 repetições concentraram-se acima de 69% para a razão ótima de *hedge*. Por conseguinte, o produtor de soja de Sorriso está mais exposto ao risco; portanto, este deve fazer *hedge* de maior percentual da sua produção tanto no mercado físico como no futuro.

**Palavras-chave:** comercialização de soja, mercado de futuros, risco de mercado.

## Optimal hedge ratio for soybeans in Goiás and Mato Grosso

**Abstract** – The overall objective of this study was to estimate the optimal hedge ratio as a form of investment management of grain soybean contracts in the municipality of Sorriso, state of Mato Grosso, Brazil, and in the municipality of Rio Verde, state of Goiás, Brazil. These regions were chosen because of the importance of their production rates in the national context of grain trade. Mato Grosso is the leading Brazilian producer, and Rio Verde is the main producer in Goiás. The results show that Rio Verde and Sorriso should hedge, respectively, 53.88 percent and 69.44 percent of their spot market production to have 42.47 percent and 52.85 percent effectiveness, respectively. The bootstrapping simulation also showed the disparity in the results of the optimal hedge ratio. Out of the 1,000 repetitions about 700 repetitions were above 54 percent for Rio Verde. For Sorriso, the same simulations showed that 950 of the 1,000 repetitions were above 69 percent for optimal hedge

<sup>1</sup> Original recebido em 6/10/2012 e aprovado em 26/11/2012.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, mestrando em Agronegócio pela Universidade Federal de Goiás (UFG). E-mail: joaoantonio\_vm@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Economista, Doutor em Economia Aplicada, professor da Universidade Federal de Goiás (UFG). E-mail: cleyze@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, Doutor em Ciências Agrárias, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão. E-mail: alcido.wander@embrapa.br

ratio. Therefore, the soybean producers in Sorriso are more exposed to risk, so they should hedge a higher percentage of their production both in the physical and the futures market.

**Keywords:** soybean trade, futures market, market risk.

## Introdução

A cultura da soja possui grande importância no cenário nacional e internacional, visto que o Brasil é o segundo maior produtor e exportador do grão no mundo. Ao longo dos últimos anos, houve um aumento da importância dada à cultura, em virtude do significativo aumento de produção por meio dos incrementos de produtividade associados a avanços tecnológicos e à eficiência dos produtores. A demanda pelo produto e subprodutos está em forte expansão já que o grão é amplamente utilizado para a fabricação de rações animais e, em menor escala, para a alimentação humana. Atualmente a soja é um dos principais produtos da agricultura brasileira e é de grande importância para a balança comercial brasileira.

De 1997 a 2009 o valor das exportações de produtos do complexo da soja representou 22,7% do total das exportações do agronegócio nacional, e 9,1% das exportações totais do país. O saldo comercial obtido em 2009 pela cultura representou 31,34% do total obtido pelo agronegócio e 67,94% do total do país. As exportações da soja em grão, nesse período, apresentaram crescimento anual de 16,52%; esse aumento foi essencial para que a economia brasileira atingisse os saldos comerciais positivos que foram fundamentais para equilibrar a balança comercial do país (LAZZAROTTO; HIRAKURI, 2010).

O Brasil ocupa uma posição de grande exportador de produtos do agronegócio e, portanto, sua balança comercial possui grande dependência das exportações de origem agropecuária. Visto que a balança comercial dos demais setores da economia brasileira tende a saldos negativos, já que o país é um grande importador de produtos de outros setores, a produção e comercialização da soja e seus derivados respondem por uma expressiva parcela do co-

mércio internacional; assim, a soja também é um dos grandes responsáveis pela dinamização da economia nacional.

Apesar de a soja ser um produto com mercado mundialmente bem definido e estruturado, os preços do grão e de seus derivados (farelo e óleo) apresentam elevadas oscilações de preço na Bolsa de Chicago (CME Group). Esse comportamento do mercado está associado aos riscos e incertezas que envolvem a oferta e demanda de produtos agrícolas, além da forte influência das transações efetuadas por fundos de investimento especulativos que afetam o mercado de derivativos agropecuários, do qual a soja faz parte.

As commodities, de maneira geral, apresentam grandes oscilações de preços no mercado mundial. Por isso, Zilli et al. (2008) consideram que as estimativas de rentabilidade por parte dos produtores ficam prejudicadas, e, por consequência, a gestão dos resultados das atividades agropecuárias se torna um desafio para os empresários do agronegócio. No entanto, a análise do desempenho das atividades e a mensuração dos resultados são imprescindíveis para o planejamento e gerenciamento dos riscos inerentes à atividade. A negociação em mercados futuros, nesse contexto, é instrumento de mercado que permite reduzir o risco de variações de preços de produtos com mercados voláteis e administrar perdas potenciais.

As negociações realizadas nas bolsas de mercadorias e mercados futuros, com destaque para as operações de *hedge* – que para a soja vem aumentando o volume negociado, exceto em 2010 (BM&FBOVESPA, 2011) –, buscam a manutenção de um preço que garanta a permanência na atividade por meio da obtenção de um preço alvo e, por consequência, a minimização das perdas (OLIVEIRA NETO; FIGUEIREDO, 2009).

Por conseguinte, o uso dos instrumentos de comercialização em mercados futuros permite a proteção contra riscos de oscilação nos preços por meio das operações de *hedge*. O mecanismo de *hedge* permite ao produtor garantia alternativa de financiamento e ainda concede aumento da competitividade, pela alocação eficiente de recursos e redução nos custos de transação.

Não obstante o apontado acima, nesses casos o objetivo do produtor é maximizar seus retornos por meio de uma carteira de investimentos composta por dois ativos – um é sua posição no mercado futuro, e o outro é sua posição no mercado físico.

Ao realizar-se uma operação de *hedge* por meio de contratos futuros, é necessário definir qual proporção da produção física será negociada no mercado futuro, ou seja, um ponto ótimo de *hedge* que minimize o risco nos dois mercados (SANTOS et al., 2008).

A definição de uma razão ótima de *hedge* (ROH) contribui para o planejamento financeiro dos produtores à medida que facilita a estimação do preço do produto que será negociado e permite ao produtor predeterminar o preço mínimo de venda do grão, eliminando parte do risco relacionado às flutuações de preço.

Com base no que foi exposto anteriormente, o objetivo geral do trabalho é estimar a razão ótima de *hedge* como forma de gestão de investimentos em contratos de soja em grão em Sorriso, MT, e na região de Rio Verde, GO.

As regiões foram escolhidas pela importância de suas respectivas produções no contexto nacional de comercialização de grãos, tendo Mato Grosso como o principal produtor nacional e o município de Rio Verde como maior produtor em Goiás.

Assim sendo, o estudo está dividido em cinco partes. A primeira consiste na introdução; a segunda trata da metodologia de estudo; a terceira, do modelo econométrico; na quarta apresentam-se os resultados e discussões; e finalmente são apresentadas as considerações finais.

## Razão ótima de *hedge*

A razão ótima de *hedge* refere-se à proporção de contratos negociados via bolsa em relação ao total de contratos de venda. Essa razão é de extrema importância na medida em que pode determinar o montante de custos e benefícios da operação, pois esses fatores são dependentes do volume negociado (HULL, 1966, citado por ALVES; SERRA, 2008). Encontrar uma proporção que minimize o risco nos dois mercados por meio do *hedge* ótimo ou de mínima variância é uma das formas de gerir os riscos. Pode-se considerar o *hedge* perfeito quando a correlação entre o preço *spot* e o preço futuro for positiva e igual a 1. Nesse caso, haverá convergência entre o preço futuro e preço do mercado físico. No entanto, quando as oscilações entre o preço *spot* e o preço futuro são diferentes, a correlação entre os dois preços é negativa. Logo, não há convergência entre os respectivos preços (SANTOS et al., 2008).

De acordo com Rodrigues e Alves (2010), grande parte dos trabalhos que tratam da definição da razão ótima de *hedge* no Brasil utilizam metodologias que são derivadas das propostas realizadas por Ederington (1979) e Myers e Thompson (1989). Esses autores realizaram estudos com base em propostas de *hedge* estático, em que se obtém a razão ótima de *hedge* (ROH) pelo método de mínimos quadrados ordinários (MQO) e processos autorregressivos (AR). Existem ainda outros autores que consideram o *hedge* dinâmico e estimam a ROH com métodos GARCH multivariados.

Quanto a Goiás, o estudo feito por Oliveira Neto et al. (2009) mostrou que prevalecem distintos ROHs nos períodos de safra e entressafra. O período de estudo considerado pelos autores foi de outubro de 2002 a maio de 2007, em que o melhor modelo econométrico ajustado mostrou que 85,09% da posição no mercado físico deve ser negociada como *hedge* na BM&F Bovespa; e esse valor se reduz para 80,97% no período de entressafra. A carteira submetida a *hedge* com base nessas proporções permitiu a diminuição do risco de preços em 70,36%

(OLIVEIRA NETO et al., 2009, citados por RODRIGUES; ALVES, 2010).

Alves et al. (2010), ao analisarem o *hedge* para o café arábica para as regiões de Caratinga, MG e São Sebastião do Paraíso, MG, chegaram à ROH de 64,7% para Caratinga e 66% para São Sebastião do Paraíso. Isso mostra que se fossem utilizadas as operações no mercado futuro, haveria uma redução do risco no período de comercialização, em que o valor do ROH poderia mitigar 65% do risco associado à volatilidade de preços. Então, como a ROH é menor que um, é necessária uma quantidade menor de contratos futuros do ativo real para se proteger das oscilações de determinada quantidade no mercado à vista.

Considerando-se a comercialização da soja em grão no mercado físico em Goiás de 2002 a 2005, Santos et al. (2008), por meio do modelo de *hedge* de variância mínima, verificaram a existência de redução de risco à medida que se adicionam contratos futuros de soja a carteiras que já comercializam soja no mercado *spot*. Os resultados mostraram que Goiás deveria fazer *hedge* de 44% de sua produção. Essa estratégia apresentou uma efetividade de 35%.

Tonin e Alves (2005), partindo da metodologia utilizada por Myers e Thompson (1989), analisaram as séries de preços do milho relativas a janeiro de 2002 a novembro de 2004 e verificaram ROH de 6,2%, quando se utiliza a série de preços diária; 12,34% para a série semanal; e 40,78% para a série de preços mensal. Com base nessa constatação os autores afirmam que a ROH é maior quando as séries de preços se referem a períodos de tempo maiores.

As variações de curto prazo nas séries de preços podem ser eliminadas ou amenizadas com um período de tempo maior. Dessa maneira, a variância dos preços futuros tende a diminuir, o que pode contribuir para o aumento da razão ótima de *hedge*, já que a ROH é a razão da covariância entre as mudanças de preços no mercado *spot* e no futuro pela covariância dos preços no mercado futuro (AGUIAR; LIMA, 2002, citados por TONIN; ALVES, 2005).

## Hedge de Variância Mínima (HVM)

Segundo Hull (2005), a receita do *hedge* é dada por

$$Rh = S(P_t - P_{t-1}) - F(f_t - f_{t-1}) \quad (1)$$

Em caso de *hedge* de venda:

$Rh$  = receita da carteira.

$S$  = posição no mercado físico.

$F$  = posição no mercado futuro.

$P_t$  = preço de compra no mercado *spot* no tempo  $t$ .

$P_{t-1}$  = preço de venda no mercado físico no tempo  $t - 1$ .

$f_t$  = cotação referente à venda de contrato futuro realizada no tempo  $t$  com vencimento futuro.

$f_{t-1}$  = cotação referente à compra de contrato futuro para encerrar sua posição com vencimento futuro.

Dividindo-se os dois lados por  $S$ , tem-se

$$\frac{Rh}{S} = (p_t - p_{t-1}) - F(f_t - f_{t-1}) \quad (2)$$

A razão ótima de *hedge* é dada por  $h=F/S$ , ou seja, é a razão entre a posição no mercado futuro e a posição no mercado físico – a razão é ótima porque minimiza a variância da receita do *hedge*.

A variância da receita da operação de *hedge* é dada por

$$\sigma_h^2 = \sigma_p^2 - 2h\sigma_{pf} + h^2\sigma_f^2 \quad (3)$$

Derivando-se a equação 3 com relação a  $h$  e igualando-se a zero, obtém-se

$$\frac{d\sigma_h^2}{dh} = -2\sigma_{pf} + 2h\sigma_f^2 = 0$$

$$2h\sigma_f^2 = 2\sigma_{pf}$$

$$h^* = \frac{\sigma_{pf}}{\sigma_f^2} \quad (4)$$

$\sigma_{pf}$  = covariância entre variações de preço no mercado físico e no mercado futuro.

$\sigma_f^2$  = variância da variação do preço no mercado futuro.

A divisão da covariância entre as variações dos preços no mercado físico e no mercado futuro pela variância da variação dos preços futuros mostra a razão ótima de *hedge* que minimiza a variância da receita deste, conforme a equação 4.

Substituindo-se a equação 4 na equação 3 tem-se que a variância do *hedge* ótimo é

$$\begin{aligned}\sigma_{h}^2 &= \sigma_p^2 - 2h^* + \sigma_{pf} + h^{*2} \sigma_f^2 \\ \sigma_{h}^2 &= \sigma_p^2 - 2 \left( \frac{\sigma_{pf}}{\sigma_f^2} \right) \sigma_{pf} + \left( \frac{\sigma_{pf}}{\sigma_f^2} \right)^2 \sigma_f^2 \\ \sigma_{h}^2 &= \sigma_p^2 - 2 \left( \frac{\sigma_{pf}^2}{\sigma_f^2} \right) + \left( \frac{\sigma_{pf}^2}{\sigma_f^2} \right) \\ \sigma_{h}^2 &= \sigma_p^2 - \left( \frac{\sigma_{pf}^2}{\sigma_f^2} \right)\end{aligned}\quad (5)$$

$\sigma_{h}^2$  = variância da receita da carteira com a razão ótima de *hedge*.

$\sigma_p^2$  = variância da receita da carteira sem *hedge*.

A efetividade do *hedge* é dada pela proporção da variância da receita que pode ser eliminada por meio da utilização da carteira com  $h^*$ :

$$(E) = 1 - \frac{\sigma_{h}^2}{\sigma_p^2}\quad (6)$$

A partir desse ponto percebe-se que se  $\sigma_{h}^2 = \sigma_p^2$ , o valor da efetividade é 0, mas se  $\sigma_{h}^2 = 0$ , obtém-se o nível de efetividade máxima com o *hedge*, que é igual a 1.

Substituindo-se a equação 5 na equação 6, tem-se que

$$\begin{aligned}(E) &= 1 - \left( \frac{\sigma_p^2 - \left( \frac{\sigma_{pf}}{\sigma_f^2} \right)^2}{\sigma_p^2} \right) \\ (E) &= 1 - \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2} + \frac{\left( \frac{\sigma_{pf}^2}{\sigma_f^2} \right)}{\sigma_p^2} \\ (E) &= \frac{\sigma_{pf}^2}{\sigma_f^2 \sigma_p^2} \\ (E) &= \rho^2\end{aligned}\quad (7)$$

$\rho$  = coeficiente de correlação entre as alterações nos preços à vista e no mercado futuro.

A efetividade do *hedge* utilizando-se a sua razão ótima ( $h^*$ ) é o quadrado do coeficiente de correlação entre as alterações nos preços à vista e a futuro, permanecendo a condição de nível mínimo de efetividade 0 e nível máximo de efetividade com a operação igual a  $0 \leq (E) \leq 1$ . Assim, em uma regressão simples ( $Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \varepsilon_t$ ) que pode ser estimada por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), o coeficiente de inclinação ( $\beta_1$ ) é igual à covariância entre a variável dependente e a variável independente dividida pela variância da variável independente; logo tem-se  $h^*$  por meio do valor de  $\beta_1$ . Em uma mesma regressão simples, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é o quadrado do coeficiente de correlação ( $\rho^2$ ); com isso tem-se a efetividade do *hedge*.

## Fonte de dados

Os dados utilizados para a realização do trabalho foram as séries de preços de soja para os municípios de Sorriso, MT e Rio Verde, GO, e da BM&FBOVESPA, adquiridas do Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (Imea) (2011)<sup>5</sup>, Agência Estado (2011)<sup>6</sup> e BM&FBOVESPA (2011), respectivamente. O período analisado foi de 2005 a 2010, utilizando-se as datas de fechamento do contrato de soja na BM&FBOVESPA – o mesmo aconteceu para os preços dos municípios.

Os preços coletados da BM&FBOVESPA (2011), cotados em dólar, foram convertidos para o real utilizando-se a cotação da PTAX do Banco Central do mesmo dia de vencimento do contrato de soja. Destaca-se que a partir do dia 27/1/2011 o contrato de soja passou a ser um contrato apenas com a liquidação financeira, portanto, sem a possibilidade de entrega física do produto. Um contrato de soja financeiro denominado SFI é composto por 450 sacas de 60 kg ou 27 toneladas métricas.

<sup>5</sup> Dados obtidos diretamente do Imea, em 2011.

<sup>6</sup> Dados obtidos diretamente da Agência Estado, em 2011

## Modelo empírico

Para a estimação da razão ótima de *hedge* (ROH) e da efetividade do *hedge* foram utilizados cinco modelos de mínimos quadrados ordinários (MQO), descritos a seguir:

### Modelo 1

O modelo 1 pode ser representado pela equação 8:

$$S_t = \alpha + \beta F_t + \varepsilon_t \quad (8)$$

em que  $S_t$  representa os retornos do preço físico;  $\alpha$ , o intercepto da equação;  $F_t$ , os retornos dos preços no mercado futuro de soja;  $\beta$ , a razão ótima de *hedge*; e  $\varepsilon_t$ , o termo de erro.

### Modelo 2

O modelo 2 é também chamado de equação de Engle e Granger, que é representada pela equação 9:

$$\Delta S_t = \alpha + \beta \Delta F_t + \varepsilon_t \quad (9)$$

em que  $\Delta S_t$  representa os retornos do preço físico;  $\Delta F_t$ , os retornos dos preços no mercado futuro de soja;  $\beta$ , a razão ótima de *hedge*; e  $\varepsilon_t$ , o termo de erro.

### Modelo 3

O modelo 3, também conhecido como modelo de Myers e Thompson (1989), está representado na equação 10:

$$\Delta S_t = \alpha + \delta \Delta F_t + \sum_{i=1}^p \beta \Delta S_{t-i} + \varepsilon_t \quad (10)$$

em que  $\Delta S_t$  representa os retornos do preço físico;  $\Delta F_t$ , os retornos dos preços no mercado futuro de soja;  $\delta$ , a razão ótima de *hedge*;  $\sum_{i=1}^p \beta \Delta S_{t-i}$ , o preço físico defasado; e  $\varepsilon_t$ , o termo de erro.

### Modelo 4

No modelo 4 é acrescentado o mecanismo de correção de erro ao modelo de Engle e Granger, e está representado pela equação 11:

$$\Delta S_t = \alpha + \beta \Delta F_t + u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

em que  $\Delta S_t$  representa os retornos do preço físico;  $\Delta F_t$ , os retornos dos preços no mercado futuro de soja;  $u_{t-1}$ , a razão ótima de *hedge*; e  $\varepsilon_t$ , os

resíduos defasados gerados pela equação 2; e  $\varepsilon_t$ , o termo de erro.

### Modelo 5

O modelo 5 é um apêndice do modelo de Myers e Thompson, sendo acrescentada a defasagem do preço futuro da soja, e é evidenciado na equação 12:

$$\Delta S_t = \alpha + \delta \Delta F_t + \sum_{i=1}^p \beta \Delta S_{t-i} + \gamma \Delta F_{t-1} + u_t \quad (12)$$

sendo  $\Delta S_t$  o preço à vista na primeira diferença do tempo  $t$ ;  $\delta$  a razão ótima de *hedge*;  $\Delta F_t$  o preço futuro na primeira diferença do tempo  $t$ ;  $\gamma$ , o coeficiente estimado para os preços futuros defasados em um período;  $\Delta S_{t-1}$ , o preço à vista no momento  $t-1$ ;  $\Delta F_{t-1}$  o preço futuro no momento  $t-1$ ; e  $u_t$  o termo de erro.

Para a estimação da ROH é necessário fazer alguns testes com as séries para verificar se é possível fazer tal estimativa. O primeiro deles visa analisar se as séries são estacionárias com o teste para verificar a presença de raiz unitária, pelo método de Dickey-Fuller aumentado.

Para a obtenção final da ROH e da efetividade do *hedge* serão verificados os critérios de Akaike e de Schwarz em cada um dos modelos citados, e será utilizado o que apresentar os menores valores dos critérios. Para a obtenção dos resultados desses testes e da razão ótima de *hedge* foi utilizado o software Eviews versão 7.0.

## Resultados e discussão

Com base nos dados avaliou-se a presença de raiz unitária nas séries com o teste de Dickey-Fuller aumentado. No teste verificou-se que as séries foram estacionárias em primeira diferença, sem tendência e sem intercepto, e foram significativas a 1%, como pode ser visto na Tabela 1.

Após a verificação da estacionariedade das três séries, iniciou-se a aplicação dos cinco modelos com os preços de Sorriso, de Rio Verde e da BM&F. A escolha do modelo apropriado foi avaliada com base nos critérios de informação de Akaike (AIC) e de Schwarz (SC).



**Tabela 1.** Valores do teste de Dickey-Fuller aumentado para as séries de preços.

Estatística do teste de Dickey-Fuller aumentado		BMF	MT	GO
		-8,005088	-6,396577	-6,710198
Valores críticos do teste	Nível de 1%	-3,584743*	-3,584743*	-3,584743*
	Nível de 5%	-2,928142	-2,928142	-2,928142
	Nível de 10%	-2,602225	-2,602225	-2,602225

\* Significativo a 1% de probabilidade.

A Tabela 2 apresenta o resultado obtido nos modelos utilizados, com a ROH e a efetividade ( $R^2$ ), além dos critérios citados acima.

O modelo 1 não obteve resultados satisfatórios, pois as séries apresentaram estacionariedade apenas em primeira diferença, significando que elas são integradas de grau um, e o modelo apresentou uma estimação espúria. Segundo Zilli et al. (2008) o modelo espúrio apresenta elevados coeficientes de determinação, como foi o caso desse modelo. Além disso, o modelo apresentou uma razão ótima de 108,29% e 102,64% para Goiás e Mato Grosso, respectivamente, que contraria a teoria do ROH.

Os demais modelos estão dentro dos padrões estatísticos, e de acordo com a teoria do ROH, a escolha do melhor modelo se dará pelo

modelo que apresentar os menores critérios de AIC e SC.

Seguindo-se esse raciocínio, o modelo 3, de Myers e Thompson (1989), apresentou melhor resultado, por consequência indicando que os produtores de soja de Rio Verde necessitam fazer *hedge* de 53,88% de sua produção no mercado físico na forma de contrato de mercado futuro na BM&Fbovespa. O modelo 5 foi o que melhor adequou-se para os produtores de Sorriso com base nos critérios de Akaike e Schwarz. De acordo com esse modelo os produtores de Sorriso devem fazer *hedge* de 69,44% da produção no mercado físico em contratos no mercado futuro. O modelo 3 mostrou também que o uso do mercado futuro para comercializar a produção reduz 42,47% dos riscos da atividade para

**Tabela 2.** Resultados da aplicação dos modelos.

Equação	GO				MT			
	ROH	$R^2$	AIC	SC	ROH	$R^2$	AIC	SC
Modelo 1	1,0829	0,9438	4,2755	4,3542	1,0264	0,9469	4,2194	4,2981
Modelo 2	0,8606	0,4492	5,0094	5,0889	0,8377	0,5193	4,8731	4,9526
Modelo 3	0,5388 <sup>(1)</sup>	0,4247 <sup>(1)</sup>	4,56458	4,6849	0,6066	0,4671	4,6320	4,7525
Modelo 4	0,8404	0,5595	4,6954	4,8158	0,7665	0,5888	4,6266	4,7471
Modelo 5	0,5473	0,4149	4,6325	4,7947	0,6944 <sup>(1)</sup>	0,5285 <sup>(1)</sup>	4,5540	4,7146

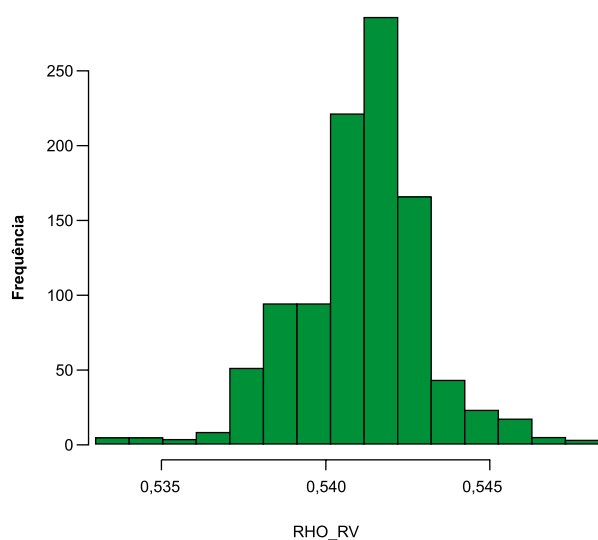
<sup>(1)</sup> Modelos escolhidos pelo menor critério de informação.

os produtores do município em Goiás, e 52,85% para os produtores de Mato Grosso.

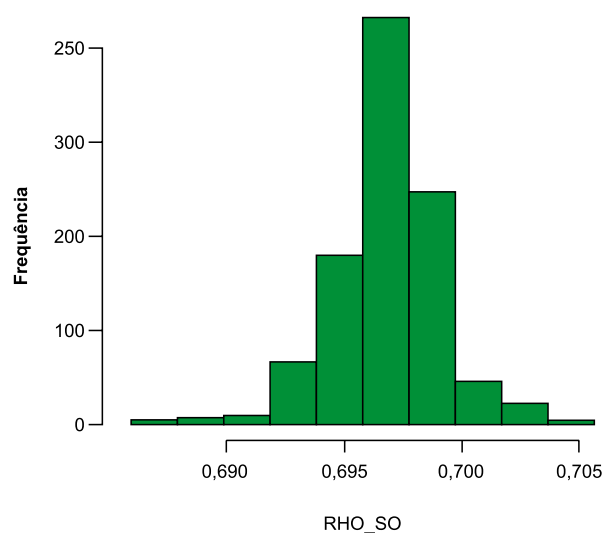
De posse do RHO estimado para as duas cidades, o passo seguinte foi analisar a variabilidade deles dentro de uma simulação com números aleatórios. A ideia da simulação é reamostrar os dados e criar réplicas, com a finalidade de analisar a dispersão dos dados em torno do valor original estimado. Como forma de mensurar o comportamento do RHO em simulação com números aleatórios usaram-se a distribuição normal e a técnica de simulação com números aleatórios retirados na própria amostra, conhecida como *bootstrapping*.

As Figuras 1 e 2 mostram a simulação de *bootstrapping* com a distribuição normal para 1.000 amostras aleatórias. Na Figura 1, que representa Rio Verde, foi considerada a média igual ao RHO = 0,5388 e desvio-padrão de 10% desse valor, ou seja, igual a 0,05388. Já na Figura 2, que representa Sorriso, foi considerada a média igual ao RHO = 0,6944 e desvio-padrão de 10% desse valor, ou seja, igual a 0,06944.

Os resultados da Figura 1 para o município de Rio Verde mostram que das 1.000 repetições



**Figura 1.** *Bootstrapping* para o RHO para o município de Rio Verde, GO.



**Figura 2.** *Bootstrapping* para o RHO para o município de Sorriso, MT.

cerca de 700 repetições se concentraram acima de 54% para o RHO. Já a Figura 2, relativa ao município de Sorriso, mostrou que para 1.000 repetições cerca de 950 repetições se concentraram acima de 69% para o RHO.

Esses resultados evidenciam que, mesmo diante da simulação com números aleatórios, a cidade de Sorriso deve fazer *hedge* de maior parte da produção em comparação com a cidade de Rio Verde.

## Considerações finais

De acordo com os modelos utilizados para a estimação da ROH e efetividade de *hedge*, o modelo 3 se mostrou mais bem adaptado para Rio Verde, e o modelo 5, para Sorriso. A ROH foi de 53,88% e 69,44% para Rio Verde e Sorriso, respectivamente; e a efetividade foi de 42,47% e 52,85%.

Com base nos resultados a utilização da ferramenta de mercado futuro se mostrou uma boa opção para a redução dos riscos relativos à atividade e oscilação de preços. Em virtude de “fatos estilizados” da economia brasileira no pe-



ríodo de análise, o mercado permaneceu instável, diante da crise econômica mundial, mesmo com predominância de efeitos exógenos positivos no mercado internacional de *commodities* ao longo dos anos, principalmente o mercado de soja. Nesse mercado, houve aumento da demanda mundial, sobretudo pelas aquisições da China, o maior consumidor mundial do grão. O produtor de soja de Sorriso está mais exposto ao risco; portanto, ele deve efetuar maior percentual da sua produção do mercado físico em *hedge* no mercado futuro na BM&Fbovespa.

## Referências

- ALVES, A. F.; SERRA, M. H. Análise dos resultados de operações de *hedgin* com contratos futuros de boi gordo da BM&F: 2001 a 2006. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco, AC. [Anais...] Rio Branco: Sober, 2008. 1 CD-ROM.
- ALVES, J. G.; COELHO, A. B.; GONÇALVES, L. V. Efetividade do *hedge* no mercado de café arábica para as praças de Caratinga-MG e São Sebastião do Paraíso-MG. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande, MS. [Anais...] Campo Grande: Sober, 2010. 1 CD-ROM.
- BM&FBOVESPA. Indicadores agropecuários. 2011. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/shared/iframe.aspx?altura=2600&idioma=pt-br&url=www2.bmf.com.br/pages/portal/bmfbovespa/boletim1/indicadoresAgropecuarios1.asp>>. Acesso em: 2 out. 2012.
- EDERINGTON, L. H. The hedging performance of the new futures markets. **Journal of Finance**, New York, v. 34, n. 1, p. 157-170, 1979.
- HULL, J. C. **Fundamentos dos mercados futuros e de opções**. 4. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2005.
- LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja. 2010. (Embrapa Soja. Documentos, 319).
- MYERS, R.; THOMPSON, S. Generalised optimal hedge ratio estimation. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 71, n. 4, p. 858-868, 1989.
- OLIVEIRA NETO, O. J. de; FIGUEIREDO, R. S. Efetividade das operações de *hedge* do boi gordo no mercado futuro da BM&F para o Estado de Goiás. **Revista Conjuntura Econômica Goiana**, Goiânia, n. 12, p. 73-85, 2009.
- OLIVEIRA NETO, O. J. de; FIGUEIREDO, R. S.; MACHADO, A. G. Efetividade de *hedge* e razão ótima de *hedge* para cultura do milho no Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 115-138, 2009.
- RODRIGUES, M. A.; ALVES, A. F. Efetividade e razão ótima de *hedge*: um survey. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande, MS. [Anais...] Campo Grande: Sober, 2010.
- SANTOS, M. P. dos; BOTELHO FILHO, F. B.; ROCHA, C. H. *Hedge* de mínima variância na BM&F para soja em grãos no Centro-Oeste. **Sociedade e Desenvolvimento Rural**, Brasília, DF, v. 2, n. 1, p. 203-212, 2008.
- TONIN, J. M.; ALVES, A. F. Efetividade e razão ótima de *hedge* dos contratos futuros de milho para a região de Maringá. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sober, 2005. 1 CD-ROM.
- ZILLI, J. B.; SILVA, A. F.; CAMPOS, S. K.; COSTA, J. S. Razão Ótima de *Hedge* para os contratos futuros de boi gordo: uma análise do mecanismo de correção de erros. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Sober: Rio Branco, 2008.