

LIQUIDAÇÃO FINANCEIRA: IMPACTO NO RISCO DE BASE DO CONTRATO FUTURO DE BOI GORDO

Thereza Christina Pippa Rochelle¹
Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho²

RESUMO - A liquidação financeira para o contrato futuro de boi gordo, da Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F), foi introduzida em dezembro de 1994, para o vencimento agosto de 1995. Esperava-se com essa mudança melhorar as condições para realização do *hedging* e, dessa forma, incentivar a participação dos agentes neste mercado. Este estudo analisou o impacto da liquidação financeira no risco de base do contrato futuro de boi gordo, da BM&F. Para isso, foram considerados animais machos e fêmeas de nove regiões. O risco de base foi representado pela sua variância, que foi testada pela estatística Levene modificada, para verificar se os valores, antes e depois da introdução da liquidação financeira, foram significativamente diferentes. Um modelo de regressão foi estimado para isolar o impacto da mudança na forma de liquidação e verificar se o risco de base difere entre regiões e entre sexos. Os resultados indicaram que o risco de base foi reduzido, após a introdução da liquidação financeira, em machos e fêmeas, em todas as regiões. Mediante resultados do modelo de regressão, pôde-se concluir que o risco de base é menor para machos, em relação às fêmeas, e que, para as regiões que compõem o cálculo do Indicador de Preço Disponível do Boi Gordo ESALQ/BM&F, o risco de base foi menor do que para as demais regiões, tendo essa diferença sido significativa apenas em alguns casos.

Termos para indexação: *hedging*, mercado futuro.

¹ Engenheiro-Agrônomo e Mestre em Ciências (área de concentração Economia Aplicada), pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

² Professor Doutor do Departamento de Economia e Sociologia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

CASH SETTLEMENT: IMPACTS ON BASIS RISK FOR FED CATTLE FUTURES CONTRACTS

ABSTRACT - *Cash settlement for the Commodity and Futures Exchange (BM&F) fed cattle futures contract was introduced in December 1994, for the August 1995 contract delivery month. It was expected the settlement procedures change to improve hedging performance and encourage agents to participate in the market. This study analyzed cash settlement impacts on the BM&F fed cattle futures contract basis risk. For this, male and female animals in 9 different regions were considered. Basis risk was represented by basis variance which was tested through the Levene modified statistic to check if the values pre and post cash settlement introduction are statistically different. A regression model was estimated to isolate cash settlement impacts and verify if basis risk differs across markets and between sex. The results indicated that basis risk had been reduced for male and female animals, for all concerned regions. Through the regression model results it was possible to conclude that basis risk is lower for male than female animals and that for the regions included in the Indicador de Preço Disponível do Boi Gordo ESALQ/BM&F basis risk was lower than for the others, but these differences showed statistically significant only in some cases.*

Index terms: hedging, future market.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o mercado futuro de *commodities* agropecuárias é operado na Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F), onde, por meio de pregões públicos, são negociados os contratos futuros. A negociação do boi gordo em mercados futuros ocorre desde 1980, época em que os contratos eram negociados na Bolsa de Mercadorias de São Paulo, hoje fundida à BM&F. Operam, no mercado futuro de boi gordo, pecuaristas, frigoríficos, especuladores e agentes financeiros.

Em 1986, quando entrou em vigência o Plano Cruzado, as operações com contratos futuros de boi gordo foram encerradas por imposição governamental. Nos anos seguintes, tentou-se reativar o mercado, que

só voltou a operar em 1991. Essa versão do contrato futuro estabelecia obrigatoriedade da liquidação por entrega física no vencimento. Apesar de menos de 2% dos contratos negociados resultarem na entrega física dos animais, ao longo dos últimos anos foram realizados aperfeiçoamentos no contrato futuro de boi gordo, de forma a superar as dificuldades causadas por essa forma de liquidação. Entre as modificações, talvez a mais importante tenha sido a introdução da liquidação financeira³ para esse contrato, em dezembro de 1994, tendo ocorrido a primeira liquidação financeira efetiva, para o contrato futuro com vencimento, em agosto de 1995. Os contratos passaram a ser liquidados pela média dos cinco últimos Indicadores de Preço Disponível do Boi Gordo, ESALQ/BM&F (IBG), havendo entrega física somente em casos especiais, quando for o desejo de ambas as partes, compradores e vendedores.

Alguns dos problemas apresentados pela liquidação física dos contratos futuros de boi gordo eram: 1) dificuldades em padronizar os lotes, de acordo com as especificações do contrato, os quais resultaram em atritos entre compradores e vendedores, relacionados com qualidade dos animais; 2) elevados custos de entrega e de recebimento do produto; 3) na liquidação por entrega física obrigatória, o agente que não conseguisse sair do mercado, até a data de vencimento do contrato, poderia ter que entregar ou receber os lotes de animais, o que acabava afastando especuladores e agentes institucionais e reduzindo a liquidez do mercado futuro de boi gordo; 4) possibilidade de *squeezes*⁴; e 5) elevado risco de base⁵.

Os problemas e os custos gerados pelo mecanismo de entrega física dos animais dificultam o arbitramento de preços nos mercados a vista e fu-

³ Na liquidação financeira não há negociação física da mercadoria. O contrato futuro é liquidado por inversão das posições na data de vencimento, por meio de um índice que representa os preços no mercado a vista.

⁴ *Squeeze* é uma situação em que o agente, com posição vendida em mercados futuros, não pode sair do mercado ou encontrar a *commodity* para entregar, exceto por um preço substancialmente maior do que o valor relativo desse contrato ou desta *commodity* no mercado.

⁵ A base é definida como a diferença entre os preços a vista e futuros, e seu risco se deve à incerteza associada ao valor desta, quando o *hedging* é finalizado.

turos, prejudicando sua convergência. Essa situação eleva o risco de base e desestimula os agentes a integrarem o mercado⁶. A este respeito, FRICK (1995) observa que “custos operacionais (taxas de corretagem) diferenciados entre mercados, bem como procedimentos de comercialização não coincidentes (exigência de deslocamento do produto, etc.), levam a dificuldades nas possibilidades de arbitrar os mercados, para forçar a convergência de preços e isso acaba por ampliar o risco de base”(p. 8).

A BM&F adotou a liquidação financeira para o contrato futuro de boi gordo, como forma de eliminar os problemas e custos causados pela entrega física. Dessa forma, o risco de base poderia ser reduzido, melhorando a performance do *hedging* e tornando o contrato mais útil para os agentes, podendo, assim, incentivar sua participação no mercado. Contudo, não é possível supor, preliminarmente, que a liquidação financeira reduza o risco de base, pois isso só ocorrerá se o índice utilizado para liquidar o contrato futuro representar, corretamente, os preços praticados no mercado a vista.

Este estudo objetiva analisar o impacto da introdução da liquidação financeira no risco de base do contrato futuro cambial de boi gordo, da BM&F. Dessa forma, poder-se-á identificar se a alteração, na forma de liquidação, propiciou melhoria nas condições para realização do *hedging*, via redução do risco de base. Com essa finalidade, nove regiões foram consideradas no estudo, a saber: Araçatuba, Bauru/Marília, Barretos/São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Três Lagoas, Triângulo Mineiro, Campo Grande, Goiânia e Norte do Paraná. Neste estudo, o risco de base, que caracteriza o risco do *hedging*, será representado pela variância da base, e estes termos serão usados como sinônimos, a partir desta seção.

CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

LEUTHOLD, JUNKUS & CORDIER (1989) definem base como a diferença

⁶ Este assunto será abordado na próxima seção.

entre o preço a vista, em um local específico, e o preço de um contrato futuro, em particular. Para *commodities* estocáveis, quando a diferença entre os preços a vista e futuros, no período que precede o vencimento do contrato, é maior do que o custo de carregamento⁷, existem oportunidades para obtenção de lucro no mercado, por meio das operações de arbitragem. Se o preço a vista da mercadoria estiver menor do que seu preço futuro, um arbitrador compra o produto no mercado físico, toma posição vendida em futuros, e liquida seu contrato pela entrega. Essas transações elevam o preço a vista e reduzem os preços futuros, promovendo a convergência entre eles. O oposto ocorre se o preço a vista estiver maior do que o preço futuro, próximo à data de liquidação do contrato.

No caso das *commodities* não-estocáveis, o arbitramento dos mercados não é tão simples. Considerando-se animais vivos, surgem dificuldades adicionais para padronizar os lotes no mercado físico, uma vez que estes não são perfeitamente homogêneos. Por essa razão, não é possível supor que as operações de arbitragem sempre irão corrigir os *spreads* de preços desalinhados para futuros de animais vivos, especialmente pequenas imperfeições de curto prazo (RICH, 1990).

Considerando-se que a base seja uma série de valores ordenados no tempo, seu comportamento deve ser examinado em termos de um componente sistemático e outro aleatório. O primeiro, representado pela convergência dos preços a vista e futuros⁸, pode ser previsto e utilizado pelos agentes do mercado em suas estratégias e, portanto, não deve ser encarado como risco. Porém, o componente aleatório de variação da diferença entre os preços a vista e futuros representa o risco de base dos contratos futuros (GARCIA et al., 1984). O risco de base pode surgir em razão de fatores, como tempo, localização e qualidade. O tempo refere-se ao fluxo de informações sobre as condições de oferta e demanda, que se tornam disponíveis durante o período de duração do *hedging*

⁷ O custo de carregamento mede o custo de armazenagem mais o juro pago para financiar o ativo, menos o rendimento obtido com o mesmo (HULL, 1996).

⁸ Se existirem padrões sazonais de variação do preço a vista, este pode estar refletido no componente sistemático de variação da base (GARCIA et al., 1984).

e exercem impacto sobre os preços a vista e futuros. A localização diz respeito à diferença entre o preço da commodity em mercados regionais e o preço praticado na Bolsa, refletindo diferentes condições de oferta e demanda nos mercados regionais e no mercado nacional, respectivamente. Além disso, a qualidade da mercadoria *hedgeada* pode ser diferente daquela especificada no contrato, o que pode elevar o risco de base em razão do risco adicional que surge da diferença de preço entre esses ativos. O risco de base pode surgir ainda em virtude do tempo e da localização, simultaneamente, porque o impacto das informações, que se tornam disponíveis ao longo do período de duração do *hedging*, pode exercer impacto nos mercados regionais (afetando o preço a vista) e no mercado nacional (afetando o preço futuro), de forma diferente.

GARCIA et al. (1984) afirmam que os movimentos imprevisíveis da base reduzem a capacidade dos mercados futuros de transferir risco dos *hedgers* para os especuladores e podem resultar em menor receita para esses agentes. Sendo o risco do *hedging* caracterizado pelo risco de base, quanto maior a oscilação da base, menor a utilidade dos mercados futuros como instrumento de transferência de risco.

Adicionalmente, os obstáculos à convergência dos preços a vista e futuros, como custos e problemas relativos à entrega da mercadoria, elevam o risco de base, porque alteram seu comportamento esperado durante o mês de vencimento do contrato. De acordo com GARBADE & SILBER (1983), os dois principais problemas relacionados com a liquidação física são os elevados custos de entrega e os movimentos antecipados de oferta e demanda em mercados locais, causados pelos especuladores que não conseguiram sair do mercado até a data de vencimento do contrato⁹.

A liquidação financeira apresenta-se como uma alternativa à liquidação física, que elimina os fatores que prejudicam a convergência dos preços a vista e futuros. Os custos e os problemas relacionados com entrega da mercadoria, os atritos causados pela entrega e recebimento do produ-

⁹ Para maiores detalhes sobre esta relação, consultar ROCHELLE (1997).

to, os movimentos antecipados de oferta e demanda pela *commodity*, objeto do contrato, próximo à data de vencimento, são eliminados, pois não há negociação do produto no mercado físico. Na liquidação financeira, o contrato é ajustado por um índice que representa o preço da *commodity* no mercado a vista, no último dia de negociações, e as posições são declaradas encerradas.

Assim, espera-se que a adoção da liquidação financeira proporcione redução no risco de base, via eliminação dos fatores que prejudicam a convergência de preços e aumentam os movimentos imprevisíveis da base, melhorando a performance do *hedging* e incentivando a utilização dos contratos pelos agentes do mercado.

Apesar de a liquidação financeira eliminar os problemas relacionados com a entrega física, a principal dificuldade para adotá-la é a determinação de um índice que represente, apropriadamente, os preços no mercado a vista. Se o índice para liquidar os contratos é um bom indicador dos preços no mercado a vista, a liquidação financeira pode reduzir o risco de base, caso contrário, isto pode não ocorrer.

JONES (1982), GARBADE & SILBER (1983) e Paul¹⁰, citados por HSIANG & LIEN (1996), afirmam que, quando o contrato futuro é liquidado por um índice que representa uma média de preços (liquidação financeira), a base torna-se mais previsível do que quando é utilizado o preço do produto em determinado local (liquidação física), e isto pode reduzir o risco de base e melhorar a performance do *hedging*.

REVISÃO DE LITERATURA

A Chicago Mercantile Exchange (CME) introduziu a liquidação financeira, para o contrato futuro de boi magro em 1986. Desde então, diversos estudos têm sido conduzidos para verificar o impacto desta na variabilidade da base. ELAM (1988) analisou se o risco do *hedging* se-

¹⁰ PAUL, A.B. The role of cash settlement in futures contracts specification. **Futures markets: regulatory issues**. Washington, D.C.: American Enterprise Institute for Public Policy Research, 1985. pp. 271-325.

ria reduzido pela introdução da liquidação financeira, em comparação com a entrega física. Foram considerados animais machos e fêmeas, e o período de análise foi 1977 a 1986. Portanto, como não havia dados disponíveis para o período posterior à mudança na forma de liquidação, o autor teve que utilizar uma série de preços no mercado a vista, para simular os preços futuros sob liquidação financeira. Essa série foi a do *United States Feeder and Steer Price* (USFSP), que era o índice de preços a vista, utilizado para liquidar o contrato futuro de boi magro da CME, até 1993. Foi desenvolvida uma expressão para medir o risco do *hedging*, baseada em uma amostra de preços a vista e futuros.

Os resultados obtidos pelo autor indicaram que o risco do *hedging* estimado, simulando-se liquidação financeira, foi menor quando comparado com a entrega física, para machos e fêmeas. Contudo, esses resultados somente se mantêm válidos se a relação entre os preços utilizados para simular a liquidação financeira e os preços futuros for a mesma, depois da sua introdução. Além disso, a CME introduziu outras modificações, juntamente com a alteração na forma de liquidação, que podem ter afetado os níveis médios da base e o seu padrão de comportamento. A utilização de dados simulados não capta esses efeitos.

SCHROEDER & MINTERT (1988) compararam o risco do *hedging* para a liquidação física e para a financeira, utilizando-se o método proposto por ELAM (1988). Foram considerados animais machos e fêmeas, e a expressão, para medir o risco do *hedging*, foi calculada pelos preços futuros sob entrega física e, posteriormente, pela série histórica de preços, do USFSP. A comparação dos resultados obtidos levou à conclusão de que o risco do *hedging* sob liquidação financeira, utilizando o USFSP para representar os preços futuros, foi, geralmente, menor do que para a entrega física. A partir desses resultados, os autores concluíram que a adoção da liquidação financeira levaria, geralmente, a uma redução no risco do *hedging*, e esta poderia levar à maior utilização do contrato futuro de boi magro da CME.

Da mesma forma que no trabalho de ELAM (1988), os dados utilizados no trabalho de SCHROEDER & MINTERT (1988) simulam os preços futuros sob liquidação financeira, e os resultados mantêm-se válidos somente se a relação entre o USFSP e estes preços mantiver-se a mesma depois da sua introdução. Além disso, esses resultados não

refletem as mudanças nas demais especificações do contrato, introduzidas, concomitantemente, à mudança na forma de liquidação. Com o passar do tempo, dados do período posterior à introdução da liquidação financeira tornaram-se disponíveis e RICH (1990) desenvolveu modelos empíricos para identificar e explicar a variação da base antes e depois da introdução da liquidação financeira, para o contrato futuro de boi magro, da CME. O autor realizou o cálculo da variância mensal, semanal e diária da base, antes e depois da introdução da liquidação financeira, a fim de detectar a sensibilidade na mudança estrutural no comportamento da base. Adicionalmente, uma regressão de mínimos quadrados ordinários foi estimada para isolar a influência da liquidação financeira na variabilidade da base de outras variáveis explanatórias. O período de análise compreendeu dois anos antes e dois anos depois da introdução da liquidação financeira, para o contrato futuro de boi magro, da CME. Consideraram-se no estudo, animais machos e fêmeas, e 27 mercados foram analisados. Foram realizados testes para a igualdade de variâncias da base, nos períodos anterior e posterior à mudança na forma de liquidação, para diferentes formas de cálculo da base (mensal, semanal e diária).

Os resultados da variabilidade mensal da base indicaram que o risco do *hedging* foi reduzido em 89% dos casos. Os testes para variabilidade semanal da base, na semana de vencimento do contrato futuro, mostraram que a variância da base foi reduzida em 44 dos 53 pares de variâncias testados. Adicionalmente, RICH (1990) analisou o volume negociado para verificar a suposição intuitiva de que, com a redução do risco do *hedging*, após introdução da liquidação financeira, o volume transacionado aumentaria. Os resultados mostraram um aumento de 65% no volume negociado, de 1986 para 1988, e o autor concluiu que esse aumento sustenta o argumento de que a liquidação financeira parece ter reduzido o risco do *hedging*.

Para verificar a variabilidade da base em mercados específicos, foi estimado um modelo de regressão para a variabilidade da base na semana, que incluía a data de vencimento do contrato, para cada um dos seis mercados selecionados. A variabilidade da base foi estimada em função de uma variável binária para liquidação financeira, da média mensal dos preços à vista na semana de vencimento do contrato, da média do

número de contratos em aberto no mês de vencimento e de variáveis binárias para representar os meses de vencimento.

Os resultados da regressão da variabilidade da base, na semana que incluía a data de vencimento, indicaram que o risco de base foi menor para contratos sob liquidação financeira. A sazonalidade foi detectada e o sinal para o volume de contratos em aberto foi positivo, ao contrário do esperado. Esperava-se que o sinal da variável volume de contratos em aberto fosse negativo, pois, quando este diminui, espera-se que os preços futuros sejam mais voláteis. A média mensal dos preços a vista também apresentou sinal contrário ao esperado; geralmente, negativo e significativo em 30% dos casos.

KENYON et al. (1991) também analisaram o impacto da introdução da liquidação financeira na variabilidade da base para o contrato futuro de boi magro, da CME. Foi calculada a variância da base para os períodos anterior e posterior à mudança na forma de liquidação, e foi realizado um teste de hipóteses para a igualdade de variâncias, para verificar se a introdução da liquidação financeira afetou o risco de base. Os resultados indicaram que o desvio-padrão da base foi 3 a 14% menor, depois da introdução da liquidação financeira, não sendo esta diferença significativa.

Na análise de KENYON et al. (1991), como na de RICH (1990), foram utilizados dados pré e pós introdução da liquidação financeira. KENYON et al. (1991) afirmaram que a adoção da liquidação financeira promoveu mudanças na relação dos preços a vista e futuros. Portanto, assumir que esses preços sejam iguais (como nas simulações) não seria adequado, exceto nos últimos dias de negociações dos contratos. Contudo, em sua análise, KENYON et al. (1991) não separam o efeito da liquidação financeira do efeito das demais alterações efetuadas no contrato, simultaneamente.

RICH & LEUTHOLD (1993), incluindo um número maior de mercados na amostra, analisaram como a questão da liquidação financeira influenciou as condições para realização do *hedging*, mediante do contrato futuro de boi magro, da CME, em mercados individuais e na atividade como um todo. O estudo analisou o comportamento da base e o risco do *hedging*, para 27 mercados, nos períodos pré e pós introdução da liquidação financeira (abril de 1983 a agosto de 1986 e setembro de

1986 a novembro de 1989, respectivamente). Os meses de vencimento dos contratos foram janeiro, março, abril, maio, agosto, setembro, outubro e novembro.

A base foi calculada pela diferença entre a média dos preços a vista e a média dos preços futuros, na semana que incluía a data de vencimento do contrato¹¹. Os autores testaram a hipótese nula de que as variâncias da base, antes e depois da introdução da liquidação financeira, seriam iguais, contra a hipótese alternativa de que a variância da base posterior seria menor do que a da base anterior. Foram testados 52 pares de variâncias, pela estatística F. Uma amostra dos dados da base na semana de vencimento do contrato, contendo dez dos maiores mercados, foi testada para verificar a suposição da normalidade da distribuição dos dados; como esta se mostrou questionável, utilizaram-se o teste Levene modificado e outros testes não-paramétricos, para testar a igualdade de variâncias.¹²

Os resultados indicaram que somente 13, dos 52 pares de variâncias testados pela estatística F, apresentaram a variância da base significativamente menor, após a introdução da liquidação financeira. Os mesmos dados, utilizando-se o teste de Levene modificado e os testes não-paramétricos, revelaram que os resultados são sensíveis à suposição da normalidade, mas são amplamente consistentes com a conclusão de que a liquidação financeira tenha efeitos mistos na variabilidade da base, em mercados individuais, e efeitos favoráveis, em termos gerais.

Um modelo de regressão foi utilizado para isolar o impacto da liquidação financeira no risco de base e para obter uma noção maior do risco do *hedging*, quanto à localização e quanto ao sexo. O risco do *hedging* (caracterizado pelo risco de base) foi representado pelo desvio-padrão

¹¹ A base foi calculada somente na semana que incluía a data de vencimento dos contratos, porque, nesta semana, espera-se que os preços a vista e futuros já tenham convergido e que as variações da base devam-se apenas ao componente aleatório, que representa o risco. Para maiores detalhes, consultar ROCHELLE (1997).

¹² Estes testes são apropriados quando a suposição da normalidade é questionável (RICH & LEUTHOLD, 1993).

da base na amostra. O modelo utilizado foi estimado pelo método dos mínimos quadrados ordinários, e os dados para as variáveis dependentes foram logaritimizados. Foram utilizadas variáveis binárias para representar sexo, liquidação financeira e localização.

O modelo de regressão, com dados semanais, sugeriu que houve redução na variabilidade da base, depois da mudança na forma de liquidação, pois o coeficiente encontrado para essa variável foi negativo. Em termos percentuais, entretanto, essa redução foi modesta. Os resultados dos mercados individuais foram ambíguos, mas as conclusões gerais não foram completamente negativas. Embora não estatisticamente ligado à introdução da liquidação financeira, constatou-se que o risco de base na maturidade do contrato diminuiu, sensivelmente, na maioria dos mercados individuais.

MÉTODOS

O método adotado, para analisar o impacto da introdução da liquidação financeira no risco de base do contrato futuro de boi gordo da BM&F, foi proposto por RICH & LEUTHOLD (1993), em razão de sua adequação aos objetivos deste estudo. Nesse método de análise, os autores utilizaram dados dos períodos anterior e posterior à introdução da liquidação financeira, isolaram e quantificaram os efeitos da liquidação financeira sobre o risco de base, e adotaram testes para igualdade de variâncias, apropriados para suposição questionável da normalidade. Os demais métodos, expostos na revisão de literatura, apresentam as seguintes limitações : a) ELAM (1988) propôs um método de análise para trabalhar com dados simulados; b) RICH (1999) não questionou a suposição da normalidade da distribuição das observações da base para realizar os testes de variância; e c) KENYON et al. (1991) não isolaram o impacto da introdução da liquidação financeira de outras modificações introduzidas no contrato, simultaneamente.

Os preços futuros utilizados foram os do contrato futuro cambial do boi gordo, da BM&F. Foram utilizados os preços a vista, do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz" (CEPEA/FEALQ), para bois e vacas, referentes

às regiões de Araçatuba, Bauru/Marília, Barretos/São José do Rio Preto, Presidente Prudente¹³, Três Lagoas, Triângulo Mineiro, Campo Grande, Goiânia e Norte do Paraná. Entretanto, os preços a vista, por região, só começaram a ser coletados em 1994, quando o CEPEA/FEALQ iniciou o cálculo do IBG. Uma vez que esses preços a vista só estão disponíveis a partir de 1994, o período considerado antes da introdução da liquidação financeira, foi outubro de 1994 a julho de 1995, e, depois da introdução da liquidação financeira, foi agosto de 1995 a fevereiro de 1997.

Assim, os contratos considerados neste estudo, para o período anterior à introdução da liquidação financeira, somam quatro (outubro/94, dezembro/94, março/95 e maio/95), e, para o período posterior, somam doze (agosto/95, outubro/95, dezembro/95, fevereiro/96, abril/96, junho/96, agosto/96, setembro/96, outubro/96, novembro/96, dezembro/96 e fevereiro/97).

A base deste estudo foi calculada como o preço a vista em cada região menos o preço futuro, somente na semana que incluiu a data de vencimento do contrato. A base foi calculada de acordo com a fórmula (1), em que o preço a vista foi representado pela média dos preços a vista, na semana de vencimento do contrato, e o preço futuro, pela média dos preços futuros, nesta mesma semana. Na semana de vencimento do contrato futuro, espera-se que a convergência entre os preços a vista e futuros (que compõem a porção previsível de variação da base) já tenha ocorrido, e toda variação da base deva-se ao seu componente aleatório. Assim, as variações aleatórias da base na semana de vencimento, caracterizam seu risco, que pode ser expresso pela sua variância nessa mesma semana.

$$B = C - F, \quad (1)$$

¹³ Estas quatro regiões do estado de São Paulo são utilizadas para o cálculo do Indicador de Preço Disponível do Boi Gordo (IBG). No levantamento de preços feito pelo CEPEA/FEALQ, considera-se Bauru/Marília como uma mesma região, bem como Barretos/São José do Rio Preto.

em que

B = base na semana de vencimento do contrato;

C = preço a vista (média semanal dos preços a vista na semana de vencimento do contrato considerado);

F = preço futuro (média semanal dos preços futuros, na semana de vencimento do contrato).

Calculou-se a base para machos e fêmeas, para as quatro regiões do Estado de São Paulo que compõem o cálculo do Indicador de Preço do Boi Gordo ESALQ/BM&F (IBG), que são Araçatuba, Bauru/Marília, Barretos/ São José do Rio Preto e Presidente Prudente, e também para cinco regiões para as quais os preços a vista diários da arroba do boi gordo estão disponíveis, a saber: Três Lagoas, Triângulo Mineiro, Campo Grande, Goiânia e Norte do Paraná. Dessa forma, foi possível verificar o impacto da liquidação financeira nas regiões que compõem o cálculo do IBG e também naquelas que não entram neste cálculo. Assim, a base na semana de vencimento de cada contrato foi calculada para nove regiões diferentes, para machos e fêmeas.

A variância, para cada região e para cada sexo, foi calculada com quatro observações da base e 12 observações da base, antes e depois da mudança na forma de liquidação, respectivamente. Portanto, obteve-se a variância para o período anterior e posterior a esta, para cada região e para cada sexo. Para verificar se esta foi afetada pela introdução da liquidação financeira, as seguintes hipóteses foram testadas:

$$H_0: \sigma_{antes}^2 = \sigma_{depois}^2 \quad (2)$$

$$H_a: \sigma_{antes}^2 \neq \sigma_{depois}^2$$

em que

σ_{antes}^2 = variância da base na semana de vencimento dos contratos referentes ao período anterior à introdução da liquidação financeira;

σ_{depois}^2 = variância da base na semana de vencimento dos contratos re-

ferentes ao período posterior à introdução da liquidação financeira. Essas hipóteses foram testadas para 18 pares de variâncias (dois pares referentes a cada mercado; um para machos e outro para fêmeas), por meio da estatística de Levene modificada. Utilizou-se essa estatística porque as amostras da base na semana de vencimento dos contratos são pequenas, e a suposição da normalidade da distribuição das observações é questionável.

O teste de Levene modificado, utilizado neste estudo, não é o mesmo utilizado por RICH & LEUTHOLD (1993). Como os dados disponíveis para este estudo são escassos, e as amostras da base na semana de vencimento, para os períodos anterior e posterior à introdução da liquidação financeira, são pequenas e de tamanhos diferentes, BROWN & FORSYTHE (1974), CONOVER et al. (1981) e O'Brien & Tobias¹⁴ recomendam a estatística de Levene modificada, que utiliza a mediana da amostra para o cálculo dos resíduos no teste¹⁵.

Juntamente com a mudança na forma de liquidação, o contrato futuro de boi gordo sofreu alterações quanto aos meses de vencimento e quanto à data do vencimento do contrato e último dia de negociações, que, anteriormente, era o décimo quinto dia útil do mês de vencimento e passou a ser o último dia útil do mês de vencimento, e cada ponto passou a ser equivalente à taxa de câmbio média entre as operações de venda de dólares americanos e não mais da média das operações de compra e venda.

Para isolar apenas o impacto da mudança na forma de liquidação no risco de base e verificar como este difere para cada região e para cada sexo, foi estimado um modelo de regressão. O risco de base foi representado pelo seu desvio padrão, calculado a partir das variâncias utilizadas nos testes descritos acima.¹⁶ Assim, uma vez que há 18 pares de

¹⁴ O'BRIEN, R.G.; TOBIAS, R.D. Improvements and Generalizations in modeling heterogeneity of variance effects. Cary: Sas Institute, 1997. <http://www.sas.com/rnd/app/stat/stanton.html>.

¹⁵ Para maiores detalhes da estatística de Levene modificada ver BROWN & FORSYTHE (1974).

¹⁶ Foi utilizado o desvio-padrão em vez da variância porque a variância oferece o inconveniente das unidades de medida ficarem elevadas ao quadrado.

variâncias (um par para machos e outro para fêmeas, para cada região), e cada par se refere à variância dos períodos anterior e posterior à introdução da liquidação financeira, o modelo de regressão foi estimado a partir de 36 observações do desvio-padrão da base na semana de vencimento.

O modelo de regressão foi estimado pelo método dos mínimos quadrados ordinários, no qual o logaritmo do desvio-padrão da base¹⁷, na semana de vencimento do contrato, foi expresso em função de variáveis binárias, para isolar o efeito da liquidação financeira sobre o risco de base e também verificar como esse risco difere para animais machos e fêmeas e para as diferentes regiões consideradas. O modelo utilizado é descrito a seguir:

$$\text{Log}\left(s_{base\ hi\ j}\right) = \beta_1 LF_h + \beta_2 \text{Sexo}_i + \sum_{j=1}^9 \delta_j L_j + u_{hi\ j}, \quad (3)$$

em que

$\text{Log}\left(s_{base\ hi\ j}\right)$ = logaritmo do desvio-padrão da base na semana de vencimento do contrato; o índice h identifica se o desvio-padrão se refere ao período anterior ou posterior à introdução da liquidação financeira; o índice i identifica o desvio-padrão para machos; e fêmeas e o índice j identifica a região;

LF_h = variável binária para representar a introdução da liquidação financeira, que assume valor 0 quando h refere-se ao desvio-padrão da base do período anterior, e valor 1, quando h se refere ao desvio-padrão da base do período posterior a ela;

Sexo_i = variável binária para representar o sexo do animal, que assume valor 0, quando i se refere ao desvio-padrão da base para fêmeas e valor 1 quando i refere-se ao desvio-padrão da base para machos;

¹⁷ O desvio padrão da base foi logaritmizado para estabilizar a variância da série e permitir a estimação da regressão pelo método dos mínimos quadrados ordinários.

L_j = variável binária para localização, que assume valor 1 para a região j , a qual se refere o desvio-padrão da base, e valor 0, para as demais regiões. O índice j , que indica a região, varia de 1 a 9, e tem-se L_1 = Araçatuba, L_2 = Bauru/Marília, L_3 = Barretos/São José do Rio Preto, L_4 = Presidente Prudente, L_5 = Três Lagoas, L_6 = Triângulo Mineiro, L_7 = Campo Grande, L_8 = Goiânia e L_9 = Norte do Paraná; $u_{hi j}$ = erro de estimação do modelo.

O modelo de regressão proposto consiste de nove variáveis binárias que representam cada uma das nove regiões consideradas no estudo. Optou-se por não adotar o intercepto no modelo, uma vez que o objetivo não é comparar uma região com as demais, mas compará-las duas a duas. A definição do modelo sem intercepto facilita a comparação entre os coeficientes das variáveis binárias da regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra os pares de variâncias testados pela estatística de Levene modificada, e os resultados foram obtidos nos testes, para machos e fêmeas, nas regiões consideradas no estudo. Observando-se as variâncias da base, antes e depois da mudança na forma de liquidação, nota-se grande redução na magnitude dos valores, do primeiro para o segundo período. Por meio dos resultados dos testes de Levene modificado, nota-se que a hipótese nula foi rejeitada em todos os casos, indicando que a introdução da liquidação financeira reduziu o risco de base para machos e fêmeas, para todas as regiões consideradas no estudo. Todos os testes foram altamente significativos, embora o tamanho das amostras seja pequeno e diferente para os dois períodos.

TABELA 1

Variância da base na semana de vencimento do contrato, para machos e fêmeas, nos períodos anterior e posterior à introdução da liquidação financeira, e resultados dos testes de Levene modificado, para machos e fêmeas em cada região

Regiões	Machos			Fêmeas		
	s ² antes	s ² depois	Valores de F	s ² antes	s ² depois	Valores de F
Araçatuba	3,3392	0,1078	11,8983 *	6,1832	0,5266	19,5220 *
Bauru/Marília	3,4443	0,1136	15,3767 *	7,3362	0,3188	23,5388 *
Barretos/SJRP ¹⁸	4,1898	0,1097	9,2140 *	6,0368	0,4703	7,0729 **
Presidente Prudente	4,1222	0,1425	20,6493 *	8,3625	0,4544	17,7439 *
Três Lagoas	4,6912	0,1936	29,8167 *	7,5706	0,7270	17,3880 *
Triângulo Mineiro	3,5405	0,2698	7,2595 **	6,6885	0,6032	8,7214 *
Campo Grande	8,0648	0,3449	30,1172 *	10,5909	0,6319	28,2197 *
Goiânia	3,6431	0,2981	19,4816 *	8,5635	0,4835	25,9485 *
Norte do Paraná	4,1401	0,3438	19,8484 *	5,4133	0,5487	9,7902 *

* valor de F significativo a 1%.

** valor de F significativo a 2%.

Dois motivos podem ter levado à redução do risco de base dos contratos futuros de boi gordo, da BM&F. O primeiro é a eliminação dos custos e os problemas relacionados com entrega física, fatores esses que prejudicavam os movimentos de convergência de preços e, portanto, levavam à maior variação do componente aleatório da base. Com a eliminação dos problemas referentes à entrega física, houve redução na variação deste componente, ou seja, redução no risco de base. O se-

¹⁸ A sigla SJRP refere-se à região de São José do Rio Preto.

gundo motivo, que pode explicar a redução do risco de base, é a utilização de um índice que representa uma média dos preços no mercado a vista, para liquidar os contratos e não mais a entrega física da mercadoria no vencimento. Nesse contexto, os agentes, com posições comprada ou vendida em futuros, não temem arcar com os custos e as responsabilidades de entregar ou receber a mercadoria nesta data. Assim, próximo ao encerramento das negociações, estes não estão mais sujeitos a pagar um valor maior para inverter suas posições e sair do mercado futuro, ou para adquirir a *commodity* no mercado a vista para entregar no vencimento (*squeezes*). Conseqüentemente, espera-se que, eliminado-se este problema, as oscilações de preço diminuam, reduzindo o risco de base.

Uma vez que, após a introdução da liquidação financeira, o risco de base foi reduzido para todas as regiões consideradas e também para machos e fêmeas, pode-se concluir que o IBG, utilizado para liquidar os contratos financeiramente, esteja refletindo, adequadamente, o preço do boi gordo no mercado à vista.

O modelo estimado, de acordo com a equação (3), discutida na seção 3, resultou num valor $F=91,560$, indicando que a regressão foi significativa a 1%. O coeficiente de regressão ajustado para graus de liberdade (\bar{R}^2) apresentou um valor bastante elevado (0,9651), indicando que o modelo utilizado explica grande proporção da variação do desvio-padrão da base, nos períodos anterior e posterior à introdução da liquidação financeira. Os resultados das estimativas dos parâmetros da regressão são apresentados na tabela 2.

TABELA 2

Resultados da regressão do logaritmo desvio padrão da base, na semana de vencimento do contrato, em função de variáveis binárias para liquidação financeira, sexo e localização

Variáveis	Estimativas dos parâmetros	Valores de t
LF	-1,4306	-29,809 *
L1 (Araçatuba)	0,9303	11,689 *
L2 (Bauru/Marília)	0,8967	11,267 *
L3 (Barretos/SJRP)	0,9415	11,830 *
L4 (Presidente Prudente)	1,0073	12,656 *
L5 (Três Lagoas)	1,1077	13,918 *
L6 (Triângulo Mineiro)	1,0771	13,533 *
L7 (Campo Grande)	1,2717	15,979 *
L8 (Goiânia)	1,0989	13,807 *
L9 (Norte do Paraná)	1,0883	13,674 *
Sexo	-0,3833	-7,986 *

* valor de t, significativo a 1%.

De acordo com os resultados obtidos nos testes de variância, o sinal do coeficiente para liquidação financeira foi negativo, confirmando que sua introdução reduziu o risco de base. Uma vez que se utilizou o logaritmo do desvio-padrão da base, é necessária a transformação do coeficiente das variáveis binárias, de acordo com a equação (4), para se obter seu efeito relativo sobre a variável dependente (HALVORSEN & PALMQUIST, 1980).

$$\exp(\text{coeficiente variável binária}) - 1 \quad (4)$$

Assim, utilizando-se a equação (4), para verificar o efeito da introdução da liquidação financeira sobre o desvio-padrão da base, obtém-se o valor -0,7608. Esse valor indica que a mudança na forma de liquidação levou à redução de 76,08% no desvio-padrão da base. Uma vez que a variável binária, para representar este efeito, foi altamente significativa, pode-se concluir que após a introdução da liquidação financeira o risco de base foi reduzido em 76,08%, na semana de vencimento do contrato.

A variável binária *Sexo* foi incluída no modelo, para identificar se o risco de base difere para machos e fêmeas. O coeficiente desta variável

foi negativo e altamente significativo, indicando que o desvio-padrão da base é menor para bois do que para vacas, uma vez que a variável binária assumiu valor um, para machos, e zero, para fêmeas. Esse resultado está de acordo com o esperado, uma vez que o contrato futuro de boi gordo, da BM&F, é especificado para animais machos, e a operação de *hedge*, para fêmeas, é um *cross hedging*¹⁹.

As variáveis binárias para localização, introduzidas para verificar se o risco de base difere entre as regiões consideradas, apresentaram-se todas com sinal positivo e estatisticamente significativas. Nota-se, pelos coeficientes das variáveis, que o risco de base é menor para as regiões que compõem o cálculo do IBG, em relação às demais. Para verificar se o risco de base difere, significativamente, entre todas as regiões, os coeficientes foram testados dois a dois, pela estatística F. Os resultados dos testes encontram-se na tabela 3.

Pode-se observar, pelos coeficientes apresentados na tabela 2 e pelos resultados dos testes mostrados na tabela 3, que, na região de Araçatuba, o risco de base é estatisticamente menor do que nas regiões de Campo Grande e Três Lagoas. Já para na região de Bauru/Marília, o risco de base é, significativamente, menor em relação a todas as regiões que não compõem o cálculo do IBG. Nas regiões de Barretos/São José do Rio Preto e Presidente Prudente, o risco de base é menor apenas em relação a Campo Grande.

¹⁹ O *Cross hedging* é a operação realizada para commodities com especificações diferentes daquelas estabelecidas no contrato futuro.

TABELA 3

Resultados dos testes F sobre a igualdade dos coeficientes das variáveis para localização

Hipóteses nulas	Valores de F
Ho: Araçatuba = Bauru/Marília	0,1088
Ho: Araçatuba = Barretos/SJRP	0,0122
Ho: Araçatuba = Presidente Prudente	0,5720
Ho: Araçatuba = Três Lagoas	3,0363 ****
Ho: Araçatuba = Triângulo Mineiro	2,0800
Ho: Araçatuba = Campo Grande	11,2497 *
Ho: Araçatuba = Goiânia	2,7423
Ho: Araçatuba = Norte do Paraná	2,4081
Ho: Bauru/Marília = Barretos/SJRP	0,1940
Ho: Bauru/Marília = Presidente Prudente	1,1798
Ho: Bauru/Marília = Três Lagoas	4,2947 ***
Ho: Bauru/Marília = Triângulo Mineiro	3,1402 ****
Ho: Bauru/Marília = Campo Grande	13,5712 *
Ho: Bauru/Marília = Goiânia	3,9436 ****
Ho: Bauru/Marília = Norte do Paraná	3,5406 ****
Ho: Barretos/SJRP = Presidente Prudente	0,4169
Ho: Barretos/SJRP = Três Lagoas	2,6630
Ho: Barretos/SJRP = Triângulo Mineiro	1,7731
Ho: Barretos/SJRP = Campo Grande	10,5199 *
Ho: Barretos/SJRP = Goiânia	2,3881
Ho: Barretos/SJRP = Norte do Paraná	2,0770
Ho: Presidente Prudente = Três Lagoas	0,9725
Ho: Presidente Prudente = Triângulo Mineiro	0,4704
Ho: Presidente Prudente = Campo Grande	6,7481 ***
Ho: Presidente Prudente = Goiânia	0,8094
Ho: Presidente Prudente = Norte do Paraná	0,6328
Ho: Três Lagoas = Triângulo Mineiro	0,0902
Ho: Três Lagoas = Campo Grande	2,5971
Ho: Três Lagoas = Goiânia	0,0075
Ho: Três Lagoas = Norte do Paraná	0,0364
Ho: Triângulo Mineiro = Campo Grande	3,6551 ****
Ho: Triângulo Mineiro = Goiânia	0,0457
Ho: Triângulo Mineiro = Norte do Paraná	0,0120
Ho: Campo Grande = Goiânia	2,8835 ****
Ho: Campo Grande = Norte do Paraná	3,2481 ****
Ho: Goiânia = Norte do Paraná	0,0109

* valor de F, significativo a 1%;

*** valor de F, significativo a 5%;

**** valor de F, significativo a 10%.

Para as regiões que compõem o cálculo do IBG, o risco de base é estatisticamente diferente, apenas em relação às regiões que não integram este cálculo. Este resultado era esperado, uma vez que este é um indicador calculado a partir dos preços a vista dos principais mercados de boi gordo do estado de São Paulo. Conseqüentemente, se ele tem refletido as condições de oferta e demanda desse mercado, espera-se que o risco de base, para as regiões que o compõem, seja menor em relação às demais. Adicionalmente, se o risco de base não difere entre as regiões que compõem o cálculo do IBG, pode-se concluir que este indicador reflete, corretamente, os preços praticados nesses mercados.

É interessante notar, ainda, que o risco de base na região de Campo Grande é, estatisticamente, maior do que o risco de base em todas as demais regiões consideradas. Provavelmente, este resultado esteja ligado a características próprias desse mercado. Os resultados, obtidos por DE ZEN (1997), indicaram que, dentre as regiões analisadas para verificar a integração entre os mercados de boi gordo e carne bovina no centro-sul do Brasil, Campo Grande foi o único mercado que não apresentou causalidade com o mercado de carne na grande São Paulo.

CONCLUSÕES

A introdução da liquidação financeira para os contratos futuros de boi gordo, da BM&F, proporcionou redução no risco de base para todas as regiões consideradas no estudo, bem como para machos e fêmeas. Os resultados dos testes de igualdade de variâncias da base, na semana de vencimento do contrato futuro, indicaram que esta foi significativamente menor, depois que os contratos passaram a ser liquidados financeiramente.

A redução no risco de base, em razão da introdução da liquidação financeira, pode ser atribuída à eliminação dos custos e aos problemas relacionados à entrega física, que prejudicavam a convergência dos preços a vista e futuros e levavam a flutuações imprevisíveis da base. Adicionalmente, o risco do *hedging* pode ter sido reduzido porque a liquidação financeira é feita por um índice de preços no mercado a vista, e não mais pela obrigatoriedade da entrega física, eliminando a possibilidade de *squeezes*.

Os resultados do modelo de regressão, para isolar o impacto da introdução da liquidação financeira no risco de base, de outras modificações adotadas conjuntamente, e verificar se este difere entre regiões e entre sexos, mostraram que o risco do *hedging* foi reduzido em 76,08%, pela mudança na forma de liquidação. Nota-se, por esse valor, que a redução foi bastante expressiva, indicando que a liquidação financeira promoveu, efetivamente, melhorias na realização do *hedging*, auxiliando o desenvolvimento do mercado futuro de boi gordo.

Além disso, o sinal do coeficiente da variável que representa sexo indicou que o risco de base é menor para bois gordos do que para vacas gordas, uma vez que o contrato futuro estabelece animais machos como objetos de negociação. As variáveis que representam localização indicaram, de forma geral, que o risco de base é menor para as regiões que compõem o cálculo do IBG, mas esta diferença se mostrou significativa apenas em alguns casos. A única região que apresentou risco de base significativamente maior, em relação a todas as demais regiões, foi Campo Grande, resultado este que pode ser explicado, possivelmente, pelas características próprias daquele mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, M.B.; FORSYTHE, A.B. Robust tests for the equality of variances. *Journal of the American Statistical Association*, v.69, n.346, p.364-467, June 1974.
- CONOVER, W.J.; JOHNSON, M.E.; JOHNSON, M.M. A comparative study for homogeneity of variance, with applications to the outer continental shelf bidding data. *Technometrics*, v.23, n.4, p. 351-361, Nov. 1981.
- DEZEN, S. *Integração entre os mercados de boi gordo e de carne bovina no centro-sul do Brasil*. Piracicaba, 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- ELAM, E. Estimated hedging risk with cash settlement feeder cattle futures. *Western Journal of Agricultural Economics*, v.13, n.1, p. 45-52, July 1988.

- FRICK, O. O mercado futuro de boi gordo em nova versão. *Preços Agrícolas*, v.107, p. 8-9, nov. 1995.
- GARBADE, K.D.; SILBER, W.L. Cash settlement of futures contracts: an economic analysis. *The Journal of Futures Markets*, v.3, n.4, p. 451-472, 1983.
- GARCIA, P.; LEUTHOLD, R.M.; SARHAN, M.E. Basis risk: measurement and analysis of basis fluctuations for selected livestock's markets. *The American Journal of Agricultural Economics*, v.66, n.4, p. 499-504, Nov. 1984.
- HALVORSEN, R.; PALMQUIST, R. The interpretation of dummy variables in semi-logarithmic equations. *American Economic Review*, v.70, n.3, p. 474-475, June 1980.
- HSIANG, D.; LIEM, D. Cash settlement provisions on futures markets. *The Journal of Futures Markets*, v.9, n.3, p. 263-270, 1989.
- HULL, J. *Introdução aos mercados futuros e de opções*. 2. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros e Cultura Editores Associados, 1996. 448 p.
- JONES, F.J. The economics of futures and options contracts based on cash settlement. *The Journal of Futures Markets*, v.2, n.1, p. 63-82, 1992.
- KENYON, D.; BAINBRIDGE, B; ERNST, R. Impact of cash settlement on feeder cattle basis. *Western Journal of Agricultural Economics*, v.16, n.1, p. 93-105, July 1991.
- LEUTHOLD, R.M.; JUNKUS, J.C.; CORDIER, J.E. *The theory and practice of futures markets*. Massachusetts: Lexington Books, 1989. 410p.
- RICH, D.R. *Feeder cattle cash settlement: impacts on basis variability and behavior in selected U.S. markets*. Urbana, 1990. 118p. Thesis (M.S.) - University of Illinois.

- RICH, D.R.; LEUTHOLD, R.M. Feeder cattle cash settlement: hedging risk reduction or illusion? *The Journal of Futures Markets*, v.13, n.5, p. 497-514, 1993.
- ROCHELLE, T.C.P. *O contrato futuro de boi gordo: uma análise do impacto da introdução da liquidação financeira sobre o risco de base*. Piracicaba, 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- SCHROEDER, T.C.; MINTERT, J. Hedging feeder steers and heifers in the cash-settled feeder cattle futures market. *Western Journal of Agricultural Economics*, v.13, n.2, p. 316-326, Dec. 1988.