

Co-Integração e Causalidade no Mercado de Soja: Análises para Brasil, China e EUA

Maria Alice Móz Christofolletti

Mestranda em Economia Aplicada pela ESALQ/USP

E-mail: mamchris@esalq.usp.br

Rodolfo Margato da Silva

Mestrando em Economia Aplicada pela ESALQ/USP

E-mail: rodolfo.silva@usp.br

RESUMO: Este estudo tem como objetivos principais analisar o grau de integração e a relação de causalidade entre os mercados futuros da soja em grão de Brasil, EUA e China. Observa-se que as séries temporais de preços futuros da soja para estes três países são co-integradas, ou seja, existe uma relação estrutural de equilíbrio de longo prazo entre as séries de preços analisadas. Constata-se o papel central da Bolsa norte-americana no que diz respeito ao processo de descoberta de preço, já que são verificadas causalidades unilaterais dos preços da soja em Chicago em relação aos preços registrados na BM&F e na Bolsa de Dalian. Ademais, os resultados sobre causalidade também mostram a existência de bi-causalidade entre as séries de preços da soja nos mercados futuros do Brasil e da China, pois os agentes que transacionam contratos de tal gênero na BM&F aparentemente baseiam suas decisões nos preços verificados em Dalian, e vice-versa. Isso reflete a parceria dos dois países no comércio internacional da soja, tendo em vista os volumes substanciais exportados pelo Brasil para o mercado chinês.

PALAVRAS-CHAVES: Causalidade, Co-integração, Soja, Brasil, EUA, China

ABSTRACT: This study aims to analyze the main level of integration and causality among soybeans futures markets from Brazil, USA and China. It is observed that the time series of soybeans futures prices for these three countries are cointegrated. So, there is a structural long-term relationship among the price series analyzed. Regarding to the process of price discovery, we found the unilateral causality of soybean prices in Chicago on the prices recorded in the BM&F and Dalian, defining the central role of the CBOT in that process. Moreover, the results also showed the existence of bi-causality between the series of soybean prices in the futures markets of Brazil and China, because the BM&F players that sell contracts apparently based their decision on the prices recorded in Dalian, and vice versa. This reflects the partnership between the two countries in international soybeans trade, due to the substantial volumes exported by Brazil to the Chinese market.

KEY-WORDS: Causality, Cointegration, Soybeans, Brazil, USA, China

1. INTRODUÇÃO

O processo de descoberta de preço (*discovery price*) em mercados futuros pode ser definido como o uso de preços futuros para determinar expectativas de preço para o mercado *spot* (mercado do produto acabado para venda e com pronta disposição de entrega), fornecendo ao produtor a oportunidade de assegurar uma dada cotação em troca do risco de oscilação da base, a qual apresenta menor volatilidade. Ademais, esta função de descoberta de preço pode ser mais eficientemente realizada pelo mercado futuro quanto maior o grau em que este se encontra correlacionado ou ligado ao mercado físico (WANG; YAU, 1994).

Atualmente, o relaxamento da política monetária chinesa, adotado para que o país enfrentasse a crise financeira mundial, deflagrada em 2008, aumentou a liquidez do mercado chinês, e os recursos foram direcionados para os mercados futuros de *commodities* e para os índices de ações do país. Como exemplo de tal fato, tem-se que o contrato de referência da soja negociada na bolsa chinesa *Dalian*

Commodity Exchange aumentou quase 20% desde o final de abril de 2010, enquanto o de óleo de soja subiu 16% (DOW JONES, 2010).

No mesmo âmbito, a Bolsa de *Commodities* de Dalian (DCE) estabelece recordes de negócios e atrai crescentemente a atenção internacional, além de assumir uma posição como principal Bolsa de futuros do gigante asiático em termos do número negociado de contratos de soja em grão. Como maior importador mundial de soja, principalmente dos Estados Unidos e da América do Sul, a China encara Dalian como instrumento necessário para aumentar sua influência na formação das cotações internacionais do grão. Segundo Hu Jintao, presidente do Partido Comunista Chinês, a postura de seu governo sobre o mercado de futuros vem mudando gradativamente. Isso porque a economia do país dobrou de tamanho em uma década e se tornou o maior consumidor global de diversas *commodities*, com reflexos bastante significativos sobre os preços internacionais, despertando dessa forma intenções do governo no sentido de estimular mecanismos financeiros para ajudar as empresas a se protegerem contra os riscos de oscilação de preço.

Além de tais pontos, a crescente importação chinesa de soja em grão leva gradualmente os preços domésticos à paridade do mercado global, e recentemente associações de produtores e processadores locais propuseram ao governo um pacote de ajuda acerca da formação global de preço. Nesse sentido, destaca-se a ligação direta entre Dalian e a Bolsa do Brasil, sugerindo inclusive o desenvolvimento de um contrato conjunto de soja sul-americana, pelo qual os chineses consigam operar diretamente no Brasil, tendo em vista que existe atualmente a limitação para 25 empresas estatais em termos da participação em mercados internacionais de futuros como Chicago, Nova Iorque e São Paulo.

2. OBJETIVOS

Considerando a importância estratégica da soja no mercado mundial, a crescente participação chinesa nos mercados futuros e as recentes mudanças estruturais quanto aos preços internacionais deste produto, cujos principais *drivers* são os países em análise, torna-se interessante verificar o grau de integração e a relação de causalidade entre os mercados futuros da soja para Brasil, China e Estados Unidos, agentes fundamentais à estrutura de preços do mercado global, representados respectivamente pela Bolsa de Mercadorias e Futuros – BM&F, pela *Dalian Commodity Exchange* – DCE e pela *Chicago Board of Trade* – CBOT. Assim, são definidas as seguintes questões de análise:

- 1) Comparar os contratos futuros de soja em grão das Bolsas de Chicago, São Paulo e Dalian, enfatizando as especificidades do mercado chinês em termos da *commodity* negociada, da liquidez existente e de outros aspectos julgados relevantes, tendo em vista a literatura relativamente escassa sobre a realidade chinesa nesses quesitos;
- 2) Analisar a existência de relações estruturais de longo prazo entre os preços futuros das Bolsas, através de testes de co-integração, de modo a corroborar ou não a Lei do Preço Único.
- 3) Desenvolver testes de causalidade de Granger entre as séries históricas de preços das Bolsas, de modo a avaliar as relações causais entre os mercados futuros, e uma eventual liderança acerca da formação internacional dos preços da soja.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Vários autores, como Souza (1998) e Lazzarini (1999), apontam que os *hedgers*, quando utilizam Bolsas locais, tornam-se mais efetivos do que se utilizassem Bolsas estrangeiras e, além do mais, possuem um risco de base maior em Bolsas estrangeiras do que se operassem em Bolsas domésticas. Então, com base nesses fatores supracitados, os *traders* decidem pelo *hedge* em determinada Bolsa, a partir da avaliação do *tradeoff* entre o custo de liquidez e a efetividade do *hedge* em cada mercado.

Colling e Irwin (1990) e Grunewald (1993), por sua vez, analisaram a habilidade dos mercados futuros em incorporar informações inesperadas, para os casos específicos de suínos e gado bovino. Ainda no caso de tais mercados, Oelermann et al. (1989) e Schroeder e Goodwin (1991) estudaram o processo de descoberta de preço e concluíram, através dos testes de causalidade de Granger, que a informação é primeiramente descoberta nos mercados futuros e, posteriormente, repassada ao mercado à vista.

Considerando que os preços à vista sofrem mudanças ao longo do tempo, reflexos das alterações industriais, o processo de descoberta de preço torna-se, assim, um fenômeno dinâmico e efetivo. No que tange a esse aspecto, Bessley e Covey (1991) e Schroeder e Goodwin (1991) foram os primeiros a utilizar técnicas de co-integração para examinar as relações entre preços futuros e à vista.

Maynard et al. (2001) concluíram que a falta de liquidez e a limitação do volume de comércio restringem a capacidade dos mercados futuros em transmitir informações de preço ao mercado à vista de forma eficiente. Oellermann et. al (1989), por sua vez, tiveram como resultados indícios de que parte expressiva da análise dos mercados futuros, no caso, da CME, representa o centro de descoberta do preço para o caso do boi gordo nos EUA, pois os *players* do mercado balizam suas decisões no mercado à vista com base nas variações dos preços futuros, obtidas a um custo relativamente baixo.

No Brasil, Valente e Braga (2006) verificaram a relação de causalidade e o grau de integração entre os mercados de café do Brasil e dos EUA, com dados da Bolsa de Mercadorias e Futuros BM&F e da NYBOT, respectivamente. Em tal estudo, constatou-se a existência de uma relação bi-causal entre os preços, além de uma relação de longo prazo entre as variáveis. Perobelli (2007), em âmbito brasileiro, analisou as relações entre os preços à vista e futuro do mercado de boi gordo, utilizando o indicador de preços da ESALQ/BM&F. Observou-se também, neste caso, a existência de uma relação bi-causal entre os preços, sugerindo que os agentes no mercado à vista tomam suas decisões com base no preço de fechamento do dia anterior do primeiro vencimento do mercado futuro, enquanto que os agentes do mercado futuro, ao realizarem seus negócios, consideram o que ocorreu no mercado à vista.

4. METODOLOGIA

4.1 O Modelo Econométrico

A investigação sobre a relação entre os preços futuros tem utilizado os testes de causalidade de Granger (1969) para determinar a direção de causalidade entre estes preços. Já para a identificação de relações de co-integração, são utilizados os testes de Engle e Granger (1987) e de Johansen (1990). Nesse sentido, YANG et al. (2001) afirmam que a existência da co-integração depende da série ser ou não estocástica, e que se espera a co-integração para o caso positivo.

Em síntese, as equações a serem utilizadas no presente estudo são:

$$PBM\&F = \sum \alpha_i PCBOT_{t-i} + \sum \beta_j PBM\&F_{f-j} + u1_t \quad (1)$$

$$PCBOT = \sum \lambda_i PCBOT_{t-i} + \sum \delta_j PBM\&F_{f-j} + u2_t \quad (2)$$

$$PDALIAN = \sum \alpha1_i PCBOT_{t-i} + \sum \beta1_j PDALIAN_{f-j} + u3_t \quad (3)$$

$$PCBOT = \sum \lambda1_i PCBOT_{t-i} + \sum \delta1_j PDALIAN_{f-j} + u4_t \quad (4)$$

$$PBM\&F = \sum \alpha2_i PDALIAN_{t-i} + \sum \beta2_j PBM\&F_{f-j} + u5_t \quad (5)$$

$$PDALIAN = \sum \lambda2_i PBM\&F_{t-i} + \sum \delta1_j PDALIAN_{f-j} + u6_t \quad (6)$$

Baseado em Carneiro (1997), o presente estudo propõe verificar a existência de quatro casos distintos, em relação ao teste de causalidade de Granger:

1. Causalidade unilateral de i) PCBOT para PBM&F; ii) PCBOT para PDALIAN; iii) PDALIAN para PBM&F.

2. Causalidade unilateral de: i) PBM&F para PCBOT; ii) PDALIAN para PCBOT; iii) PBM&F para PDALIAN.

3. Bi-causalidade ou simultaneidade;

4. Independência.

Para verificar a estacionariedade das séries temporais envolvidas na análise, foram desenvolvidos testes estatísticos, conhecidos como testes de raiz unitária, cujo objetivo principal é o de avaliar a ordem de integração de uma série temporal. Dentre eles, pode-se citar, destacadamente, o teste de Dickey-Fuller Aumentado.

Hatemi-J e Irandoust (2005) ressaltam a necessidade de se realizar além dos testes de estacionariedade, também os de cointegração, já que se as variáveis não se cointegram, inexistente qualquer relação de longo prazo entre elas, e qualquer estimação baseada nos resultados dessas variáveis tende a gerar resultados espúrios.

Dentre os procedimentos utilizados para se testar a co-integração entre séries temporais, destaca-se o método de Johansen, que deriva a técnica do teste mediante o método de máxima verossimilhança. Em suma, tal processo permite a estimação dos parâmetros da relação de equilíbrio entre variáveis não-estacionárias e a presença de múltiplos vetores de co-integração, suplantando a limitação do procedimento de Engle-Granger, cujo arcabouço metodológico não pode identificar quais variáveis estão co-integradas em sistemas que possuem mais do que duas variáveis.

4.2 Descrição do Banco de Dados

Para os preços futuros da soja no Brasil, foram utilizadas as séries diárias de preços de fechamento fornecidas pela BM&F-BOVESPA, sempre para o mês de vencimento mais próximo, com o produto posto em Paranaguá. A série de preços, inicialmente em dólares por saca de 60 kg, foi convertida para dólares por *bushel*.

No caso dos preços futuros da China, a Bolsa de *Commodities* de Dalian também fornece a série diária de preços futuros de fechamento para o vencimento mais próximo. Originalmente em RMB (yuan) por tonelada métrica de soja, tal série foi convertida para dólares por *bushel*. Considerando os preços futuros da soja nos EUA, por sua vez, a CBOT também fornece os valores diários de encerramento para o vencimento mais próximo, com o produto posto em Chicago, já em dólares por *bushel*.

A periodicidade de todas as séries analisadas se baseia em dados diários, coletados de 27 de agosto de 2004 até 17 de dezembro de 2010. O software utilizado para a obtenção dos resultados econométricos foi o E-Views, em sua versão 5.0.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1 Comparações entre as Bolsas analisadas

Com relação às especificidades dos contratos de soja em análise (brasileiro, chinês e americano), a Tabela 1 (ANEXO) mostra o comparativo entre tais contratos. Entre os itens que merecem destaque, estão: unidades de negociação, meses de vencimento, margem de garantia, taxa operacional básica, ponto de entrega e de referência de preço, e data de vencimento.

Para o primeiro item, observa-se que cada contrato brasileiro de soja negocia 27 toneladas métricas da *commodity*, enquanto que a CBOT negocia 136 toneladas métricas, o equivalente a 5.000 *bushels*, e a Bolsa de Dalian apenas 10 toneladas métricas. No que tange aos meses de vencimento, é notável que as negociações nos EUA e na China são muito semelhantes, pois a Bolsa de Chicago possui apenas um vencimento a mais do que Dalian, referente ao mês de Agosto. A BM&F, por sua vez, inicia o vencimento de seus contratos no mês de Março, se estendendo até Setembro, e negociando também Novembro.

No cálculo da margem de garantia, valor cobrado pela Bolsa com o intuito de cobrir o risco de oscilação de preço dos ajustes diários, também há diferenças significativas entre as Bolsas. No caso da BM&F, o valor da margem é calculado com base no chamado Teste de *Stress* e Fator Primitivo de Risco (FPR), ou seja, com base em uma carteira hipotética, com a qual são simulados ganhos e perdas de cada portfólio contra as variações de seus FPRs, e o valor da maior perda hipotética simulada equivale à margem de garantia cobrada da carteira. Nas Bolsas americana e chinesa, por outro lado, os valores são fixos. A taxa operacional básica estipulada pelas Bolsas também apresenta diferenciações. Na BM&F, para operações normais, a taxa corresponde a 0,30%, enquanto que para operações *day trade* equivale a 0,07%. Nas negociações da CBOT, para o pregão viva-voz, cobra-se US\$ 0,09 e, no pregão eletrônico, US\$ 0,14. Por fim, a Bolsa de Dalian discrimina um valor de, no máximo, quatro RMB (yuan) por contrato negociado, sem especificações adicionais.

As localidades que são referências de preço entre as Bolsas são, respectivamente, o porto de Paranaguá, o porto de Chicago e armazéns designados pela DCE, para Brasil, EUA e China. No caso da data de vencimento dos contratos negociados, a Bolsa brasileira a estabelece como sendo o nono dia útil anterior ao primeiro dia do mês de vencimento. A CBOT institui como sendo o segundo dia útil após o último pregão do mês de vencimento, enquanto a Bolsa de Dalian a define como o décimo dia de negociação do mês de vencimento.

Ao se verificar o volume de contratos negociados na Bolsa chinesa (Figura 1), torna-se nítida a predominância do contrato de soja nº1, já que desde o início de suas negociações, em 2002, tal tipo possui maior representatividade em termos de negociação da *commodity*.

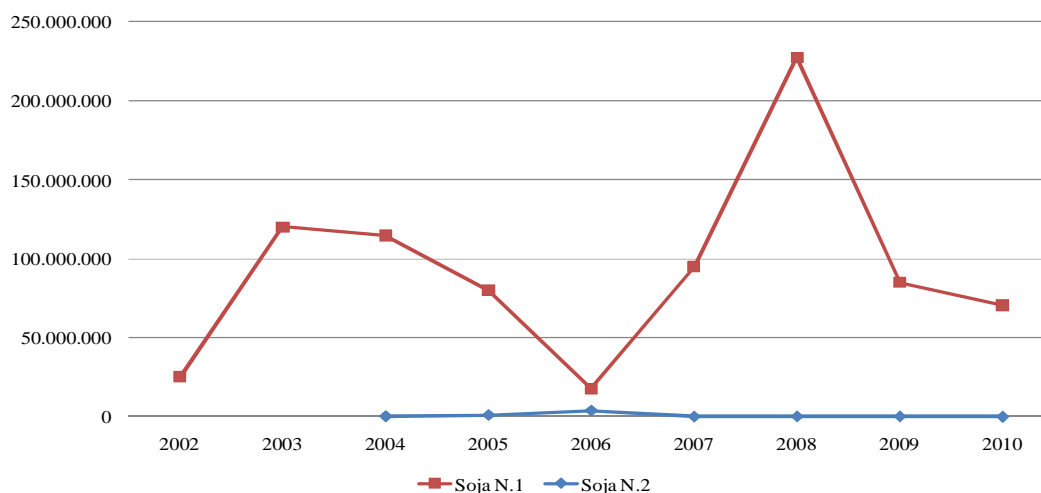


Figura 1. Comparativo do volume de contratos negociados da Soja nº1 e da Soja nº2 na DCE.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados disponíveis na Bolsa de Dalian.

No caso dos preços da soja nas diferentes Bolsas em estudo, pode-se verificar que há um considerável pareamento das cotações americana e brasileira da referida *commodity*. Os preços chineses, por sua vez, embora tenham refletido movimentos similares àqueles das outras Bolsas, mostram certo “descolamento” em termos de nível, haja vista que as cotações na China superam os preços registrados nos EUA e no Brasil, ao longo de todo o período analisado, delimitado de agosto de 2004 a dezembro de 2010. Logo, as cotações diárias demonstram uma participação ainda incipiente do mercado chinês no tocante à formação internacional dos preços da soja, a despeito das séries explicitadas abaixo terem formatos bastante semelhantes, de modo que o “engessamento” estrutural da China, com destaque aos controles de preços, aparentemente não corresponde à explicação precípua para as diferenças visualizadas.

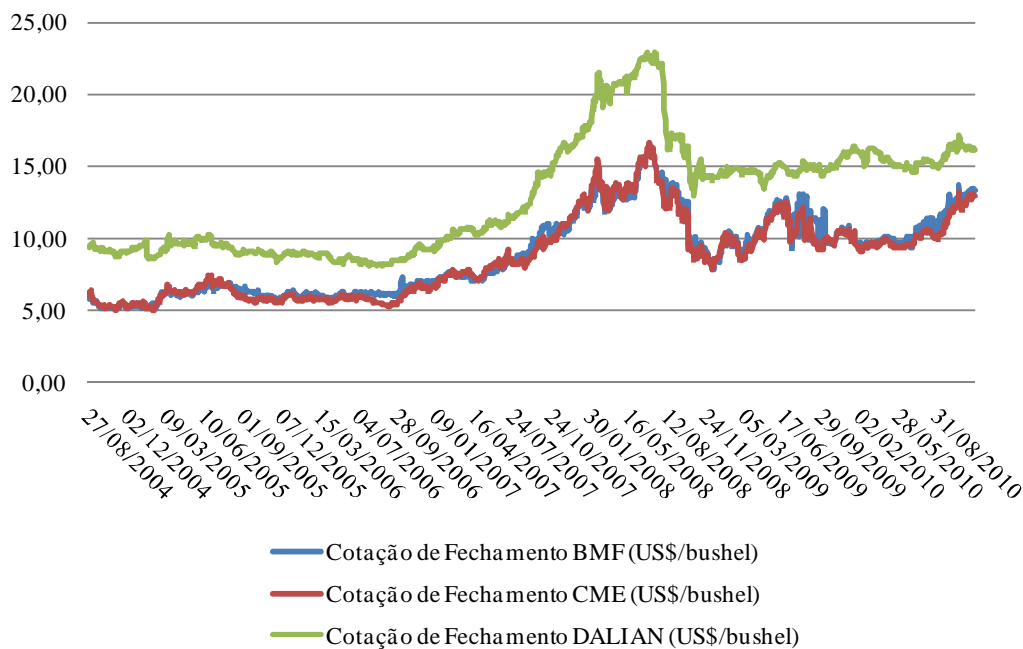


Figura 2. Evolução dos preços diários da soja nas Bolsas analisadas.
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados disponíveis nas Bolsas.

No que tange à rentabilidade diária dos contratos de soja, a Figura 3 mostra o comportamento da mesma durante todo o período supracitado. Verifica-se, novamente, um comportamento semelhante entre as rentabilidades dos contratos futuros negociados na CME e na BM&F, cujas médias computadas foram de 0,0797% e 0,1065% ao dia, respectivamente. Já os contratos de soja negociados em Dalian tiveram rentabilidades bastante inferiores àquelas das demais Bolsas, tendo em vista a média diária de 0,0497%, o que reforça o caráter ainda embrionário desse mercado face ao cenário internacional.

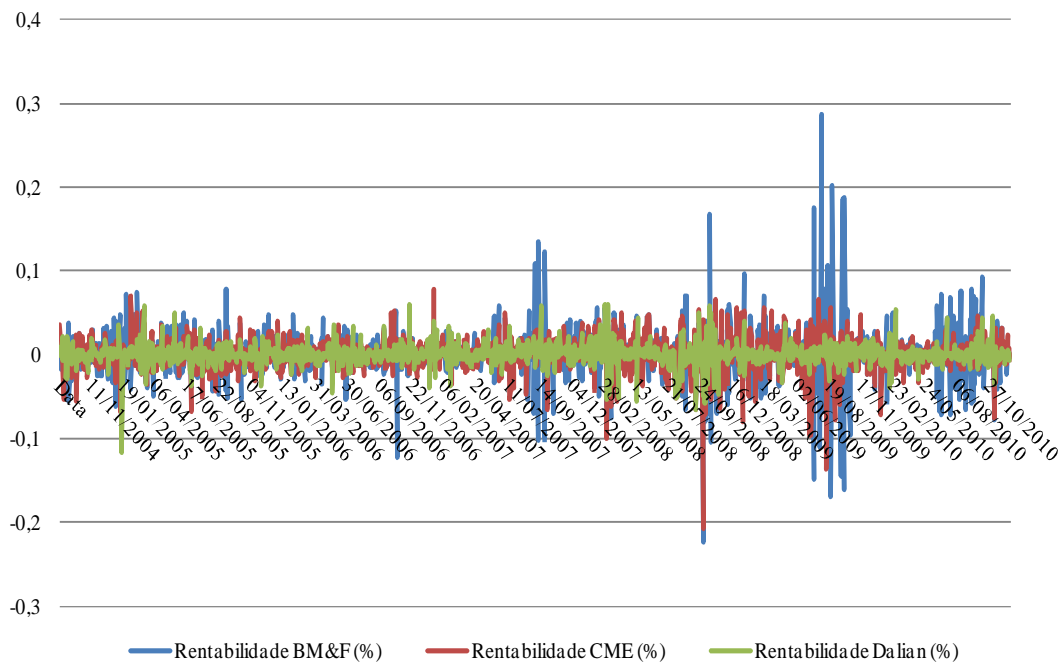


Figura 3. Evolução da rentabilidade diária dos diferentes contratos de soja analisados.
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados disponíveis nas Bolsas.

No caso das volatilidades dos preços futuros dos contratos de soja (Tabela 1), a Bolsa brasileira apresentou, para o período em análise, a maior volatilidade (0,0620%), ao se comparar com as demais Bolsas, em termos diários. Tal fato condiz com a relação de risco-retorno, pela qual os ativos com maior rentabilidade média tendem a ser mais voláteis.

Tabela 1. Comparativo de Rentabilidades Diárias Médias e de Volatilidades, em percentuais.

	Bolsas		
	BM&F	CME	Dalian
Rentabilidade Diária Média	0,1065	0,0797	0,0497
Volatilidade	0,0620	0,0579	0,0409

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados disponíveis nas Bolsas.

A matriz de correlação evidenciada logo abaixo, por sua vez, mostra a forte associação entre as Bolsas americana e brasileira, seguida pela associação entre as Bolsas chinesa e americana e, por fim, aquela entre os mercados brasileiro e chinês, que apresentaram a menor correlação para o período em estudo, embora seu valor também seja bastante elevado, na ordem de 0,9489 (Tabela 2). Tais resultados reforçam o fato dos movimentos das séries de preços das Bolsas avaliadas serem notadamente similares, como mostrado na Figura 2, pois as elevadas correlações sinalizam tendências parecidas, e não necessariamente mesmos níveis de precificação dos contratos de soja.

Tabela 2. Matriz de Correlação entre as Bolsas analisadas.

Bolsas	CME	BM&F	Dalian
CME	1,0000	0,9864	0,9635
BM&F		1,0000	0,9489
Dalian			1,0000

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados disponíveis nas Bolsas.

5.2 Resultados econométricos

Conforme explicitado anteriormente, na seção de metodologia, as séries temporais utilizadas no presente tipo de modelagem precisam ser (conjuntamente) estacionárias. Em função desta exigência, o primeiro procedimento adotado contempla a realização do teste de raiz unitária denominado Dickey-Fuller Aumentado.

Segundo procedimento adotado por Enders (1995), são estimados três casos distintos: (1) modelo com tendência e constante; (2) modelo sem tendência e com constante; (3) modelo sem tendência e sem constante. Todos os casos utilizam os logaritmos das séries de preços futuros da soja, para cada uma das Bolsas analisadas.

Os valores da estatística “t” de Student, para cada um dos modelos, foram comparados com os valores críticos das estatísticas τ (tau), τ_{μ} (tau-mi) e τ_{τ} (tau-tau), que foram obtidas por Fuller (1976). Assim, os resultados dos testes de estacionariedade das variáveis podem ser verificados na tabela logo abaixo (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados dos coeficientes dos Testes de Estacionariedade de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), para cada um dos casos de estudo.

Modelos	Caso 1		Caso 2		Caso 3		Modelo 2	
	τ_τ H ₀ : $\theta=0$		τ_μ H ₀ : $\theta=0$		τ H ₀ : $\theta=0$		T	
Teste	Teste t	<i>p-value</i>	Teste t	<i>p-value</i>	Teste t	<i>p-value</i>	Teste t	<i>p-value</i>
LBMF	-2.0694	0,5618	-0.9666	0,7668	-0.9666	0,9200	-35,04	0,0000
LCME	-2.0858	0,5527	-1.0199	0,7481	0.8449	0,8929	-36,07	0,0000
LDALIAN	-1.3351	0,8785	-0.8272	0,8106	1.0175	0,9192	-24,37	0,0000

Nota: Valores críticos das estatísticas (nº observações = 1334, ao nível de significância de 5%): $\tau_\tau=-3,41$, $\tau_\mu=-2,86$, $\tau=-1,94$.
Fonte: Resultados da pesquisa.

Como pode ser observado, ao se considerar os logaritmos das séries de preços, as estatísticas “t” evidenciam que não se pode rejeitar a hipótese nula de que existe raiz unitária. Os logaritmos das séries de preços futuros da soja são, portanto, não-estacionários. Com base em tais resultados, repetiu-se o ajustamento para avaliar se as séries tornam-se estacionárias quando analisadas nas primeiras diferenças. Esses resultados, por sua vez, são apresentados na última coluna da Tabela 3 (“Modelo 2”), a partir da qual se verifica que todos os coeficientes são significativos (valor-p praticamente nulo). Logo, as variáveis em questão são integradas de ordem um [I(1)].

Dado que os testes de raízes unitárias mostraram que as variáveis são integradas de ordem um, ou seja, são estacionárias quando definidas em suas respectivas primeiras diferenças, foi realizado o teste de co-integração de Johansen. Tal teste, gerado a partir das séries de tempo dos preços futuros de soja em logaritmos, originou a regressão co-integrante abaixo, que representa a relação de equilíbrio de longo prazo, com os respectivos desvios-padrão entre parênteses:

$$\text{LBMF} = -1,2674 * \text{LCME} + 0,2985 * \text{LDALIAN} \quad (15)$$

(0,08805) (0,09329)

A partir da realização dos testes do traço e do máximo autovalor, com o objetivo de verificar, com base nos valores críticos, a existência do número máximo de vetores de co-integração, constata-se a rejeição da hipótese nula de que não há relação de co-integração entre os preços futuros de soja brasileira, americana e chinesa ($R=0$), a favor da hipótese alternativa de que há uma relação de co-integração entre as séries estudadas (Tabela 4). De fato, a estatística traço encontrada (60,4814) é superior ao seu valor crítico, a 5% de probabilidade de erro tipo I (29,7970), sugerindo a rejeição da hipótese nula de que não há relação de co-integração entre as três séries ($R=0$). O mesmo ocorre com o teste do máximo autovalor, cuja estatística reportada, de 48,4470, supera o valor crítico de 21,1316. Com isso, em síntese, as respectivas hipóteses alternativas de que existe pelo menos uma e duas relações de co-integração entre as séries de preços futuros não são rejeitadas, pois as estatísticas do traço e de máximo autovalor são menores do que seus respectivos valores críticos, em um nível de significância de 5%. Assim, como as hipóteses alternativas não foram rejeitadas, pode-se dizer que as séries temporais de preços futuros da soja para Brasil, EUA e China são co-integradas, isto é, existe um equilíbrio de longo prazo entre as variáveis das séries temporais, cujas trajetórias têm alguma relação estrutural. Como explanado pela teoria, os resultados indicam a existência de uma combinação linear entre as séries que apresenta estacionariedade.

Tabela 4. Testes de Johansen para Co-integração.

<i>Rank</i>	Teste do Traço		<i>Rank</i>	Teste do Máximo Autovalor	
	Estatística	<i>p-value</i>		Estatística	<i>p-value</i>
R = 0	60,4814	0,0000	R = 0	48,4447	0,0000
R ≤ 1	12,0367	0,1552	R = 1	11,5074	0,1306
R ≤ 2	0,52931	0,4669	R = 2	0,52931	0,4669

Nota: Valores críticos das estatísticas (n° observações = 1330 – após ajustamento, ao nível de significância de 5%):

Teste do traço: R=0: 29,7970; R≤1: 15,4947; R≤2: 3,8414.

Teste do máximo autovalor: R=0: 21,1316; R≤1: 14,2646; R≤2: 3,84146.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os resultados dos testes de co-integração indicaram a existência de uma relação de longo prazo entre as séries. Logo, para averiguar se existe um efeito de causalidade (por antecipação) estatística entre os mercados brasileiro, americano e chinês, isto é, se as alterações em um dado mercado precedem, de forma sistemática, às alterações em outro mercado, foram desenvolvidos testes de causalidade propostos por Granger (1969), com a utilização das séries com uma defasagem, para o total de 1330 observações. Os resultados obtidos podem ser observados na tabela logo a seguir (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados dos Testes de Causalidade de Granger.

Hipótese Nula	F	<i>p-value</i>	Resultado Conclusivo
BMF não causa CME	1,37781	0,24791	Não se rejeita
CME não causa BMF	45,4567	5,9E-28	Rejeita-se
DALIAN não causa CME	0,38714	0,76229	Não se rejeita
CME não causa DALIAN	49,6915	2,0E-30	Rejeita-se
DALIAN não causa BMF	5,62691	0,00078	Rejeita-se
BMF não causa DALIAN	7,72788	4,1E-05	Rejeita-se

Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir dos testes de hipótese expressos acima, pode-se inferir a proeminência da Bolsa norte-americana no que concerne ao processo de descoberta de preço. Isso porque são observadas causalidades unilaterais dos preços da soja na CME em relação aos preços estabelecidos na BMF e em Dalian. Logo, a formação primária de preços, realizada em Chicago, bem como as mudanças dos mesmos, precedem temporalmente (causalidade de antecipação de Granger) as alterações de preços verificadas nas outras Bolsas. Tais resultados corroboram as expectativas iniciais dos autores do presente trabalho, de que há claro predomínio da Bolsa norte-americana acerca da formação internacional dos preços da soja, sendo referência para esta *commodity* em âmbito global.

Ademais, os resultados também sinalizam a existência de bi-causalidade (simultaneidade) entre as séries de preços dos mercados brasileiro e chinês, haja vista que os agentes que negociam contratos futuros de soja na BMF parecem tomar suas decisões com base nos preços estabelecidos em Dalian, e vice-versa. Tais constatações refletem a parceria de Brasil e China no comércio internacional da soja, uma vez que os *players* envolvidos nessas transações comerciais, ou seja, nas exportações brasileiras para o mercado chinês, aparentemente acompanham de forma sistemática os movimentos dos preços futuros da BM&F e da Bolsa de Dalian.

6. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivos principais analisar o grau de integração e a relação de causalidade entre os mercados futuros da soja de Brasil, EUA e China.

No que concerne às rentabilidades e volatilidades diárias dos preços futuros de soja, a Bolsa chinesa apresentou indicadores de rentabilidades consideravelmente inferiores em relação às outras Bolsas analisadas, refletindo seus arranjos e restrições institucionais e seu caráter relativamente incipiente no que diz respeito à dinâmica de mercados futuros em âmbito internacional. Além disso, as correlações entre os preços futuros da *commodity* envolvendo Dalian foram menores face à comparação CBOT/BM&F, embora todas as associações estatísticas calculadas sejam relativamente altas.

Em relação ao tratamento econométrico do estudo, o primeiro resultado a se destacar contempla o fato de que os logaritmos das séries de preços futuros da soja em nível são não-estacionários, enquanto o ajustamento com as séries em suas respectivas primeiras diferenças assegura a estacionariedade das mesmas, segundo o teste Dickey-Fuller Aumentado. Em outras palavras, as variáveis consideradas são ditas integradas de ordem um.

Outros resultados cruciais de acordo com a finalidade do estudo remetem aos testes de co-integração efetuados, através da metodologia proposta por Johansen. Em síntese, conclui-se que as séries temporais de preços futuros da soja para Brasil, EUA e China são co-integradas, ou seja, existe uma relação estrutural de equilíbrio de longo prazo entre as séries de preços analisadas.

Para os testes de causalidade realizados, baseados no arcabouço desenvolvido por Engle e Granger, que avaliam estatisticamente precedências temporais sistemáticas entre as séries, constata-se o papel central da Bolsa norte-americana no que diz respeito ao processo de descoberta de preço, já que são verificadas causalidades unilaterais dos preços da soja em Chicago em relação aos preços registrados na BM&F e na Bolsa de Dalian. Assim, as mudanças nos preços na CBOT precedem temporalmente (antecipação de Granger) as variações ocorridas nas outras Bolsas, consolidando o mercado futuro norte-americano como referência para a *commodity* agrícola em âmbito internacional. Além disso, os resultados sobre causalidade também mostram a existência de bi-causalidade entre as séries de preços da soja nos mercados futuros do Brasil e da China, pois os agentes que transacionam contratos do gênero em questão na BMF aparentemente baseiam suas decisões nos preços verificados em Dalian, e vice-versa. Isso reflete a parceria dos dois países no comércio internacional da soja, tendo em vista os volumes substanciais exportados pelo Brasil para o mercado chinês.

Os fatores limitantes do trabalho podem ser agrupados em três grandes itens: i) desconsideração de custos de transação, a exemplo, custos com fretes; ii) ausência de dois consideráveis *players* na análise do processo de descoberta de preço para a soja, a saber, Argentina e União Europeia, com participações significativas de exportação e importação mundiais, respectivamente, e iii) a não inclusão de fluxos comerciais entre os países analisados, bem como de suas taxas de variação de comércio. É válido ressaltar que tais limitações servem como recomendações para futuros estudos envolvendo a mesma temática.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BESSLER, D. A.; COVEY, T. **Cointegration: some results on U.S. cattle prices.** Journal of Futures Markets 11: 461-471. 1991.
- CARNEIRO, F. G. **A metodologia dos testes de causalidade em economia.** Brasília. Departamento de Economia, UnB, Série Textos Didáticos n. 20. 1997.
- CARVALHO, A.C.; CARVALHO, D.F.; RIBEIRO, M.R.; SANTANA, A.C. **Análises dos testes de cointegração e de correção de erro dos preços de café e do cacau no mercado internacional de futuros e opções.** Novos Cadernos NAEA, v. 10, n.1, p. 45-70. 2007.
- COLLINGS, P. L.; IRWIN, S. H. **The reaction of live hog future prices in USDA hogs and pigs reports.** American Journal of Agricultural Economics 72: 84-94. 1990.
- DOW JONES. 2010. Disponível em: <www.dowjones.com>
- ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series.** John Wiley & Sons, New York. 1ª Edição. 1995.

- ENGLE, R.F.; GRANGER, C.W.J. **Cointegration and error correction: representation, estimation, and testing**. *Econometrica*, v 35, n 1, p. 251-276. 1987.
- FULLER, W. A. **Introduction to statistical time series**. New York: John Wiley. 1976.
- GRANGER, C. W. J. **Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods**. *Econometrica* 37, 424-438. 1969.
- GRANGER, C. W. J.; NEWBOLD, P. **Spurious regressions in econometrics**. *Journal of Econometrics*, 2, 111-120. 1974.
- GRUNEWALD, O., M. S. MCNULTY, A. W. Biere. **Live Cattle Futures Response to 'Cattle on Feed Reports.'** *Amer. J. Agr. Econ.* 75:131-37. 1993.
- GUJARATI, D. **Econometria Básica**. Editora ELSEVIER. 4ª Edição. São Paulo. 2006.
- HATEMI-J, A.; IRANDOUST, M. **Bilateral trade elasticities: Sweden versus her trade partners**. *American Review of Political Economy*, vol. 3, nº 2. 2005.
- JOHANSEN, S; JUSELIUS, K, **Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money**, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52: 169-210. 1990.
- LAZZARINI, S. G. **Gerenciamento de riscos de preços no sistema agroindustrial brasileiro da soja**. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 1979-1998. Brasília: SOBER, 1999.
- MAYNARD L. J. et al. **Performance of shrimp future markets as price discovery and hedging mechanisms**. *Aquaculture economics and management* 5. 115-128. 2001.
- OELLERMANN, C. M., B. W. BRORSEN, and P. L. FARRIS. **Price Discovery for Feeder Cattle**. *J. Futures Mkts.* 9: 113-21. 1989.
- URSO, F.S.P. **A cadeia da carne bovina no Brasil: uma análise de poder de mercado e teoria da informação**. Tese de doutorado em Economia, Escola de Economia da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, SP. 2007.
- SCHROEDER, T. C.; GOODWIN, B.K. **Price discovery and cointegration for live hogs**. *Journal of Futures Markets*, v 11, n. 6, p. 685-696. 1991.
- SOUZA, W. A. **Determinantes da viabilidade de mercados futuros agropecuários no âmbito do Mercosul**. Piracicaba. 136p. Dissertação (M.S.) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 1998.
- VALENTE, M.L.C.; BRAGA, M.J. **Causalidade e co-integração no mercado de café entre a BM&F e a NYBOT**. XLIV Congresso da SOBER. p. 1 – 15. 2006.
- WANG, G.H.K.; YAU, J. **A time series approach to testing for market linkage: unit root and cointegration tests**. *The Journal of Futures Markets*, v. 14, n. 4, p. 457-474. June, 1994.
- YANG, J.; BESSLER, D.A.; LEATHAM, D. J. **Asset storability and price discovery in commodity futures markets: a new look**. *Journal of Futures Markets*, v. 21, n. 3, p. 279-300. 2001.

ANEXO

Tabela 1. Comparativo dos contratos negociados nas Bolsas analisadas

Itens	Contratos de Soja		
	BM&F	CBOT	Dalian Commodity Exchange
Objeto de negociação	Soja brasileira tipo exportação	Soja amarela # 2 a preço do contrato, Soja amarela # 1, com 6 cents/bu pelo prêmio, e soja amarela # 3 com desconto de 6 cents/bu	Soja amarela # 3, com rendimento mínimo do <i>kernel</i> de 81%
Unidade de Negociação	27 toneladas métricas ou 450 sacas de 60 quilos de soja em grão a granel.	5,000 bushels (136 toneladas métricas, aproximadamente)	10 toneladas métricas
Cotação	Dólares dos EUA por saca de 60 quilos, com duas casas decimais.	Cents por bushels	CNY/tonelada métrica
Varição Mínima na cotação	US\$0,01 por saca de 60 quilos.	1/4 de um centavo por bushel (US\$ 12,50 por contrato)	1 CNY/tonelada métrica
Meses de vencimento	Março, Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Novembro	Janeiro, Março, Maio, Julho, Agosto, Setembro e Novembro	Janeiro, Março, Maio, Julho, Setembro e Novembro
Margem de garantia	Baseia-se nos conceitos de Teste de Stress e Fator Primitivo de Risco (FPR). Testa os ganhos e as perdas hipotéticas de cada portfólio contra as variações de seus FPRs → maior perda hipotética, = margem de garantia cobrada da carteira.	Especuladores: US\$ 4.388. <i>hedger</i> : US\$ 3.250	5% do valor do contrato (temporariamente 10%).
Taxa operacional básica	Operação normal: 0,30%; <i>day trade</i> : 0,07%.	Viva-voz: US\$ 0,09 Pregão eletrônico: US\$ 0,14	Não mais de 4 CNY/contrato.
Ponto de entrega e de referência de preço	O preço na BM&F refere-se à soja na condição transferida no armazém/silo portuário e depositada em Paranaguá	Porto de Chicago	Armazéns designados pela DCE.
Data de vencimento e último dia de negociação	Nono dia útil anterior ao primeiro dia do mês de vencimento. Nesse dia, não se admitirão abertura de novas posições vendidas nem operações <i>day trade</i> .	Segundo dia útil após o último pregão do mês de vencimento; Dia útil anterior ao dia 15 do mês de vencimento.	Décimo dia de negociação do mês de vencimento; Sétimo dia após o último pregão do mês de vencimento.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.