



RAM. Revista de Administração Mackenzie

ISSN: 1518-6776

revista.adm@mackenzie.com.br

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Brasil

DA ROCHA DE SOUZA, WALDEMAR ANTÔNIO; DO CARMO FILHO, MANOEL MARTINS; GOMES  
MARTINES FILHO, JOÃO; MARQUES, PEDRO VALENTIM

Uso de Análise Espectral e Regras de Filtragem em Operações com Contratos Futuros de Soja no  
Brasil

RAM. Revista de Administração Mackenzie, vol. 14, núm. 4, julio-agosto, 2013, pp. 165-188

Universidade Presbiteriana Mackenzie

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195428131007>

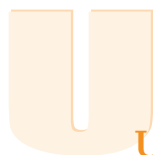
- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto



## USO DE ANÁLISE ESPECTRAL E REGRAS DE FILTRAGEM EM OPERAÇÕES COM CONTRATOS FUTUROS DE SOJA NO BRASIL

### WALDEMAR ANTÔNIO DA ROCHA DE SOUZA

*Doutor em Economia Aplicada pelo Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Universidade de São Paulo (USP).*

*Professor do Departamento de Administração da Universidade Federal do Amazonas (Ufam).*

*Avenida General Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3.000, Campus Universitário, Coroado I*

*Manaus – AM – Brasil – CEP 69077-000*

*E-mail: warsouza@ufam.edu.br*

### MANOEL MARTINS DO CARMO FILHO

*Doutor em Engenharia dos Transportes pelo Programa de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).*

*Professor do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Amazonas (Ufam).*

*Avenida General Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3.000, Campus Universitário, Coroado I*

*Manaus – AM – Brasil – CEP 69077-000*

*E-mail: martins.manoel@gmail.com*

### JOÃO GOMES MARTINES FILHO

*Doutor em Agricultural Economics pelo Department of Agricultural, Environmental and Development Economics da Ohio State University.*

*Professor do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Universidade de São Paulo (USP).*

*Avenida Pádua Dias, 11, Agronomia, Piracicaba, São Paulo – SP – Brasil – CEP 13418-900*

*E-mail: martines@usp.br*

### PEDRO VALENTIM MARQUES

*Doutor em Economia Agrícola pelo Department of Agricultural Economics da University of Kentucky.*

*Professor do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Universidade de São Paulo (USP).*

*Avenida Pádua Dias, 11, Agronomia, Piracicaba, São Paulo – SP – Brasil – CEP 13418-900*

*E-mail: pvmarque@usp.br*

## RESUMO

Objetivou-se examinar a hipótese de eficiência semiforte de mercado (HEM) nos contratos futuros de soja do Brasil, negociados na BM&F-Bovespa, aplicando análise espectral e regras de filtragem. Os resultados comparados da teoria indicam conclusões diversas quanto à HEM em mercados futuros de *commodities* agropecuárias. Entretanto, a eficiência semiforte de mercado parece não se confirmar em preços futuros de soja. Após o teste, rejeitou-se o modelo de passeio aleatório para os preços futuros de ajuste da soja brasileiros. A avaliação ilustrou o potencial de arbitragem dos contratos, classificado posteriormente aplicando-se regras de filtragem com base em diversos intervalos de variação percentual dos preços de ajuste do grão na bolsa. Compuseram-se diversas estratégias operacionais de compra e venda no período amostral entre 2004 e 2010 com base nos intervalos. Classificando os resultados financeiros e percentuais de acertos lucrativos dos negócios, identificaram-se determinados subperíodos com maior incidência de ganhos positivos. A diferença entre os resultados pode ser atribuída ao recente regime de preços de *commodities*, prevalecente no mercado após 2008. Também, o potencial de lucratividade possibilita atrair novas operações de *hedge* e especulativas para o mercado futuro de soja brasileiro, aumentando o volume de negócios no mercado futuro de soja da BM&F-Bovespa. A lucratividade potencial examinada pode atrair novas operações de *hedge* e especulação, incrementando o volume negociado. O aumento dos negócios consolidará o contrato como uma alternativa eficiente de mitigação de risco e geradora de operações lucrativas no mercado futuro agropecuário brasileiro. Adicionalmente, o processo de descoberta de preços avaliando a constelação de preços futuros de um contrato desenhado com as características próprias da soja brasileira aumentará a eficácia administrativa do processo de comercialização do grão. A análise é inédita na literatura brasileira.

## PALAVRAS-CHAVE

Análise espectral; Regras de filtragem; Mercado futuro; Soja; BM&F-Bovespa.

# 1 INTRODUÇÃO

O uso de métodos alternativos para testar a hipótese de eficiência de mercado em contratos futuros agropecuários é tema recorrente de pesquisas, avaliando-se a hipótese de eficiência semiforte de mercado (HEM), conforme Fama (1970), pela qual os preços futuros registrariam todas as informações publicamente disponíveis. Alguns trabalhos aplicaram a análise espectral para identificar ciclos nos preços futuros agropecuários, negando a HEM. A rejeição da hipótese implicaria a possibilidade de arbitragem intertemporal nos mercados, que poderia ser feita usando regras operacionais definidas.

Nesse sentido, as regras de filtragem empregam parâmetros operacionais definidos para posicionamento nos mercados. A combinação de regras de filtragem com a análise espectral pode resultar em estratégias operacionais factíveis e lucrativas. Como ilustração, alguns autores avaliaram a HEM aplicando análise espectral e regras de filtro em mercados futuros de *commodities*, obtendo resultados financeiros positivos nas operações simuladas (LEUTHOLD, 1972; MURPHY, 1987).

A expectativa de resultados financeiros pode ser investigada em mercados futuros de pouca liquidez aplicando-se ambas as metodologias. Especificamente no Brasil, o volume diário de negociação dos contratos futuros de soja na BM&F-Bovespa é baixo se comparado com outras bolsas de futuros internacionais (BM&F-BOVESPA, 2011; CME GROUP, 2011).

Uma das condições necessárias para viabilizar a existência e operacionalização de longo prazo de um contrato futuro é manter elevado volume de negócios, fator de atração de *hedgers* e especuladores (BRORSEN; FOFANA, 2001). Dessa forma, a atratividade para as novas operações no mercado futuro de soja no Brasil, em particular para posições de especulação, dependerá da expectativa de retorno das operações. Já as posições de *hedge* relacionam-se com o potencial de mitigação e transferência de risco. Ambos os tipos de operações condicionam-se à existência de níveis adequados de liquidez do contrato futuro.

Uma alternativa para aumento da liquidez do mercado futuro do grão na BM&F-Bovespa é examinar a HEM, identificando a existência de padrões de preços que possibilitem gerar operações de *hedge* e especulação lucrativas, usando a análise espectral e regras de filtragem. Os resultados financeiros das operações podem traduzir-se em administração de risco mais eficiente pelos *hedgers*, gerando lucratividade positiva, aumento das operações e posições dinâmicas mais bem aferidas. Também poderão atrair os especuladores, responsáveis pela manutenção dos níveis de liquidez nos mercados.

Dessa forma, a questão de pesquisa investigada é: a identificação de padrões cíclicos nos preços dos contratos futuros de soja da BM&F-Bovespa resulta na estruturação de estratégias operacionais lucrativas. As questões de análise são: 1. aplicação da análise espectral em preços de ajuste diários dos contratos futuros de soja da BM&F-Bovespa para testar a hipótese de eficiência semiforte de mercado e identificar a existência de padrões cíclicos, períodos e frequências, supondo que os preços seguem um processo de passeio aleatório; 2. uso de um sistema operacional, caso identificados padrões cíclicos e rejeitada a hipótese de eficiência semiforte do mercado de soja da BM&F-Bovespa usando regras de filtragem; e 3. avaliação dos retornos financeiros das estratégias operacionais examinadas.

Na seção seguinte, apresentam-se as principais referências teóricas sobre a aplicação de análise espectral e regras de filtragem para testar a HEM em mercados futuros de *commodities* agropecuárias. Na terceira seção, indicam-se a metodologia e os dados usados. Seguem-se a seção de resultados e discussão e a última com o resumo e a conclusão do trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O teste da hipótese de eficiência semiforte de mercado (HEM) é tema recorrente na literatura sobre preços à vista e futuros de *commodities* agropecuárias. Uma das alternativas para testar a hipótese é supor que os preços seguem um processo de passeio aleatório. A investigação da ocorrência do passeio aleatório pode ser feita usando a análise espectral, em conjunto ou separadamente com regras de filtragem. O emprego das regras pode registrar resultados positivos em operações de arbitragem, quando rejeitada a HEM.

Sobre a eficiência de mercado, Fama (1970) definiu três tipos de eficiência de mercado. Na eficiência fraca, o conjunto informacional é formado apenas pelos preços passados. Na eficiência semiforte, os preços ajustam-se às informações disponíveis publicamente. Adicionalmente, a eficiência forte ocorre quando grupos ou investidores têm acesso monopolístico às informações. A eficiência semiforte parece prevalecer nos mercados de ações, apesar da ocorrência de choques estocásticos (FAMA; MACBETH, 1973).

Diversos autores testaram a eficiência semiforte em preços de *commodities* usando a hipótese do processo em que os preços seguem um passeio aleatório. Taylor (1980, 1982), usando vários procedimentos estatísticos, testou o passeio aleatório incluindo um parâmetro de tendência, rejeitando-o para o mercado de *commodities* de Londres. Entretanto, Allen e Som (1987) testaram a hipótese de eficiência semiforte no mercado de borracha de Londres, aceitando-a.

De forma análoga, Garcia, Hudson e Waller (1988) estimaram que os preços dos mercados futuros agropecuários eram eficientes, em particular os preços dos grãos e produtos estocáveis, podendo ser usados como bons previsores, apesar dos vieses. Similarmente, Otto (2010) usou o passeio aleatório para testar eficiência do mercado futuro de metais de Londres, registrando que os preços apresentavam eficiência semifraca.

Entretanto, Rausser e Carter (1983) avaliaram a HEM para os preços futuros do complexo de soja usando previsões de séries temporais, negando-a. Também Johnson et al. (1990), ao avaliarem a eficiência dos mercados futuros do complexo de soja com o uso de regras de filtragem, rejeitaram o passeio aleatório. Atribuíram os resultados às restrições e aos fundamentos econômicos existentes na indústria.

Algumas pesquisas aplicaram a análise espectral para testar a eficiência e outras características dos mercados de *commodities*, enquanto outros empregaram regras de filtragem. Poucas, porém, combinaram as duas metodologias. Para ilustrar o uso da análise espectral, Rausser e Cargill (1970) identificaram ciclos no mercado de carne de frango, atribuindo-os às características da indústria, como melhorias tecnológicas, crescimento de mercado e integração vertical, existindo também sazonalidade.

De forma análoga, Hartman (1974) empregou a análise espectral, identificando a existência de ciclos na produção de ovos. Praetz (1975) examinou os preços futuros do mercado de lã australiano, concluindo que descreviam ciclos. Recentemente, Wills-Johnson (2008), aplicando o método, identificou ciclos no mercado de derivados de petróleo da Austrália.

Da mesma maneira, Murphy (1987), aplicando análise espectral, estimou ciclos e padrões sazonais de preços futuros agropecuários, concluindo que o uso de contratos futuros agropecuários não contribuía para a diversificação de risco em portfólios, com baixa contribuição para o *hedge* sazonal. Também, Dawson (2009) usou o método para estimar os padrões cíclicos de preços e produção de suínos na Grã-Bretanha, identificando a existência de ciclos anuais e sazonais.

Alguns autores usaram regras de filtragem para testar a HEM nos mercados futuros de *commodities*. Como exemplo, Peterson e Leuthold (1982) empregaram regras de filtragem nos preços futuros de suínos, rejeitando a hipótese. Também, Cargill e Rausser (1975) aplicaram testes estatísticos e regras de filtragem para avaliar a HEM, concluindo que o modelo de passeio aleatório não explicava o comportamento dos preços futuros de *commodities*.

As regras de filtragem também podem ser usadas para avaliar estratégias operacionais nos mercados futuros de *commodities*. Irwin e Uhrig (1984), ao aplicarem sistemas operacionais (*trading systems*) com base em indicadores de análise técnica, em séries de preços futuros agropecuários no período de 1960 a 1983,

registraram lucratividade. Park e Irwin (2004, 2007) concluíram que a aplicação de regras simples de análise técnica em séries de preços futuros agropecuários apontou lucratividade até o início dos anos 1990.

Em adição, Miffre e Rallis (2007) investigaram o uso de regras de análise técnica em estratégias operacionais nos mercados futuros de *commodities*, identificando resultados financeiros positivos. No entanto, Marshall, Cahan e Cahan (2008), ao avaliarem várias regras operacionais nos contratos futuros de *commodities*, apontaram resultados agregados negativos. Porém, Feng e Hsu (2010), analisando diversos sistemas operacionais aplicados em preços futuros de *commodities* e financeiros, estimaram resultados conflitantes.

Nesse sentido, observa-se que Leuthold (1972) usou a análise espectral em conjunto com regras de filtragem nos mercados futuros de *commodities* agropecuárias, rejeitando a ocorrência de passeio aleatório e da HEM nos preços futuros de boi gordo. Identificou a possibilidade de arbitragem e padrões de lucratividade em operações com contratos futuros da *commodity*.

Assim, pode-se concluir que o teste da eficiência semiforte de mercado em mercados futuros de *commodities* combinando a análise espectral e regras de filtragem pode produzir ganhos positivos ao identificar os ciclos de produção e preços. A existência de ciclos nos preços traduz-se em possibilidade de arbitragem empregando regras operacionais factíveis, com lucratividade. Apesar disso, a metodologia é pouco explorada para avaliar os preços futuros de *commodities* agropecuárias.

No caso do Brasil, poucos estudos abordaram a identificação de padrões nos preços de *commodities* agropecuárias usando análise espectral. Por exemplo, Lamounier (2007) avaliou a existência de tendência, ciclo e sazonalidade nos preços do café *spot* em Nova Iorque, concluindo que a tendência registrava componente determinístico e estocástico, existindo também ciclo sazonal estocástico.

Também, Tosto et al. (2004), aplicando análise espectral aos preços da borracha natural, distinguiram a existência de ciclos definidos de produção e preços de dez e doze anos, respectivamente. Entretanto, inexistem estudos específicos combinando as técnicas de análise espectral e regras de filtragem em mercados à vista e futuros agropecuários brasileiros.

A contribuição deste estudo é o uso combinado da análise espectral e regras de filtragem para estimar a HEM semiforte nos preços futuros de soja da BM&F-Bovespa, avaliando os resultados financeiros das estratégias operacionais decorrentes da rejeição da hipótese. A abordagem é inédita na literatura brasileira sobre mercados futuros.

### 3 REFERENCIAL METODOLÓGICO E DADOS

Descrevem-se os modelos de passeio aleatório, a metodologia de análise espectral e regras de filtragem, bem como o conjunto de dados utilizado.

#### 3.1 MODELO DE PASSEIO ALEATÓRIO

O passeio aleatório é definido por:

$$X_t - X_{t-1} = \varepsilon_t \quad (I)$$

Em que:

$X_t$  = série de preços, em valores discretos;

$\varepsilon_t$  = variável aleatória com média zero, não correlacionada com  $\varepsilon_{t-k}$ , para todo  $k \neq 0$ . A variável  $\varepsilon_t$  denomina-se ruído branco.

Objetivou-se testar a HEM na série de preços dos contratos futuros de soja da BM&F-Bovespa, supondo comportarem-se como uma sequência randômica no tempo, sendo o valor de cada período igual ao valor anterior da série, ou seja, idêntico a um processo de passeio aleatório. Para o teste, aplicou-se a análise espectral, por ser um instrumental estatístico robusto, indicando a aleatoriedade da série temporal, ao construir intervalos de confiança para os valores estimados, conforme Rausser e Cargill (1970) e Leuthold (1972).

Em adição, o modelo de passeio aleatório dado pela Equação 1 pode ser aplicado para testar a hipótese de eficiência semiforte de mercado, pois a hipótese implica não existência de relação sistemática entre os erros de previsão dos preços atuais de determinada *commodity* e os erros passados da própria *commodity* ou de outras (GOSS, 1983).

#### 3.2 ANÁLISE ESPECTRAL

O método de análise espectral decompõe uma série temporal estacionária em componentes individuais associados a frequências ou períodos. A estacionariedade da série temporal é de segunda ordem, ou seja, o primeiro e segundo momentos do processo estocástico associado não são funções do tempo. A frequência indica o número de ciclos por unidade de tempo necessário para ocorrer um ciclo completo. Por exemplo, uma frequência de 0,10 ciclo mensal possui um período de dez meses.



Assim, a decomposição espectral de uma série temporal univariada gera a função de densidade espectral ou autoespectro sobre um intervalo de frequência  $(0, \pi)$ , medindo a importância relativa de cada intervalo em termos da sua contribuição para a variância total da série temporal. Tal função denomina-se espectro de variância, pois essencialmente analisa a variância de uma série temporal em termos da sua frequência.

A função densidade de potência baseia-se numa transformada de Fourier da autocovariância de uma série estacionária  $(X_t, t = 1, \dots, n)$ , aproximada por:

$$f(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{t=-\infty}^{\infty} \gamma(t) \cos \omega t \quad (2)$$

Em que:  $\gamma(t)$  indica a função de autocovariância.

Se um componente de frequência for relevante, o espectro exibirá um pico relativo nesse ponto. Dessa forma, a função de densidade espectral facilita a análise e simplifica a identificação de comportamentos variáveis ao longo do tempo. Adicionalmente, possui propriedades amostrais mais simples do que os modelos no domínio temporal (RAUSSER; CARGILL, 1970).

Antes da transformação da representação de uma série temporal de um domínio de tempo para um de frequência, especifica-se uma função de pesos para ser aplicada à função de autocovariância. A janela de *lags* de Parzen é geralmente utilizada em procedimentos de estimação. Os pesos são da forma (KOOPMANS, 1995; LEUTHOLD, 1972):

$$W(k) = \begin{cases} 1 - \frac{6k^2}{m^2} \left(1 - \frac{k}{m}\right), & 0 \leq k \leq \frac{m}{2} \\ 2 \left(1 - \frac{k}{m}\right)^3, & \frac{m}{2} < k \leq m \end{cases} \quad (3)$$

Em que:  $m$  = número de *lags*;  $k$  = intervalo de tempo entre os termos da função de autocovariância.

A aplicação dos pesos da Equação (3) na Equação (2) gera a função transformada necessária, ou seja, a autocovariância ponderada. A utilização dos pesos cria estimativas consistentes da função densidade de potência. Dessa maneira, ao invés de se estimar a potência associada a uma frequência precisa, a transformação obtém a estimativa da potência média centrada na frequência analisada. Tal fato equivale estatisticamente a obter a média em todo o periodograma.

Além disso, os pesos de Parzen são preferíveis a outros procedimentos de ponderação, pois: 1. permitem uma fuga espectral menor entre faixas de frequência; 2. geram apenas estimativas positivas da densidade espectral; e 3. permitem maiores graus de liberdade.

As estimativas espectrais comportam-se como variáveis aleatórias para as quais se calculam testes de significância. Antes de obter os testes para os picos relativos, o espectro é normalizado subtraindo a média e dividindo pela variância da série, gerando um valor teórico para a função de autocovariância do ruído branco, avaliada pela função de densidade espectral, considerada como uma série de variáveis aleatórias independentes e normalmente distribuídas, igual a 1,0.

Em seguida, aplica-se o teste de significância dos picos relativos criando intervalos de confiança para variáveis aleatórias independentes e normalmente distribuídas, conforme a expressão:

$$\Pr \left[ \chi^2_{\alpha}(v) \leq \frac{v \hat{f}(\varpi)}{f(\varpi)} \leq \chi^2_{1-\alpha}(v) \right] = 1 - 2\alpha \quad (4)$$

Em que:

$\chi^2(v)$  = valores padrões da distribuição qui-quadrado;

$v = 3,71$  n/m, ou seja, os graus de liberdade equivalente (KOOPMANS, 1995);

$\hat{f}(\varpi)$  = a estimativa do espectro da série;

$f(\varpi) = 1,0$ .

Um pico que ocorra fora do intervalo de confiança da série, como 95%, é julgado significativamente diferente de passeio aleatório no nível de 95% de confiança. Tal pico representa um componente relevante da frequência da série temporal.

Assim, a existência de picos fora do intervalo de confiança rejeita a hipótese de que os preços futuros da soja da BM&F-Bovespa seguem o modelo de passeio aleatório. Adicionalmente, a rejeição da hipótese de passeio aleatório rejeita a hipótese de eficiência semiforte de mercado dos preços futuros de soja da BM&F-Bovespa (RAUSSER; CARGILL, 1970; LEUTHOLD, 1972; PRAETZ, 1979; GOSS, 1983).

Entretanto, a estimação da função densidade espectral de séries temporais econômicas com tendência acentuada pode resultar em fuga espectral nas frequências baixas. Assim, necessita-se identificar a existência de tendência forte com teste de raiz unitária e aplicar um procedimento para pré-branqueamento das séries (GRANGER, 1966).

Especificamente para os preços de ajuste da soja da BM&F-Bovespa, aplicou-se o teste de raiz unitária *Augmented Dickey Fuller* (ADF) para os intervalos temporais analisados das séries em nível (DICKY; FULLER, 1979). Nos casos em que a hipótese da existência de raiz unitária das séries em nível não foi rejeitada, aplicou-se o pré-branqueamento das séries usando as primeiras diferenças para calcular a função densidade espectral, analogamente a Leuthold (1972) para os preços futuros de boi gordo dos Estados Unidos.

### 3.3 REGRAS DE FILTRAGEM

As regras operacionais mecânicas, denominadas de regras de filtragem ou filtros, são modelos de simulação que avaliam a existência de dependência não linear nos preços de ativos financeiros e de *commodities*. Vários operadores profissionais de mercado, especialmente grafistas, afirmam que existem padrões não lineares e dependência nos preços, gerando a possibilidade de ganhos especulativos, apesar de os resultados estatísticos indicarem aleatoriedade.

A aplicação das regras de filtro mecânicas sobre os preços futuros de *commodities* supera alguns problemas encontrados em estudos sobre o mercado acionário. Por exemplo, as regras são aplicadas diretamente sobre os preços, ao invés de índices. Também inexistem dividendos distribuídos para *commodities*, como são para as ações, eliminando dessa forma as fontes de vieses potenciais. A questão de determinação das probabilidades de ocorrência em resultados similares, entretanto, não pode ser feita (LEUTHOLD, 1972).

Dessa maneira, as regras de filtragem empregadas neste estudo foram: se o preço de ajuste diário de um contrato futuro de soja da BM&F-Bovespa aumentou pelo menos  $x$  por cento em relação ao mínimo da operação anterior, ocorreu uma compra, carregando-se a posição até que o preço diminua ao menos  $x$  por cento em relação ao valor máximo subsequente. Nesse momento, simultaneamente vendeu-se, revertendo a operação anterior.

Manteve-se a posição de venda até que o preço de ajuste diário aumentasse ao menos  $x$  por cento acima do valor mínimo realizado em sequência, ocorrendo reversão da posição, operando-se uma nova compra. Posicionou-se continuamente no mercado, na compra ou venda, dependendo do sinal identificado pela regra de filtragem.

Por exemplo, quando se aplicou a regra de filtro de 4% em 5 de dezembro de 2008, o preço futuro de ajuste da soja na BM&F-Bovespa aumentou de US\$ 17,20, valor mínimo atingido em relação à última operação de venda, para US\$ 18,06, subindo cerca de 5% em relação ao valor paramétrico da regra. Ocorreu então a reversão da operação, desfazendo-se da posição de venda iniciada antes de 5 de dezembro de 2008, comprando-se e carregando um contrato.

Então, em 9 de janeiro de 2009, desfez-se a operação de compra, pois o preço de ajuste diminuiu de US\$ 22,66 para US\$ 21,53, caindo mais de 4% em relação ao preço máximo realizado no intervalo de preços subsequente à compra. Na ocasião, operou-se uma venda, carregada até a próxima subida dos preços acima de 4% do valor mínimo intervalar. Repetiu-se o procedimento sucessivamente, carregando-se uma posição, com a parametrização dada pelo valor de variação percentual dos preços de ajuste da regra de filtragem.

Aplicou-se a regra de filtragem ao mesmo conjunto de dados usados para a análise espectral, ou seja, a série contínua dos preços de ajuste dos contratos futuros de soja da BM&F-Bovespa. A regra baseou-se em diversos valores para  $x$ , a variação percentual dos preços, entre 2%, 4%, 5%, 7% e 10%, respectivamente. Fez-se o *rollover* dos contratos no dia anterior ao vencimento, registrando uma série contínua dos preços futuros de ajuste do grão.

Efetuaram-se também as operações ao preço de ajuste do dia que disparou a decisão com base na regra de filtragem, ao invés do preço correspondendo ao valor percentual exato de variação dado pela regra em relação ao preço inicial. Carregaram-se as posições de compra e venda até o dia de reversão das operações ao preço de ajuste sinalizado pela regra.

A seguir, para o cálculo do resultado financeiro, deduziram-se as comissões e taxas cobradas pela BM&F-Bovespa do valor bruto de cada operação de compra e venda, equivalentes a aproximadamente 0,32% por negócio. Entretanto, para simplificar a análise, desconsideraram-se os depósitos e as chamadas de margem, bem como o custo de oportunidade.

Avaliou-se o retorno financeiro líquido de cada período somando os resultados individuais das operações realizadas nos subperíodos. Também se calculou o percentual de acertos, estimado pelo número total de retornos positivos dividido pelo número total de retornos em cada período.

### 3.4 DADOS

Utilizaram-se os preços de ajuste diários do contrato futuro de soja, entrega física, da BM&F-Bovespa, entre 1º de abril de 2004 e 31 de março de 2010.

O emprego dos preços de ajuste justifica-se pelo fato de os preços sofrerem menor influência da falta de liquidez durante o horário normal de pregão. São determinados pela equipe técnica da bolsa no final do pregão, se não houver respondentes ao *call* de fechamento. O Quadro 1 apresenta as especificações do contrato futuro de soja da BM&F-Bovespa.

**QUADRO I**

**PRINCIPAIS ESPECIFICAÇÕES DO CONTRATO FUTURO  
DE SOJA DA BM&F-BOVESPA – ENTREGA FÍSICA**

ITEM	ESPECIFICAÇÃO
<i>Commodity</i>	Soja brasileira do tipo exportação, classificada conforme especificações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa)
Cotação	Dólares americanos por saca de 60 kg
Unidade de negociação	27 toneladas métricas ou 450 sacas de 60 kg
Meses de vencimento	Março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e novembro
Vencimento e último dia de negociação	Nono dia útil anterior ao primeiro dia do mês de vencimento
Ponto de entrega e referencial de preços	Paranaguá (PR)
Ajuste diário	Baseado no preço de exercício, conforme as regras da Bolsa
Garantias	Calculadas diariamente, especificadas por tipo de operador, <i>hedgers</i> e outros

Fonte: BM&F-Bovespa (2009).

A fim de comparar os resultados financeiros, subdividiu-se a série contínua dos preços futuros de ajuste do grão, englobando o período de 2004 a 2010, em seis subconjuntos equivalentes a períodos de doze meses, com início em abril e final em março de cada ano, correspondendo aproximadamente ao ano-safra da soja no Brasil. Dessa maneira, examinaram-se os subperíodos entre 2004/5 e 2009/10.

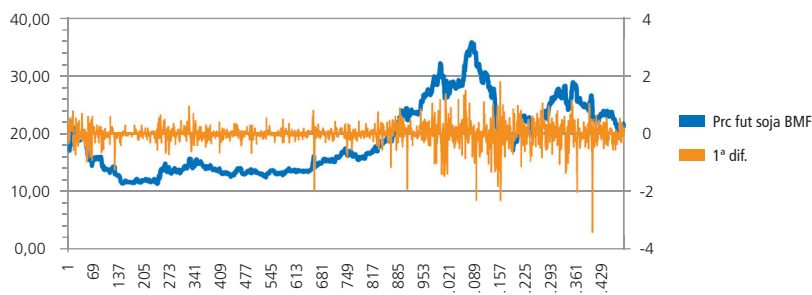
Entretanto, para melhor ilustrar o comparativo, iniciaram-se as operações no início de cada período anual, encerrando-as no final, sem carregamento entre os sucessivos subperíodos, ou seja, interromperam-se as posições no final de cada segmento temporal.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins analíticos, explicitam-se, no Gráfico 1, a série contínua dos preços futuros de ajuste do contrato futuro de soja da BM&F-Bovespa e as primeiras diferenças, tomadas como *proxy* da volatilidade realizada, entre 1º de abril de 2004 e 31 de março de 2010.

GRÁFICO I

# PREÇOS E PRIMEIRAS DIFERENÇAS – CONTRATO FUTURO DE SOJA BM&F-BOVESPA



De abril de 2004 a março de 2010 – série contínua – US\$/sc 60 kg.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando o Gráfico I, pode-se apontar a ocorrência de três momentos distintos. O primeiro caracterizou-se pela elevação da volatilidade com queda dos preços, que recuaram de aproximadamente US\$ 20 para US\$ 12. No segundo a volatilidade diminuiu, com os preços estabilizados numa faixa entre aproximadamente US\$ 12 e US\$ 17. A partir do terceiro, os preços atingiram valores acima de US\$ 35, com posterior recuo, associados a elevadas volatilidades.

O terceiro momento identificado pode estar associado ao forte incremento dos preços das *commodities* a partir de 2008, impulsionados pela alta dos preços do petróleo, com queda subsequente devida à crise *subprime*. Nesse sentido, pode-se distinguir a existência de um novo regime de preços de *commodities* iniciado em 2008, caracterizado por elevação dos preços médios e da volatilidade (FARMDOCDAILY, 2011).

Em adição, apontam-se, na Tabela I, os resultados dos testes de raiz unitária das séries de preços futuros diários da soja da BM&F-Bovespa, em subperíodos anuais, valores em nível e primeiras diferenças.

TABELA I

## PREÇOS FUTUROS DA SOJA NA BM&F-BOVESPA

PERÍODO	SÉRIE EM NÍVEL <sup>1</sup>	SÉRIE EM PRIMEIRA DIFERENÇA <sup>2</sup>
2004-2005	-1.2271	-14.3570
2005-2006	-2.8679	-14.8403

(continua)

**TABELA 1 (CONCLUSÃO)**

**PREÇOS FUTUROS DA SOJA NA BM&F-BOVESPA**

PERÍODO	SÉRIE EM NÍVEL <sup>1</sup>	SÉRIE EM PRIMEIRA DIFERENÇA <sup>2</sup>
2006-2007	-2.4316	-15.2522
2007-2008	-2.9648	-14.9902
2008-2009	-1.3843	-14.7980
2009-2010	-2.1766	-14.8580

Resultado dos testes de raiz unitária *Augmented Dickey-Fuller* (ADF). Séries em nível e primeiras diferenças. Períodos anuais com valores diários.

Obs.: 1. Modelo com tendência e intercepto, valores críticos: -3.9956 (1%), -3.4281 (5%) e -3.1374 (10%); 2. modelo sem tendência e intercepto, com valores críticos: -2.5744 (1%), -1.9421 (5%) e -1.6158 (10%).

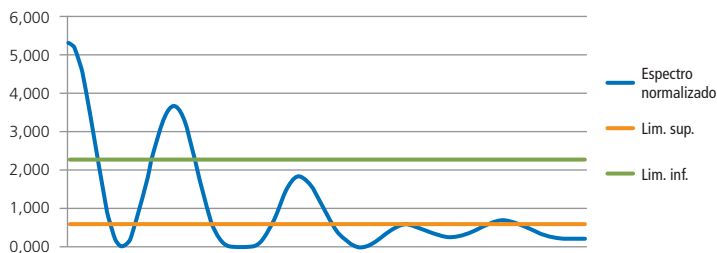
Fonte: Elaborada pelos autores.

Observou-se, na Tabela 1, que as séries em nível apontavam a existência de raiz unitária, enquanto as representações em primeiras diferenças eram estacionárias. Dessa forma, usaram-se as primeiras diferenças das séries dos preços futuros de soja da BM&F-Bovespa na aplicação da análise espectral, procedimento análogo a Leuthold (1972).

Assim, registraram-se os resultados do teste da hipótese de eficiência semi-forte do mercado futuro de soja brasileiro usando a análise espectral nos subperíodos anuais nos gráficos 2 a 7.

**GRÁFICO 2**

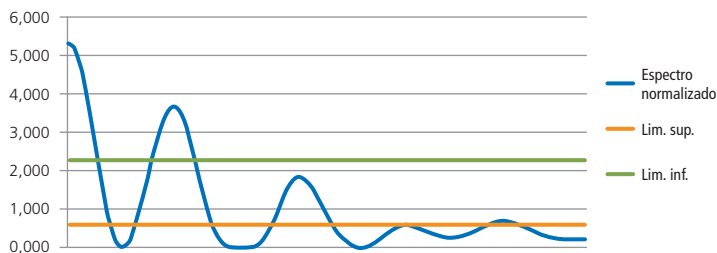
**ANÁLISE DO ESPECTRO E INTERVALO DE CONFIANÇA –  
PREÇOS DOS CONTRATOS FUTUROS DE SOJA  
DA BM&F-BOVESPA – PERÍODO: 2004-2005**



Fonte: Elaborado pelos autores.

GRÁFICO 3

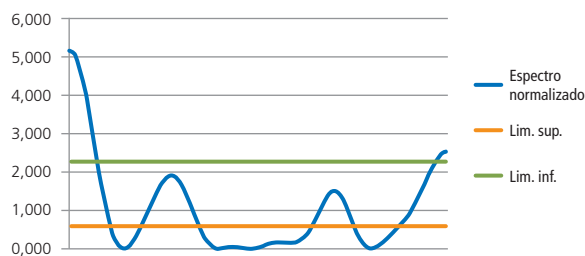
**ANÁLISE DO ESPECTRO E INTERVALO DE CONFIANÇA –  
PREÇOS DOS CONTRATOS FUTUROS DE SOJA  
DA BM&F-BOVESPA – PERÍODO: 2005-2006**



Fonte: Elaborado pelos autores.

GRÁFICO 4

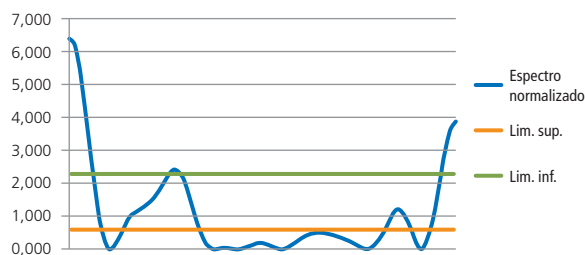
**ANÁLISE DO ESPECTRO E INTERVALO DE CONFIANÇA –  
PREÇOS DOS CONTRATOS FUTUROS DE SOJA  
DA BM&F-BOVESPA – PERÍODO: 2006-2007**



Fonte: Elaborado pelos autores.

GRÁFICO 5

**ANÁLISE DO ESPECTRO E INTERVALO DE CONFIANÇA –  
PREÇOS DOS CONTRATOS FUTUROS DE SOJA  
DA BM&F-BOVESPA – PERÍODO: 2007-2008**

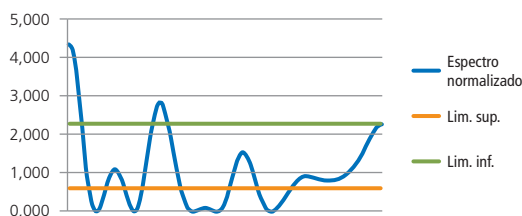


Fonte: Elaborado pelos autores.



GRÁFICO 6

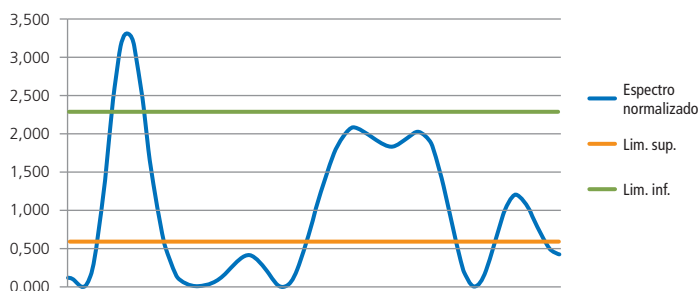
**ANÁLISE DO ESPECTRO E INTERVALO DE CONFIANÇA –  
PREÇOS DOS CONTRATOS FUTUROS DE SOJA  
DA BM&F-BOVESPA – PERÍODO: 2008-2009**



Fonte: Elaborado pelos autores.

GRÁFICO 7

**ANÁLISE DO ESPECTRO E INTERVALO DE CONFIANÇA –  
PREÇOS DOS CONTRATOS FUTUROS DE SOJA  
DA BM&F-BOVESPA – PERÍODO: 2009-2010**



Fonte: Elaborado pelos autores.

O exame dos gráficos de 2 a 7 demonstrou a ocorrência de padrões cíclicos nos subconjuntos de tempo da série contínua de preços dos contratos futuros da soja da BM&F-Bovespa, uma vez que o periodograma da análise espectral de todos os subperíodos analisados registraram picos de valores fora do intervalo de confiança a 95% de significância. Dessa forma, rejeitaram-se a hipótese de eficiência semiforte e o passeio aleatório, identificando a não eficiência do mercado futuro de soja do Brasil.

Pode-se concluir então que existiu a possibilidade de arbitragem usando contratos futuros de soja da BM&F-Bovespa no período estimado. O registro alinhou-se com resultados de pesquisas similares em mercados futuros de *commodities* agropecuárias, como Peterson e Leuthold (1982) e Taylor (1980, 1982).

De forma similar, a rejeição da HEM para o mercado futuro de soja está em conformidade com pesquisas anteriores, exemplificadamente as conclusões de Rausser e Carter (1983) e Johnson et al. (1990). A rejeição da hipótese pode esclarecer a influência dos efeitos econômicos sobre o processo de precificação do grão no Brasil. Além disso, traduz-se em potencial atratividade para novas operações de *hedge* e especulação, contribuindo para elevar os volumes dos contratos futuros de soja negociados na BM&F-Bovespa.

Em seguida à rejeição do passeio aleatório, aplicaram-se as regras de filtragem apontadas na seção 3.3 para definir estratégias operacionais com o contrato futuro de soja da BM&F-Bovespa. A avaliação dos resultados, os retornos financeiros e o percentual de acertos positivos encontram-se nas tabelas 2 e 3.

**TABELA 2**

**ESTRATÉGIAS OPERACIONAIS COM REGRA DE FILTRAGEM**

PERÍODO	2%	4%	5%	7%	10%
2004/5	-\$ 791	-\$ 823	\$ 1.978	\$ 1.436	\$ 1.003
2005/6	-\$ 454	-\$ 152	-\$ 1.993	-\$ 853	-\$ 2.280
2006/7	-\$ 1.794	-\$ 1.004	-\$ 651	-\$ 1.107	-\$ 2.428
2007/8	-\$ 2.463	-\$ 6.408	-\$ 2.982	\$ 1.542	\$ 804
2008/9	-\$ 961	\$ 3.419	\$ 1.420	-\$ 6.863	-\$ 1.136
2009/10	-\$ 2.671	\$ 1.876	\$ 134	\$ 876	\$ 704

Retorno financeiro acumulado – US\$/contrato.

Fonte: Elaborada pelos autores.

**TABELA 3**

**ESTRATÉGIAS OPERACIONAIS COM REGRA DE FILTRAGEM**

PERÍODO	2%	4%	5%	7%	10%
2004/5	26%	33%	47%	36%	60%
2005/6	41%	48%	29%	57%	25%
2006/7	28%	31%	50%	9%	11%
2007/8	32%	24%	38%	57%	44%

(continua)

**TABELA 3 (CONCLUSÃO)**

**ESTRATÉGIAS OPERACIONAIS COM REGRA DE FILTRAGEM**

PERÍODO	2%	4%	5%	7%	10%
2008/9	40%	42%	46%	24%	35%
2009/10	27%	38%	39%	56%	58%

Percentual de acertos – retorno positivo.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Tabela 2, o exame do perfil financeiro dos resultados identificou a concentração de ganhos positivos em determinadas épocas, notadamente os subperíodos 2004/5 e 2007/8 a 2009/10, apesar da aplicação de diferentes intervalos de variação percentual dos preços.

Além disso, a comparação com a Tabela 3 corrobora a ocorrência de lucratividade com percentual de acertos com retornos positivos próximos e superiores a 40%. Para ilustrar, registram-se os lucros de US\$ 1.003 e US\$ 1.876, nos subperíodos 2004/5, com a regra de 10%, e 2009/10, aplicando a regra de 4%.

Entretanto, ocorreram fortes percentuais de acertos com retorno positivo em subperíodos com resultados agregados negativos, por exemplo, os subperíodos 2005/6, com a regra de 7%, e 2006/7, com a de 5%, atingindo 57% e 50% de acertos e resultados negativos de –US\$ 853 e – US\$ 651, respectivamente.

Assim, pode-se concluir que os preços futuros da soja da BM&F-Bovespa demonstram padrões de comportamento similares aos de outras pesquisas sobre a aplicação de regras de filtragem em preços de *commodities* agropecuárias, como Leuthold (1972), Irwin e Uhrig (1984), Park e Irwin (2004, 2007) e Miffre e Rallis (2007).

Entretanto, quando se analisaram mais detalhadamente os subperíodos, identificou-se uma incidência sistemática de retorno financeiro acumulado e acertos positivos nas épocas em que os preços futuros da soja no Brasil apresentavam tendência definida de alta ou baixa e elevada volatilidade. Como exemplo, o subperíodo 2008/9 apontou os resultados financeiros positivos mais altos usando as regras de variação percentual de 4% e 5%, exatamente no mesmo período de elevação dos preços médios e da volatilidade registrado no Gráfico 1.

Em suma, as regras de filtragem aplicadas no contrato futuro de soja da BM&F-Bovespa parecem demonstrar melhores resultados em épocas de tendência definida e volatilidade elevada dos preços, como o período iniciado em 2008. Tal fato implica maior atratividade para operações de mitigação do risco e de

especulação baseada em expectativas de fortes variações dos preços, de alta ou baixa, elevando o potencial de aumento de liquidez do mercado, atraindo volumes crescentes de negócios.

## 5 CONCLUSÕES

Aplicou-se a análise espectral para testar a hipótese de eficiência semiforte de mercado nos preços do contrato futuro de soja da BM&F-Bovespa, supondo que seguissem o modelo de passeio aleatório. Subsequentemente, rejeitada a hipótese, empregaram-se regras de filtragem para identificar estratégias operacionais, avaliando os resultados financeiros e o percentual de retorno positivo das operações.

Assim, registrou-se que os preços futuros da soja na BM&F-Bovespa não seguiam o modelo de passeio aleatório, apresentando valores fora do intervalo de confiança de 95% de significância do periodograma espectral dos subperíodos analisados. O fato pode estar associado às características microeconômicas da indústria de soja no Brasil, determinantes do processo de precificação do grão. Assim, identificou-se a possibilidade de arbitragem com o contrato, em linha com resultados de pesquisas similares com *commodities* agropecuárias e na soja em particular (LEUTHOLD, 1972; RAUSSER; CARTER, 1983; JOHNSON et al., 1990).

Em seguida, a aplicação de regras de filtragem com diferentes valores de variação percentual dos preços futuros da soja da BM&F-Bovespa demonstrou a ocorrência de estratégias operacionais lucrativas em determinados períodos, conclusão similar a Irwin e Uhrig (1984) e Park e Irwin (2004, 2007).

Os resultados positivos mais significativos e constantes ocorreram em períodos de tendência definida e forte volatilidade dos preços, de alta ou de baixa. Por exemplo, notou-se elevada incidência de resultados positivos e acertos nos subperíodos 2004/5, bem como 2007/8 a 2009/10, comparativamente aos demais. Os efeitos podem ser explicados pelo registro de maiores patamares de preços médios de *commodities* e elevada volatilidade, em especial a partir de 2008 (FARMDAILY, 2011).

Por sua vez, as estratégias operacionais que apresentaram os ganhos financeiros positivos mais frequentes situaram-se na faixa entre 4% e 5% de filtragem dos preços. Observa-se que a correlação entre os acertos e os resultados positivos é superior a 40%. Tais fatos podem apontar que se repetem os rendimentos financeiros positivos mais frequentes com o contrato de soja da BM&F-Bovespa num ambiente de tendência definida de alta ou de baixa dos preços e de forte

volatilidade. Então, no atual regime de preços de *commodities*, o contrato futuro do grão pode gerar rendimentos operacionais positivos e persistentes.

Dessa forma, a lucratividade do mercado futuro de soja da BM&F-Bovespa pode atrair novas operações de *hedge* e especulação, aumentando o volume negociado. O aumento da movimentação contratual consolidará o instrumento como uma alternativa eficiente de mitigação de risco e geradora de operações lucrativas no mercado futuro agropecuário brasileiro. Além disso, incrementará o processo de descoberta de preços avaliando a constelação de preços futuros de um contrato desenhado com as características próprias da soja brasileira.

Entretanto, esclarece-se que a abordagem utiliza a série contínua dos preços futuros da soja da BM&F-Bovespa, desconsiderando o contrato negociado com maior volume. Além disso, as operações são iniciadas e encerradas em cada subperíodo analisado. Se houvesse carregamento das posições, os resultados seriam diferentes. Além disso, a baixa liquidez do contrato de soja no Brasil, comparada com outras bolsas de futuros internacionais, provoca dificuldades de entrada e saída nas operações, o que pode alterar os resultados financeiros. A aplicação das regras de filtragem usadas em outros mercados e bolsas de futuros pode gerar resultados diferenciados.

Como futuras pesquisas, sugere-se a aplicação da análise espectral e das regras de filtragem em outras *commodities* agropecuárias negociadas na BM&F-Bovespa. Outra temática poderia aplicar a metodologia sobre intervalos temporais mais curtos, como intradiários, ou ainda comparar resultados entre tipos diferentes de mercados futuros.

## SPECTRAL ANALYSIS AND FILTERING RULES USAGE IN TRADES WITH THE BRAZILIAN FUTURE SOYBEAN CONTRACT

### ABSTRACT

The aim was to examine the semi-strong efficient market hypothesis (EMH) in soybean futures contracts in Brazil, traded in BM&F-Bovespa, applying spectral analysis and filtering rules. The comparative results in the theory indicate different conclusions about the EMH in agricultural commodity futures markets. However the market efficiency seems not confirmed for the Brazilian soybean futures prices. After testing, we rejected the random walk model for the Brazilian soybean futures settlement prices. The evaluation illustrated the contract arbitrage potential, subsequently classified applying filtering rules based on various

ranges of the grain percentage futures settlement prices in the exchange. We simulated various operational strategies for buying and selling in the sample period from 2004 to 2010 based on the intervals. Sorting the financial results and percentage of lucrative operations, we identified certain sub-periods with higher incidence of positive gains. The difference between the results may be attributed to the recent commodity prices regime, prevailing in the markets after 2008. Also, the examined potential profitability in the BM&F-Bovespa soybean future contract market might attract new hedging and speculative operations, raising the trading volume. The increase in business will consolidate the contract as an efficient alternative to mitigate risk and generate profitable operations in the Brazilian agricultural futures market. Additionally, the process of price discovery evaluating the constellation of futures prices of a contract designed with the characteristics of the Brazilian soybean will increase the administrative efficiency of the grain marketing process. The analysis is novel in the Brazilian literature.

## KEYWORDS

Spectral analysis; Filtering rules; Futures market; Soybean; BM&F-Bovespa.

## EL USO DEL ANÁLISIS ESPECTRAL Y LAS REGLAS DE FILTRADO EN LAS OPERACIONES DE CONTRATOS DE FUTUROS DE SOJA EN BRASIL

## RESUMEN

El objetivo era examinar la hipótesis de la eficiencia semi-fuerte del mercado (HEM) en los contratos futuros de la soja en Brasil, que cotiza en la BM&F-Bovespa, mediante la aplicación de análisis espectral y las reglas de filtrado. Los resultados comparativos de la teoría indican diferentes conclusiones sobre el HEM en los mercados de futuros agrícolas. Sin embargo, la eficiencia del mercado no parece confirmarse en los precios futuros de la soja. Después de las pruebas, hemos rechazado el modelo de paseo aleatorio de los precios futuros de los ajustes de soja de Brasil. La evaluación se ilustra el potencial de arbitraje de los contratos, clasificados posteriormente la aplicación de las reglas de filtrado basado en diversos rangos de porcentaje de ajuste de precios del grano en la bolsa. La simulación de diferentes estrategias de operación para la compra y venta en el período de la muestra desde 2004 hasta 2010 sobre la base de

intervalos. Clasificación de los resultados financieros y el porcentaje de negocio lucrativo correcta, hemos identificado algunos sub-períodos con mayor incidencia de ganancias positivas. La diferencia entre los resultados se pueden atribuir al sistema reciente de precios de los productos, vigentes en el mercado después de 2008. También se examina la rentabilidad potencial en el mercado de futuros de la soja de la BM&F-Bovespa puede atraer a nuevos cobertura y la especulación, el aumento del volumen de comercio. El aumento en los negocios se consolidará el contrato como una alternativa eficiente para mitigar el riesgo y la generación de operaciones rentables en el mercado brasileño de futuros agrícolas. Además, el proceso de descubrimiento de precios la evaluación de la constelación de los precios de futuros de un contrato diseñado con las características de la soja brasileña aumentará la eficiencia administrativa del proceso de comercialización del grano. El análisis es novedoso em la literatura brasileña.

## PALABRAS CLAVE

Análisis espectral; Reglas de filtrado; Mercado de futuros; Soja; BM&F-Bovespa.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, D. E.; SOM, L. M. On the efficiency of the UK Rubber Market. *Empirical Economics*, Vienna, v. 12, p. 179-195, 1987.
- BM&F-BOVESPA. Especificações do contrato futuro de soja com entrega física. 2009. Disponível em: <<http://www.bovespa.com.br>>. Acesso em: 15 set. 2011.
- BM&F-BOVESPA. Estatísticas de operações diárias. 2011. Disponível em: <<http://www.bovespa.com.br>>. Acesso em: 15 set. 2011.
- BROSEN, B. W.; FOFANA, N. F. Success and failure of agricultural futures contracts. *Journal of Agribusiness*, Athens, v. 19, n. 2, p. 129-145, Sept./Dec. 2001.
- CARGILL, T. F.; RAUSSER, G. C. Temporal price behavior in commodity futures markets. *The Journal of Finance*, Chicago, v. 30, n. 4, p. 1043-1053, Sept. 1975.
- CME GROUP. Estatísticas de operações diárias. 2011. Disponível em: <<http://www.cmegroup.com>>. Acesso em: 15 set. 2011.
- DAWSON, P. J. The UK pig cycle: a spectral analysis. *British Food Journal*, Bengley, v. 111, n. 11, p. 1237-1247, 2009.
- DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, Alexandria, v. 74, n. 366, p. 427-431, 1979.
- FAMA, E. F. Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, Chicago, v. 25, n. 2, p. 383-417, May 1970.
- FAMA, E. F.; MACBETH, J. D. Risk, return and equilibrium: empirical tests. *Journal of Political Economy*, Chicago, v. 81, n. 3, p. 607-636, May/June 1973.

- FARMDOCDAILY. A new era in crop prices. *Farmdocdaily*. University of Illinois at Urbana-Champaign, 2011. Disponível em: <[http://www.farmdocdaily.illinois.edu/2011/03/a\\_new\\_era\\_in\\_crop\\_prices.html](http://www.farmdocdaily.illinois.edu/2011/03/a_new_era_in_crop_prices.html)>. Acesso em: 20 ago. 2011.
- GARCIA, P.; HUDSON, M. A.; WALLER, M. L. The pricing efficiency of agricultural futures markets: an analysis of previous research results. *Southern Journal of Agricultural Economics*, Athens, v. 10, n. 1, p. 119-130, July 1988.
- GOSS, B. The semi-strong form efficiency of the London metal exchange. *Applied Economics*, Oxon, v. 15, n. 5, p. 681-698, 1983.
- GRANGER, C. W. J. The typical spectral shape of an economic variable. *Econometrica*, Chicago, v. 34, n. 1, p. 150-161, 1966.
- HARTMAN, D. G. The egg cycle and the ability of recursive models to explain it. *American Journal of Agricultural Economics*, Milwaukee, v. 56, n. 2, p. 254-262, May 1974.
- IRWIN, S. H.; UHRIG, J. W. Technical analysis – a search for the holy grail? In: NCR-134 CONFERENCE ON APPLIED COMMODITY PRICE ANALYSIS, FORECASTING, AND MARKET RISK MANAGEMENT, 1984. *Anais...* Disponível em: <<http://www.farmdoc.uiuc.edu/ncccr134>>. Acesso em: 1º set. 2011.
- JOHNSON, R. L.; ZULAUF, C. R.; IRWIN, S. H.; GERLOW, M. E. The soybean complex spread: an examination of market efficiency from the viewpoint of a production process. In: NCR-134 CONFERENCE ON APPLIED COMMODITY PRICE ANALYSIS, FORECASTING, AND MARKET RISK MANAGEMENT, 1990. *Anais...* Disponível em: <<http://www.farmdoc.uiuc.edu/ncccr134>>. Acesso em: 1º set. 2011.
- KOOPMANS, L. H. *The spectral analysis of time series*. [S.l.]: Academic Press, 1995. 366 p.
- LAMOUNIER, W. M. Tendência, ciclos e sazonalidade nos preços spot do café brasileiro na Nybot. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 13-23, jan./abr. 2007.
- LEUTHOLD, R. M. Random walk and price trends: the live cattle futures market. *The Journal of Finance*, Chicago, v. 27, n. 4, p. 879-889, Sept. 1972.
- MARSHALL, B. R.; CAHAN, R. H.; CAHAN, J. M. Can commodity futures be profitably traded with quantitative market timing strategies? *Journal of Banking & Finance*, Chicago, v. 32, p. 1810-1819, 2008.
- MIFFRE, J.; RALLIS, G. Momentum strategies in commodity futures markets. *Journal of Banking & Finance*, Chicago, v. 31, p. 1863-1886, 2007.
- MURPHY, J. A. The seasonality of risk and return on agricultural futures positions. *American Journal of Agricultural Economics*, Oxon, v. 69, n. 3, p. 639-646, Aug. 1987.
- OTTO, S. Does the London metal exchange follow a random walk? Evidence from the predictability of futures prices. *The Open Economics Journal*, Oak Park, v. 3, p. 25-42, 2010.
- PARK, C.; IRWIN, S. H. The profitability of technical analysis: a review. *AgMAS Project Research Report No. 2004-04*, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2004. Disponível em: <<http://www.farmdoc.illinois.edu/marketing/agmas/reports/04-04/AgMAS04-04.pdf>>. Acesso em: 1º set. 2011.
- PARK, C.; IRWIN, S. H. What do we know about the profitability of technical analysis? *Journal of Economic Surveys*, Malden, v. 21, n. 4, p. 786-826, 2007.
- PETERSON, P. E.; LEUTHOLD, R. M. Using mechanical trading systems to evaluate the weak form efficiency of futures markets. *Southern Journal of Agricultural Economics*, Athens, v. 14, n. 1, p. 147-151, 1982.



- PRAETZ, P. D. Testing the efficient markets theory on the Sydney wool futures exchange. *Australian Economic Papers*, Malden, v. 14, n. 25, p. 240-249, 1975.
- PRAETZ, P. D. Testing for a flat spectrum on efficient market price data. *The Journal of Finance*, Chicago, v. 34, n. 3, p. 645-658, June 1979.
- RAUSSER, G. C.; CARGILL, T. F. An application of spectral analysis. *American Journal of Agricultural Economics*, Oxon, v. 52, n. 1, p. 109-121, Feb. 1970.
- RAUSSER, G. C.; CARTER, C. Futures market efficiency in the soybean complex. *The Review of Economics and Statistics*, Cambridge, v. 65, n. 3, p. 469-478, 1983.
- TAYLOR, S. J. Conjectured models for trends in financial prices, tests and forecasts. *Journal of the Royal Statistical Society*, London, Series A (General), v. 143, n. 3, p. 338-362, 1980.
- TAYLOR, S. J. Tests of the random walk hypothesis against a price-trend hypothesis. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Cambridge, v. 17, n. 1, p. 37-61, Mar. 1982.
- TOSTO, S. G.; ROSADO, P. L.; FERNANDES, E. A.; CARMO, C. A. F. S.; BRANDÃO, E. S.; ASSIS, D. S. Comportamento da produção e preço da borracha natural no Brasil – abordagem pela análise espectral. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, Embrapa Solos, n. 54, 19 p., 2004.
- WILLS-JOHNSON, N. Price cycles in Perth petrol markets: a spectral analysis. 2008. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=1188062>>. Acesso em: 1º set. 2011.
- YENG, S. M.; HSU, Y. Profitability of technical analysis in financial and commodity futures markets – a reality check. *Decision Support Systems*, Amsterdam, v. 50, p. 128-139, 2010.