

## Stochastic models of forecasting prices of soybeans in Brazil

Reception of originals: 02/16/2013  
Release for publication: 06/04/2015

### Acássio Valente Feliciani

Mestre em Engenharia de Produção  
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria- UFSM  
Endereço: Rua Riachuelo, 330. Bairro Centro  
CEP 97105-900  
E-mail [acassiofeliciani@gmail.com](mailto:acassiofeliciani@gmail.com)

### Adriano Mendonça Souza

Doutor em Engenharia de Produção  
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria- UFSM  
Endereço: Rua Tuiuti, 2434/ 501  
CEP 97050 – 420  
E-mail [amsouza@gmail.com](mailto:amsouza@gmail.com)

### Francisca Mendonça Souza

Doutoranda em Métodos Quantitativos  
Instituição: Instituto Universitário de Lisboa- ISCTE/IUL  
Endereço: Av. Sacadura Cabral, 38 2º Esquerdo  
CEP 1000-270  
E-mail [kikamatcom@gmail.com](mailto:kikamatcom@gmail.com)

### Abstract

The objective of this research is to describe and predict, by means of stochastic models, the average and the variability of price series of ton of soybean (Glycine max) produced in Brazil in the period from 2000 to 2011, as well as assess the price stability of production marketing and identify periods characterized as volatile by means of control charts applied to residuals of the model. Stochastic models to represent the series found in the study were a SARIMA (1,0,0)(1,1,0)<sub>12</sub> -ARCH (1), which were able to provide a short-term forecast and deal with autocorrelation present in the data. It is concluded that the methodology for modeling and forecasting time series applied to futures markets, characterized as viable mechanisms for many soybean farmers because it assists in decision-making, since the time of marketing of the crop, is still considered critical point, on the viability and maintenance of your business.

**Keywords:** ARIMA Models. Time series. ARCH Models.

### 1. Introdução

O comércio internacional vem adquirindo notória significância no debate político e intelectual, originando aumento dos convênios econômicos e abertura de novos mercados,

dado principalmente ao processo de globalização que faz com que países incorporem suas relações comerciais “visando o alcance econômico e social”.

Entre os países que contribuem para o avanço econômico social mundial no sistema integrado – *agribusiness* está o Brasil devido principalmente a suas características climáticas, condições de solos e recursos hídricos de boa qualidade e em abundância. Dessa forma, o Brasil detém o título de segundo maior produtor exportador do complexo- SOJA-ÓLEO-FARELO, segundo informações da (EMBRAPA, 2008); (ANDRADE, 2012).

Dentre os benefícios que a oleaginosa possui alto teor de proteínas (40%), conforme (ECORSIM *et al.* 2011), também estende-se como fonte renovável na produção de biodiesel, agindo como forma não poluidora comparada ao uso de combustíveis fósseis e a outros processos industriais. Conforme (OLIVEIRA *et al.* 2009), desde a entrada do protocolo de Kyoto, a demanda por combustíveis renováveis, disposta a atender a demanda mundial de forma sustentável e renovável, vem alcançando inegável interesse no contexto macroeconômico. Esse dado mostra que as reservas petrolíferas e de gás natural estão em fase de diminuição, o que amplifica a crescente procura e valorização por formas de abastecimento energético com vistas a diminuir o aquecimento global.

Segundo o programa nacional de produção de biodiesel criado em 2004, prevê que até 2013 o Brasil possa gerar uma demanda anual superior a dois bilhões de litros de biodiesel, fazendo com que a produção de soja seja cada vez mais valorizada no mercado nacional e internacional, segundo o (Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio 2008). Segundo a mesma fonte, no ano de 2007 a comercialização da soja no mercado mundial representou um *superavit* de US\$ 40.039 bilhões, perfazendo uma das principais *commodities* de exportação.

Embora os indicadores econômicos revelem números positivos do preço e demanda mundial da oleaginosa, o Brasil ainda enfrenta desafios a serem superados em relação à valorização e comercialização, tais como: reduzir o nível de infestações de pragas no plantio, tratar com os fatores climáticos e sazonais de produção, enfrentar as crises financeiras mundiais, desenvolver o setor logístico, melhorar as altas taxas de juros, dentre outros. Além desses desafios o Brasil não é apontado como formador de preços, e sim, como tomador de preços, o que afeta diretamente a oferta e a demanda e, conseqüentemente, os preços no mercado nacional e internacional, conforme (SILVA E MACHADO, 2009).

Para (Missão, 2006), o preço da soja segue um padrão mundial de comercialização, possuindo como balizador a Bolsa de *Commodities* de Chicago (CBOT - Chicago Board of

Trade) apontando correlação com o poder de compra da China, a qual quando compra dentro do complexo- SOJA-ÓLEO-FARELO tende a refletir diretamente sobre os preços internacionais com viés de alta para a CBOT. Quando estudado se a transmissão das cotações na Chicago Board of Trade (CBOT) para os preços do grão da soja em nível de produtor e indústria do Brasil (PINO E ROCHA, 1994) concluíram que os preços domésticos desse grão são fortemente influenciados pelas variações na CBOT, determinando assim a quantidade ofertada da *commodity* no país.

Por conseguinte, fatores como mudança política cambial afeta os custos de produção e consequentemente, os preços de venda e compra da oleaginosa, dado que os insumos possuem dependência em relação a componentes importados, conforme (SCHULTZ, BRANDT E BRANDT, 2008). Do mesmo modo, a desvalorização do dólar para as exportações afetam o preço da *commodity*, segundo informações de (FILHO *et al.*2005). Isto denota a importância de manter e ampliar as vantagens competitivas frente a ganhos financeiros, com vistas a diminuir os custos de produção em relação às *commodities* agrícolas, preservando e melhorando a qualidade e a produtividade do produto final, por meio, da disponibilização de tecnologias, como, por exemplo, a soja transgênica, segundo (EMBRAPA, 2005).

Além desses fatores que afetam o cenário macroeconômico brasileiro, a cultura da soja enfrenta problemas relacionados à conjuntura climática, o que ocasiona oscilações na produção com o aumento das chuvas por ocasião de fenômenos como “El Nino” e “El Nina”, ocasionando fortes estiagens o que diminui consideravelmente a produção e a produtividade.

Outro fator a ser analisado é a origem da volatilidade no preço da *commodity*, apontado por (PEREIRA *et al.*2010); (SWARAY, 2002), na qual origina-se, principalmente, de distúrbios da oferta, cujas flutuações de demanda, de um ano para outro, sofrem somente modificações moderadas, ao passo que a oferta que flutua consideravelmente, de acordo com variáveis climáticas e técnicas da cultura, além das expectativas e dos movimentos especulativos. Assim, esses distúrbios, combinados com a elasticidade de oferta e demanda de curto prazo, ocasionam flutuações de preços acentuadas. Conforme (SIMÕES, 2012) a realização da previsão da volatilidade possui relevância notória, pois auxilia na análise de investimentos, gerenciamento de riscos e alternativas de investimentos.

Desta forma, a utilização da metodologia de modelagem e previsão de séries temporais aplicadas aos mercados futuros, caracteriza-se como mecanismos viáveis para muitos sojicultores, pois auxilia na tomada de decisão, dado que o momento de comercialização da

safra ainda é considerado ponto crítico, na viabilidade e manutenção do seu negócio, esta ideia é corroborada por (MARCHEZAN E SOUZA, 2010); (TURA E AHLERT, 2010).

Conforme (ANGELO *et al.* 2011), prever as vendas é essencial para que se possa gerenciar de modo adequado os processos produtivos e de comercialização. A adoção de técnicas estatísticas por meio dos modelos ARIMA geral satisfazem bons resultados quando comparados com outros métodos como, por exemplo, redes neurais.

Portanto, este estudo tem como objetivo principal descrever e prever por meio de modelos estocásticos a média e a variabilidade da série de preços de tonelada de soja no Brasil no período de 2000 a 2011, visando apontar os períodos que apresentarem flutuações ou instabilidades no mercado brasileiro.

Segundo (CORSO, SILVA E DUCLÓS, 2006), a soja perfaz um dos produtos que integra com satisfatória representatividade na evolução das cadeias agroindustriais, sendo desta forma, necessário realizar previsões precisas, visando à tomada de decisões no que concerne à venda da oleaginosa no panorama interno e externo, ou seja, conhecer o comportamento dos preços com desígnio ao alcance econômico no momento de negociação nos mercados emergentes torna-se importante, para a vida financeira dos agricultores e/ou investidores e, conseqüentemente, para a economia do país.

O artigo estrutura-se em quatro seções: Parte introdutória, na seção 1, logo material e métodos na seção 2, seguidos da seção 3 com os resultados e discussões e na última seção as conclusões e referências bibliográficas utilizadas nesta pesquisa.

## **2. Material e Métodos**

Utiliza-se nesta pesquisa os dados coletados junto à Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), cotações mensais de preços da tonelada de soja no Brasil durante o período de janeiro de 2000 a outubro de 2011.

No primeiro momento, faz-se uma inspeção gráfica da série original, em seguida calculam-se as estatísticas descritivas, assimetria, curtose e normalidade com o intuito de revelar o comportamento da série de modo que seja possível identificar períodos atípicos aos preços praticados nos períodos analisados. Logo, transforma-se a série original em retornos simples, os quais são independentes de escala e proporcionam condições adequadas de modelagem, conforme (TSAY, 2002); (CAMPOS, 2007).

Logo, verifica a presença de raiz unitária na série transformada por meio dos testes

Augmented Dickey-Fuller (1997) - (ADF) e Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992) – (KPSS), pois a modelagem tanto em nível como da volatilidade, se dará numa série estacionária de forma a se obter parâmetros representativos de todos os períodos analisados, podendo-se assim utilizar a série em forma de retornos para cumprir esta exigência.

Posteriormente, verifica-se a presença de autocorrelação serial por meio das funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP), com a finalidade de determinar o tipo e ordem do modelo ARIMA geral que deverá ser utilizado, conforme Eq.1

$$\Delta^d \tilde{Z}_t = \phi_p \tilde{Z}_{t-p} + \dots + \theta_q \tilde{a}_{t-q} + a_t \quad (1)$$

em que o termo  $\phi$  representa a parte autorregressiva do filtro e o termo  $\theta$  a parte de médias móveis.

Após o estudo descritivo, parte-se para a aplicação da modelagem linear da média, utilizando-se os modelos Autorregressivos Integrados e de Médias Móveis – ARIMA (p, d, q), os quais só devem ser aplicados em séries estacionárias, caso a série apresentar autocorrelações em períodos sazonais, representada por um período de repetição  $S= 3, 6, 12$ . Segundo (MARCHEZAN E SOUZA, 2010), utilizam-se os modelos da classe geral Autorregressivos Integrados e de Médias Móveis Sazonal – SARIMA (p, d, q) (P, D, Q)<sub>s</sub>, sendo (d) a parte simples e (D) a parte sazonal conforme Eq. 2

$$\phi(B)\Phi(B^S)\Delta^d \Delta_S^D Z_t = \theta(B)\Theta(B^S)a_t \quad (2)$$

em que  $\Phi$  e  $\Theta$  são parâmetros do modelo sazonal.

A série de preços de tonelada de soja, transformada por meio de retorno simples após a modelagem, será validada pela análise de seus resíduos, os quais se apresentam como ruído branco,  $e_t \approx N(0, \sigma^2)$ , onde serão selecionados aqueles modelos que apresentarem menores estatística, segundo Critério AIC (*Akaike Information Criteria*), conforme (MENEZES, SOUZA E SOUZA, 2011); (SOUZA *et al.* 2010); (MARTÍNEZ E ZAMPROGNO, 2003).

Selecionado o modelo geral ARIMA/SARIMA, verifica-se a possível existência de heterocedasticidade condicional nos resíduos quadráticos do modelo, utilizando-se o teste LM-ARCH, segundo (OTUKI *et al.* 2008), visto que os modelos ARIMA assumem que a variância da série  $y_t$  é constante, sendo portanto restritiva, justamente por se tratar de mercados financeiros. Desta forma, a relação entre o erro quadrado do modelo estimado e seus valores defasados faz necessário considerar a modelagem do erro do modelo com uma estrutura ARCH, conforme (LIMA, GÓIS E ULISES 2007). Segundo (MORETTIN, 2006); (SOUZA, SOUZA E MENEZES, 2012); o modelo ARCH(m) é definido pela Eq. 3

$$\mu_t = \sigma_t^2 \varepsilon_t \quad (3)$$

Desta forma, pode-se observar que a variância condicional do erro  $\varepsilon_t$  com a informação disponível para o período (t-1) é distribuída, de acordo com Eq. 4.

$$\sigma_t^2 = \alpha + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 \quad (4)$$

No caso de um modelo ARCH (1), tem-se a variância condicional definida pela Eq. 5

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 \quad (5)$$

Assim, espera-se que a modelagem ARCH (1) possua resíduos identicamente distribuídos *i.i.d.*, características estas mostradas na Eq. 6

$$\varepsilon_t \approx N(0; \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2) \quad (6)$$

Os modelos autorregressivos heterocedásticos condicionais ARCH, propostos por Robert Engle (1982), permitem determinar a variabilidade existente na série, pois os dois primeiros momentos de uma série temporal, a média ( $\mu$ ) e a variância ( $\sigma^2$ ), não são captados pelos modelos lineares da classe geral ARIMA, embora os modelos ARIMA produzam resíduos do tipo,  $e_t \approx N(0, \sigma^2)$ , muitas vezes se forem avaliados na sua forma quadrática, estes não exibem a propriedade de aleatoriedade pura, refletindo a variabilidade existente da série temporal.

Modelada a série, tem-se o propósito de realizar as previsões com um horizonte de seis meses, utilizando-se como critério de qualidade de previsão a estatística MAPE (erro percentual médio absoluto) e EQM (erro quadrado médio da previsão). De posse dos valores previstos da média da série, por meio dos modelos ARIMA geral, utiliza-se os modelos ARCH, caso comprovada a presença de caudas pesadas, com o fim de auxiliar na interpretação do parâmetro de persistência e seus efeitos futuros apresentado na modelagem ARCH.

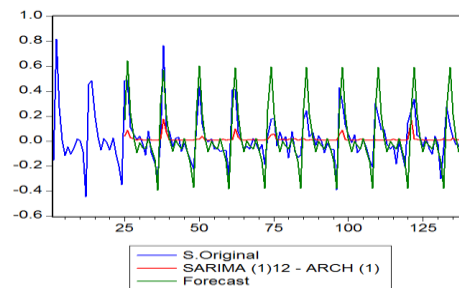
Após a modelagem da variável, que ora fora autocorrelacionada, agora passa a ser independente e identicamente distribuída (*i.i.d.*), suprimindo as condições necessárias exigidas para a aplicação de gráficos de controle, aplica-se o gráfico de medidas individuais, nos valores anteriores à previsão da série de resíduos, com o intuito de verificar se os períodos identificados como fora dos limites de controle são coincidentes com os pontos de maior volatilidade identificados pelo modelo da classe geral ARCH, tendo-se desta forma uma comprovação de que realmente os pontos anômalos ou de maior volatilidade são detectados e,

possivelmente, caracterizados como uma causa especial, conforme (PEREIRA E REQUEIJO, 2008).

O gráfico de controle de medidas individuais não será utilizado para monitorar os valores previstos, pois para o fim de avaliar o desempenho do modelo de previsão será utilizado à estatística de qualidade MAPE. A pesquisa será realizada utilizando o programa Eviews 7.0 na elaboração dos modelos mistos ARIMA-ARCH e, para a realização dos gráficos de controle nos resíduos dos modelos mistos, será utilizado o programa Statística 7.0.

### 3. Resultados e Discussão

Analisando o comportamento da série original, observam-se características de tendência e sazonalidade, componentes estas que devem ser estimadas e eliminadas com vistas a obter uma série estacionária. Conforme Figura 1, estes fatores estilizados podem ser identificados, a qual procura comprová-la por meio da modelagem estocástica, onde a série de preços de tonelada de soja no Brasil foi transformada em uma série de retornos para atender aos pressupostos da modelagem, conforme (MORETTIN, 2006).



**Figura 1: Estatística da série de preços da tonelada de soja no Brasil**

Em relação às estatísticas descritivas, observa-se que a série possui uma assimetria acentuada à esquerda, ou assimetria negativa, e um excesso de curtose de 3,32, o que indica a presença de caudas pesadas. Conforme teste Jarque-Bera, o valor calculado foi de 102,86 rejeitando-se a hipótese nula de normalidade, o que aponta que estas estatísticas descritivas corroboram conforme sinalizou a Figura 1, sugerindo a presença de volatilidade na série estudada, ratificada pelas pesquisas de (CAMPOS, 2007); (SILVA *et al.* 2005); (PEREIRA *et al.* 2010), na qual identificaram a existência de volatilidade na cultura da soja.

A FAC e a FACP mostraram que as observações apresentam-se autocorrelacionadas e há um indicativo da presença de sazonalidade de ordem 12, o que reflete as ocorrências e flutuações dos preços desta oleaginosa. Os testes ADF e KPSS classificam a série como não estacionária, apresentando respectivamente os valores p-valor = 0,066 e p-valor = 0,253, indicando a não-estacionariedade, isto é,  $I(1)$ . Quando a série foi considerada em primeira diferença as estatísticas ADF e KPSS apresentaram p-valor = 0,000 e p-valor = 0,500, respectivamente, tornando-se a série estacionária, isto é,  $I(0)$ .

Dado que a série foi classificada como  $I(1)$ , a série de retorno foi diferenciada e estimaram-se os seguintes modelos concorrentes para representar o nível de preços praticados no período, tais como: SARIMA (1,1,0)(1,0,0)<sub>12</sub>; SARIMA (2,1,0) (1,0,0)<sub>12</sub>; SARIMA(1,0,0) (1,1,0)<sub>12</sub> e SARIMA(1,0,0) (2,1,0)<sub>12</sub>, no qual todos os parâmetros foram significativos e os modelos apresentaram a característica de ruído branco, sendo o modelo capaz de representar o comportamento da série temporal de acordo com as estatísticas de qualidade (AIC = -1,65) e levando em conta o modelo mais parcimonioso o modelo SARIMA (1,0,0) (1,1,0)<sub>12</sub>, foi o escolhido, detectando os períodos de flutuação dos preços da tonelada de soja no Brasil, no período analisado.

Estes períodos de flutuações de preços condizem com a pesquisa de (SILVA *et al.* 2011), em que as exportações brasileiras de soja, entre o período de 2002 a 2010, sofreram uma grande valorização no mercado internacional, chegando, em janeiro de 2002, a US\$160,06 e, em dezembro de 2010, a cotações de US\$483,76 e, em julho de 2008, a picos de US\$554,15 dólares, destacando que este comportamento se deve ao expressivo crescimento que a soja vive nos últimos anos.

De posse dos resíduos do modelo SARIMA (1,0,0) (1,1,0)<sub>12</sub>, selecionado, aplicou-se o teste LM-ARCH onde as estatísticas  $F_{calculada} = 0,3928$  e cujo  $F_{tabelado(1,141)} = 0,3884$  apontaram a rejeição a hipótese nula de homocedasticidade, mostrando que existe heterocedasticidade condicional nos resíduos quadráticos do modelo SARIMA (1,0,0) (1,1,0)<sub>12</sub>, logo se utilizou-se da modelagem ARCH, proposta por (ENGLE, 1982), de modo a representar a volatilidade condicional existente na série.

O modelo estimado para a volatilidade do preço da soja foi um ARCH (1), onde o valor do parâmetro de persistência é de 0,69, indicando que a volatilidade terá um efeito duradouro, conforme (SPIM, 2012), transmitindo-se por vários períodos de tempo, o que indica que um choque que traga declínio ou aumento do preço da soja em momentos de



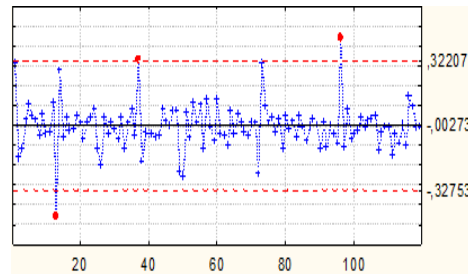
intensa agitação do mercado, pode gerar perdas e/ou ganhos aos sojicultores ou investidores, dado que saiba utilizar a oportunidade de negócio, conforme (CAMPOS, 2007).

Este parâmetro confirma que os preços da tonelada de soja serão influenciados por qualquer ocorrência externa e se prolongarão, isto é, um aumento no preço devido a uma escassez de produção fará com que o preço desta *commodity* se mantenha em alta, assim como uma baixa no preço. Segundo (DALL'AGNOL *et al.* 2010), os preços da oleaginosa tem relação com as mudanças de mercado - oferta/demanda, e também são condicionadas pela atuação de fundos de investimentos especulativos frente a ganhos financeiros.

Ao avaliar-se a volatilidade utilizando a Figura 1, verifica-se que os períodos em torno dos instantes 37, 61, 97 e 120 o que correspondem aos períodos de dez/2002; dez/2004; dez/2007 e nov/2009, apresentam volatilidade elevada, como mostra o modelo ARCH, e de alta persistência. Uma das possíveis razões para a variabilidade dos preços é a concomitância do período de plantio da primeira safra de milho (setembro a dezembro) e o plantio da soja (setembro a dezembro), onde as crescentes exportações brasileiras aos países que compreendem o G20 fazem com que haja um extraordinário desempenho crescente dos preços desde 2002, saindo do patamar de US\$ 60 bilhões para mais de US\$ 200 bilhões em 2010, conforme (Ministério da Fazenda 2010).

Na Tabela 1 apresentam-se os valores de previsão dos preços de tonelada de soja utilizando o modelo SARIMA (1,0,0) (1,1,0)<sub>12</sub> - ARCH (1). Exibiram-se os valores reais e previstos no período de maio/2011 a outubro/2011, acompanhados das medidas de qualidade desvio médio percentual (MAPE), a qual representa um valor absoluto médio que possibilita avaliar a margem de acerto em comparação com o valor previsto, conforme (LIMA *et al.* 2010) e o erro quadrático percentual (EQM) da previsão, na qual verifica-se que quanto menores estas medidas de ajustes das previsões, menor é a diferença entre os valores reais e previstos.

Com o propósito de verificar se a volatilidade captada pelos modelos ARCH, são captados também pelo gráfico de medidas individuais, aplicado aos resíduos do modelo, e se estes períodos podem ser classificados como uma causa externa, conforme (TOLEDO *et al.* 2008), na averiguação da média condicional dos resíduos do modelo SARIMA (1,0,0) (1,1,0)<sub>12</sub>, no período anterior a estimação das previsões, analisou-se a Figura 2.



**Figura 2: Gráfico de controle de medidas individuais, aplicados aos resíduos do modelo SARIMA (1,0,0) (1,1,0)<sub>12</sub> - ARCH (1).**

Observa-se de acordo com a Figura 2, que os pontos fora dos limites de controle, comparando a Figura 1, são os períodos em que apresentam maior volatilidade, caracterizados pela existência de sazonalidade e alta variabilidade. Vale lembrar que este procedimento só foi possível porque os resíduos do modelo SARIMA (1,0,0)(1,1,0)<sub>12</sub> apresentaram-se não mais autocorrelacionados.

Contudo, realizou-se as previsões utilizando os modelos mistos SARIMA (1,0,0) (1,1,0)<sub>12</sub> - ARCH (1), conforme Tabela 1.

**Tabela 1: Previsão dos Preços da Tonelada de Soja no Brasil de maio/2011 a out/2011**

MESES	$Z_t$	$\hat{Z}_t$	MAPE	EQM
Maior/11	2841	3427	0,090	0,132
Junho/11	2762	2828		
Julho/11	2686	2462		
Agosto/11	2386	2396		
Setembro/11	2630	2547		
Outubro/11	2500	2334		

Conforme Tabela 1, os resultados mostram que os modelos mistos captaram o comportamento da série original, revelando previsões próximas das reais. As medidas de qualidade MAPE e EQM para os valores previstos são: MAPE= 0,090 e EQM=0,132, assinalando satisfatórios, visto que o modelo SARIMA (1,0,0) (1,1,0)<sub>12</sub> - ARCH (1) tratou da correlação serial presente na série em estudo, considerando os componentes autorregressivo e de médias móveis e sazonais.

#### 4. Conclusão

Ao desenvolver um estudo sobre a análise dos preços da tonelada de soja produzidas no território brasileiro no período de 2000 a 2011, procurou-se mostrar a aplicação dos modelos estocásticos ARIMA-ARCH como ferramenta auxiliar no planejamento das atividades dos agricultores/ investidores do agronegócio brasileiro.

O modelo escolhido entre os modelos concorrentes foi o modelo estocástico SARIMA (1,0,0)(1,1,0)<sub>12</sub> - ARCH (1), o que pertence aos modelos da classe geral ARIMA, que é capaz de incorporar a sazonalidade intrínseca na série. Observou-se, por meio das medidas de qualidade, como um bom modelo, uma vez que a série não apresenta outras variáveis explicativas, tais como: taxa de cambio, preço dos insumos, taxas de juros, custo logístico, dentre outros, o que pode estender o modelo SARIMA para modelos que incorporam covariáveis como o modelo SARIMAX.

O modelo ARCH revelou períodos em que houve maior variabilidade de preços da leguminosa, podendo desta forma o agricultor/investidor verificar os períodos de alta e/ou de baixa volatilidade, como forma de obter ganhos financeiros com o cultivo, assim como observar o grau de persistência que a volatilidade apresentará, observando o tempo necessário que este fator estilizado levará para retornar ao seu patamar usual.

Levam-se também em conta as políticas cambiais que influenciam o complexo SOJA-ÓLEO-FARELO, conforme (MISSÃO, 2006); (SONAGLIO *et al.* 2011), que corroboram a ideia de que as mudanças cambiais afetam diretamente as exportações dos complexos da soja, isto porque a oleaginosa está marcada por políticas protecionistas e macroeconômicas, o que contribui com a ocorrência das oscilações dos preços.

Este comportamento era de se esperar devido ao crescente consumo da oleaginosa principalmente na União Europeia, China, Japão e México, responsável por 80% das importações mundiais de soja em grãos, conforme (DALL'AGNOL *et al.* 2010), fazendo com que haja um aumento dos preços de comercialização.

Por meio do gráfico de controle de medidas individuais, aplicado aos resíduos do modelo SARIMA (1,0,0)(1,1,0)<sub>12</sub> - ARCH (1), foi possível identificar os períodos de menor e maior preço, que correspondem aos períodos de maior e menor volatilidade encontrada, o que coincidem com os períodos voláteis. De acordo com o modelo ARCH, o preço desta *commodity* apresenta persistência elevada, correspondendo a um período de 83 meses para retornar a seu padrão usual.

Deixa-se como sugestão para estudos futuros a utilização de outros modelos de volatilidade, tais como: modelos que possam captar a assimetria como, por exemplo, *Threshold* (ARCH) (TARCH).

## 5. Referências

ABIOVE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. *Complexo - Soja - Processamento Mensal de Soja*. Disponível em: <[http://www.abiove.com.br/processamento\\_br.html](http://www.abiove.com.br/processamento_br.html)>. Acesso em 19 de janeiro de 2012.

ANDRADE, M.G.F. DE; MORAIS, M.I. DE; MUNHÃO, E.E; PIMENTA, P.R. Controle de custos na agricultura: um estudo sobre a rentabilidade na cultura da soja. *Custos e @gronegocio on line* - Vol. 8, n. 3 - Jul/Set - 2012. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v8/rentabilidade%20soja.pdf>>. Acesso em 21 de outubro de 2012.

ANGELO, F. C.; ZWICKER, R.; FOUTO, D, M, M, N.; LUPPE, R, M. Séries temporais e redes neurais: uma análise comparativa de técnicas na previsão de vendas do varejo brasileiro. *BBR*, Vitória, Vol. 8, n. 2, Art. 1, p. 1-21, Abr. - Jun. 2011.

BIODIESEL. *Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel*. Disponível em:<<http://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em 28 de agosto de 2012.

BOX, G.E.P.; & JENKINS, G.M. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco. Holden-Day (Revised Edition), 1970.

CAMPOS, K. C. Análise da volatilidade de preços de produtos agropecuários no Brasil. *Revista de Economia de Agronegocio*. Vol. 5, n. 3. 2007. p. 303-328. Disponível em:<[http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/54589/2/1\\_artigo.pdf](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/54589/2/1_artigo.pdf)>. Acesso em 03 de maio de 2012.

CORSO, D, M, J. ; SILVA, DA V, W.; DUCLÓS, C, L. Avaliação do processo de transmissão dos preços da soja praticados nos mercados físico brasileiro e norte-americano.

*Revista de Negócios*, Blumenau, Vol. 11, n. 3, p. 61-72, julho/setembro 2006. Disponível em: <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rn/article/view/212/183>>. Acesso em 18 de novembro de 2012.

DALL'AGNOL, A; LAZAROTTO, J, J; HIRAKURI, H, M; *Desenvolvimento, Mercado e Rentabilidade da Soja Brasileira*. Disponível em:< <http://www.cnpso.embrapa.br/download/CT74eletronica.pdf>Abril, 2010>. Acesso em: 14 de agosto de 2012.

DICKEY, D.A.; FULLER, W.A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of American Statistical Association*, Vol. 74, n. 366, p. 427-431, Jun. 1979.

EMBRAPA – *Centro Nacional de Pesquisa de Soja Londrina*. (2005). CNPSo Londrina, PR. Disponível em: < [http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod\\_pai=1&op\\_page=260-35k](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=1&op_page=260-35k)>. Acesso em 20 de dezembro de 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Embrapa Soja*. 2008. Disponível em:< <http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: 07 agosto de 2012.

ENGLE, R. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of the United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50 p. 987-1008, 1982. Disponível em:< <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1912773?uid=3737664&uid=2129&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21101127523951>>. Acesso em 05 de maio de 2012.

ESCORSIM, S.; SANCHES, M, A.; GOMES, O.; LIMA, A, I.; KOVALESKI, L, J.(2011). *A preservação do meio ambiente e o Biodiesel: Aplicação prática no modal rodoviário com as transportadoras Costa e Teixeira e Buturi*. Temas em Engenharia de Produção III. Ed.1, pp.69-74.

FILHO, O. C. da S.; FRASCAROLI, B. F.; MAIA, S. F. (2005). *Transmissão de Preços no Mercado Internacional da Soja: uma abordagem pelos modelos ARMAX e VAR*. XXXIII Encontro Nacional de Economia. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br>

<[www.anpec.org.br/encontro2005/artigos/A05A145.pdf](http://www.anpec.org.br/encontro2005/artigos/A05A145.pdf)> Acesso em 12 de setembro de 2012.

KWIATKOWSKI, D., P.C.B. PHILLIPS, P. SCHMIDT, Y. SHIN. Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of a Unit Root. *Journal of Econometrics*, Vol. 54, pp. 159-178, North-Holland.1992.

LIMA, C, R.; GÓIS, R, M.; ULISES, C. Previsão de preços futuros de Commodities agrícolas com diferenciações inteira e fracionária, e erros heteroscedásticos. *Rev. Econ. Sociol. Rural* vol. 45, n. 3, Brasília. 2007. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032007000300004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-20032007000300004&script=sci_arttext) >. Acesso em 02 de dezembro de 2012.

LIMA, G, F.; KIMURA, H.; NETO, A, A.; PERERA, J, C, L.; Previsão de preços de *commodities* com modelos ARIMA-GARCH e redes neurais com ondaletas: velhas tecnologias – novos resultados. *Rev. Adm. (São Paulo)* vol. 45, n. 2, São Paulo. 2010. Disponível em:< [http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0080-21072010000200008&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-21072010000200008&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em 09 de dezembro de 2012.

MARCHEZAN, A.; SOUZA, A. Previsão do preço dos principais grãos produzidos no Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, Santa Maria, Vol. 40, n. 11, 2010. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782010001100019&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782010001100019&script=sci_arttext)>. Acesso em: 24 em abril de 2012.

MARTÍNEZ, O, R.; ZAMPROGNO, B. Comparação de algumas técnicas de previsão em análise de séries temporais. *Revista Colombiana de estadística*, Vol. 26, n. 2, pp. 129-157. Disponível em: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/899/89926202.pdf>. Acesso em 12 de dezembro de 2012.

MENEZES, R; SOUZA, F; SOUZA, A. Analysis of equilibrium in industrial variables through error correction models. *International Journal of Academic Research*, Vol.3, n. 1. January, 2011, Part II. Disponível em:< [http://www.ijar.lit.az/pdf/sample/2011\(1-55\).pdf](http://www.ijar.lit.az/pdf/sample/2011(1-55).pdf)>. Acesso em 12 de agosto de 2012.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. *Economia Brasileira em PERSPECTIVA*. 10 edição, 2011. Disponível em:<  
<http://www.fazenda.gov.br/portugues/docs/perspectivaeconomibrasileira/edicoes/Economia-Brasileira-Em-Perpectiva-Especial-10.pdf>>. Acesso em 10 de agosto de 2012.

MISSÃO, M. R. Soja: Origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. *Revista de Ciências Empresariais*, Vol. 3, n.1, p.7-15, jan./jun. 2006. Disponível em:<  
<http://www.maringamanagement.com.br/novo/index.php/ojs/article/viewFile/54/28>>. Acesso em 09 de agosto de 2012.

MORETTIN, P. A. *Econometria Financeira: um curso em séries temporais financeiras*. 17º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística. ABE. Caxambu, 2006.

OLIVEIRA, A. R. DE; CALEGÁRIO, C.L. L; GAIO, L. E; BONACIM, C. A. G. Análise econômica e financeira do mercado brasileiro de combustíveis. *Custos e @gronegocio on line* - Vol. 7, n. 2 - Mai/Ago - 2011. Disponível em:  
<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero2v7/mercado%20de%20combustiveis.pdf> Acesso em: 24 de novembro de 2012.

OTUKI, F, T; RADAVELLI, H, C; SEABRA, F; COSTA, A, C. Assimetria na volatilidade dos retornos revisitada: Ibovespa, merval e inmx. *REGE*. Vol.15, n. 4, São Paulo dez. 2008. Disponível em:<  
[http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1809-22762008000400006&script=sci\\_arttext](http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?pid=S1809-22762008000400006&script=sci_arttext)>. Acesso em 10 de agosto de 2012.

PEREIRA, V. F. & LIMA, J. E. & BRAGA, M. J. & MENDONÇA, T. G. Volatilidade condicional dos retornos de commodities agropecuárias brasileiras. *Revista de Economia*, Vol. 36, n. 3 (ano 34), p. 73-94, 2010. Editora UFPR. Disponível em:<  
<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/economia/article/viewFile/14058/15130>>. Acesso em 08 de agosto de 2012.

PINO, F, A.; ROCHA, M, B. Transmissão de preços de soja no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, Vol. 32, n. 4, p. 345-361, out./dez. 1994.

SCHULTZ, M.L; BRANDT, E; BRANDT, E.A. Estudo dos fatores determinantes para a variação do custo dos insumos e do preço da soja no Estado do Rio Grande do Sul após o Plano Real. *Custos e @gronegocio on line* - Vol. 4, n. 1 - Jan/Abr - 2008. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v4/Soja.pdf>>. Acesso em 14 de outubro de 2012.

SILVA, M, F.; MACHADO, A, T. Transmissão de preços da soja entre o Brasil e os Estados Unidos no período de 1997 a 2007. *Revista Economia e Desenvolvimento*, n. 21, 2009. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs2.2.2/index.php/eed/article/view/3452/pdf>. Acesso em 20 de novembro de 2012.

SILVA, W. S. & SAFADI, T. & CASTRO JÚNIOR, L. G. Uma análise empírica da volatilidade do retorno de commodities agrícolas utilizando modelo ARCH: os casos do café e da soja. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol. 43, n. 1, p. 119-134, 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010320032005000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010320032005000100007&script=sci_arttext). Acesso em 08 de agosto de 2012.

SIMÕES, D, M.; KLOTZLE, C, M.; PINTO, F, C, A.; LEVRINI, G. Uma avaliação da volatilidade dos preços da soja no mercado internacional com dados de alta frequência. *Rev. Gest. Prod.* Vol. 19, n. 1, São Carlos, 2012. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2012000100015&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2012000100015&script=sci_arttext). Acesso em: 14 de dezembro de 2012.

SONAGLIO, M, C; CARLOS, O, Z; FILHO, B, R. Variações cambiais e os efeitos sobre exportações brasileiras de soja e carnes. *Revista de Política Agrícola*. – Ano XX, n. 1 (Jan, Fev, Mar. 2011) - Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_06\\_14\\_15\\_38\\_00\\_rpa\\_1\\_2011..pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_06_14_15_38_00_rpa_1_2011..pdf)>. Acesso em 09 de agosto de 2012.

SOUZA, F; ALMEIDA, G, S; FELICIANI, V. A; SOUZA, M, A; LOPES, D, L, F. Uso de modelo de memória longa: Previsão de equipamentos para a agroindústria. *Iberoamerican Journal Of Industrial Engineering*, Santa Catarina, Vol. 2, n. 1, p. 137-153, 2010. Disponível



em:<[http://www.erevistas.csic.es/ficha\\_articulo.php?url=oai:ojs.portal.incubadora.ufsc.br:articulo/167&oai\\_iden=oai\\_revista655](http://www.erevistas.csic.es/ficha_articulo.php?url=oai:ojs.portal.incubadora.ufsc.br:articulo/167&oai_iden=oai_revista655)>. Acesso em 22 de Janeiro de 2012.

SOUZA, M, A; SOUZA, M, F; MENEZES, R. "Procedure to Evaluate Multivariate Statistical Process Control using ARIMA-ARCH Models". *Japan Industrial Management Association*. Vol.63, n. 2E, July, 2012.

SPIM, A, J; CASARIN, A,V; SOUZA, M, A; MENEZES, R. Continuous Casting Process Stability Evaluated, By Means Of Residuals Control Charts In The Presence Of Cross-Correlation And Autocorrelation. *International Journal of Academic Research*, Vol. 4, n. , May, 2012. Disponível em:< <http://www.ijar.lit.az/en.php?go=may.p.295-301.2012> >. Acesso em 11 de agosto de 2012.

SWARAY, R. B. Volatility of Primary *Commodity* Prices: Some Evidence from Agricultural Exports in Sub-Saharan Africa. *Discussion paper in economics*, n. 2002/06. Department of Economics and Related Studies, University of York, Heslington, 2002.

TOLEDO, A; TABILE, A, R, SILVA, P, R, CARLOS E. A. FURLANI, A, C; MAGALHÃES, C, S, COSTA, O, B. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. *Eng. Agrícola*, Jaboticabal, Vol. 28, n. 4, p.710-719, 2008. Disponível em:< [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010069162008000400011&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010069162008000400011&script=sci_abstract&lng=pt)>. Acesso em 10 de agosto de 2012.

TSAY, R. S. *The analysis of financial time series*. New York: J. WILEY, 2002. Disponível em:<[http://cfa.goldenglobal.org.cn/uploadfile/append\\_file/%E8%B5%84%E6%96%99%E4%B8%8B%E8%BD%BD/CFA%E5%AD%A6%E4%B9%A0%E8%B5%84%E6%96%99/Analysis%20of%20Financial%20Time%20Series%202nd%20Edition.pdf](http://cfa.goldenglobal.org.cn/uploadfile/append_file/%E8%B5%84%E6%96%99%E4%B8%8B%E8%BD%BD/CFA%E5%AD%A6%E4%B9%A0%E8%B5%84%E6%96%99/Analysis%20of%20Financial%20Time%20Series%202nd%20Edition.pdf)>. Acesso em 24 de maio de 2012.

TURA, R; AHLERT, L. *Estratégias de gestão de riscos de preços da soja*. Revista Destaques Acadêmicos, ano 2, n. 1, 2010 - CGO/Univates. Disponível em:< <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/226/168>>. Acesso em 07 de

agosto de 2012.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao trabalho anônimo dos revisores, por auxiliarem na melhoria da qualidade do texto. Também agradecem ao auxílio financeiro proporcionado pela CAPES e por fim ao Laboratório de Análise e Modelagem Estatística – LAME.