

Eixo Temático: Estratégia e Internacionalização de Empresas

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO PREÇO DE SOJA, MILHO E TRIGO NA
BOLSA DE VALORES DE CHICAGO**

**ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF SOY, CORN AND WHEAT PRICES IN THE
CHICAGO STOCK EXCHANGE**

Cristiane Melchior, Cristiano Ziegler, Antonio do Nascimento Branco, Roselaine Ruviano Zanini e
Adriano Mendonça Souza

RESUMO

Este estudo teve como objetivo ajustar modelos de previsão de preços das principais *commodities* agrícolas produzidas no Rio Grande do Sul, as culturas de soja, milho e trigo. Os dados utilizados são as cotações na bolsa de valores de Chicago para o período de 2009 a 2017 com coletas mensais. Utilizou-se a metodologia de Box & Jenkins, que captou vários modelos significativos, porém por meio dos critérios penalizadores AIC, BIC e o Erro Quadrático Médio selecionou-se os modelos ARIMA (1,1,1) para representar as séries.

Palavras-chave: preço, previsão, soja, milho, trigo.

ABSTRACT

The objective of this study was to adjust price forecasting models of the main agricultural commodities produced in Rio Grande do Sul, the soybean, corn and wheat crops. The data used are the quotations on the Chicago stock exchange for the period from 2009 to 2017 with monthly collections. We used the Box & Jenkins methodology, which captured several significant models, but the AIC, BIC and Medium Quadratic Error criteria were used to select the ARIMA (1,1,1) to represent the series.

Keywords: price, forecast, soy, corn, wheat.

INTRODUÇÃO

As lavouras brasileiras têm se destacado pela alta produtividade, principalmente devido ao clima favorável nos últimos anos, gerando excedentes que são então destinados às exportações. Isto, alinhado com o aumento de preços gerado pela maior demanda internacional devido às diversas destinações que foram atribuídas aos grãos brasileiros, além do consumo humano, estimula os produtores rurais a expandir áreas de plantio, visando atender as perspectivas do mercado e obter maiores ganhos.

Além do clima, outros fatores que influenciaram o aumento da produção agrícola são a rotação de culturas e o investimento em culturas de inverno em outras regiões do Brasil que não a região Sul, bem como uma série de incentivos direcionados à agricultura, dentre eles destacam-se as contribuições aliadas às análises estatísticas de previsão e controle de ganhos e perdas produtivas que contribuem diretamente no resultado final da colheita.

A análise por meio de estatísticas de previsão está relacionada ao modelo proposto por Box e Jenkins que pode ser aplicado a séries temporais de qualquer natureza. A aplicação desta metodologia tem por finalidade ajustar um modelo que representa o processo estocástico gerador da série temporal. Deste modo, esse método visa captar o comportamento ou autocorrelação da série temporal e assim possibilitar a realização de previsões (SOUZA, 2016).

Neste sentido, o objetivo do estudo é ajustar modelos de previsão dos preços de soja, milho e trigo considerando as cotações destas culturas na Bolsa de Valores de Chicago no período de 2009 a 2017 utilizando a metodologia de Box & Jenkins.

Os resultados apresentados podem direcionar a tomada de decisão baseada na exploração das áreas agricultáveis buscando-se obter ganho máximo de produtividade, embora haja alguns fatores imprevisíveis relacionados ao fator tempo e algumas limitações associadas às políticas governamentais. Este estudo também pode ser útil ao Estado que poderá utilizar estas informações para manter um equilíbrio entre o abastecimento interno e o consumo.

REVISÃO DA LITERATURA

A soja, o milho e o trigo são *commodities* agrícolas e possuem um papel importante na economia do Brasil pois, regulam a balança comercial por meio das exportações. A escolha da *commodity* produzida está diretamente relacionada ao preço pago pelo produto. Isso explica o aumento da produção da soja que cresceu cerca de 40 vezes nos últimos 48 anos, de 1,5 (1970) para 60 (2008) milhões de toneladas, o que provocou uma cadeia de mudanças na história da agricultura brasileira (FLIEHR, 2013).

O Brasil atualmente é o maior exportador mundial de soja *in natura* e o segundo maior produtor do grão, ficando atrás dos Estados Unidos. A soja é o cultivo de maior competência da agricultura (27,7 milhões de hectares plantados em 2012/13, equivalendo 52% dos cultivos) e econômico-comercial (9,4% das exportações totais de 2012) (WESZ JÚNIOR, 2014).

Quanto ao milho, é o cereal mais cultivado do mundo, correspondendo a 37% da produção total de grãos. Juntamente com a soja, são insumos básicos para avicultura e suinocultura, mercados importantes internacionalmente e grandes geradores de receita para o país (CALDARELLI e BACCHI, 2012).

Embora apresentem características distintas, o mercado do milho e da soja possui fatores de interação e substituição na oferta, competindo pelo uso da terra e no caso de complemento na demanda, principalmente na composição de rações. Existe uma relação entre os preços do milho e de soja, se aumentar o consumo de milho ou o preço desse grão no segmento atacadista, eleva-se também o preço da soja (CALDARELLI e BACCHI, 2012).

Outra cultura em destaque é o cultivo do trigo pois se mostra como uma alternativa para a produção agrícola no inverno, além de representar um cereal essencial na alimentação humana e animal. Os estados com maiores produções de trigo estão na região Sul, o Paraná é o maior produtor, seguido por Rio Grande do Sul e Santa Catarina, esses três estados correspondem a

90% da produção do trigo no país. O Brasil possui estoques muito baixos de trigo e exporta a maior parte para abastecer a demanda interna (CAMPONOGARA, GALLIO, *et al.*, 2015).

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado um banco de dados mensais referente às cotações da bolsa de valores de Chicago das culturas de soja, milho e trigo para o período de 2009 a 2017. Utilizou-se a metodologia Box & Jenkins que identifica, ajusta e utiliza modelos autoregressivos integrados à média móvel (ARIMA) para identificar o processo estocástico que gerou a série temporal analisada (SOUZA, 2016).

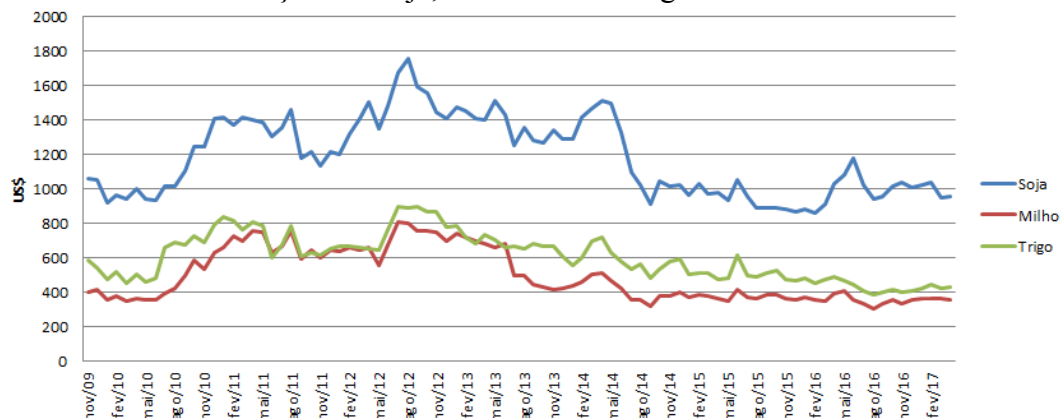
Analisou-se as informações destas culturas em nível por meio da inspeção gráfica e do teste de raízes unitárias, indicando a presença de raiz unitária nas três culturas. Após, aplicou-se a primeira diferença na série, obtendo-se assim séries estacionárias para ambas as culturas.

Posteriormente, realizou-se a análise dos resíduos, utilizando-se os critérios penalizadores AIC (*Akaike Information Criteria*) e BIC (*Bayesian Information Criteria*) para definir os melhores modelos ajustados entre os modelos concorrentes. O AIC e o BIC levam em conta o número de parâmetros e a variância dos erros, privilegiando modelos mais parcimoniosos. Para realizar a previsão serão utilizados os melhores modelos e serão calculadas as estatísticas de previsão Erro Médio Absoluto Percentual (MAPE), Erro Quadrático Médio (MAE) e a estatística de U-Theil que verifica a qualidade do modelo em relação a uma previsão ingênua. Para a modelagem dos dados utilizou-se o software Eviews 9 S.V.

RESULTADOS

A análise dos dados referentes à cotação do preço das três culturas possibilitou entender seu comportamento na bolsa de valores. Em relação à soja, a análise gráfica dos dados mostrou uma elevação, em relação ao valor médio de ¢US\$ 1183,30 (centavos de dólar/buschel), entre julho de 2010 até setembro de 2014, tendo seu ápice de preço em julho de 2012. O milho, por sua vez, apresentou valor médio de ¢US\$ 447,42 (centavos de dólar/buschel), tendo seus maiores valores entre novembro de 2007 a julho de 2014. Por outro lado, o trigo apresentou média de ¢US\$ 601,86 (centavos de dólar/buschel), apresentando suas maiores cotações entre agosto de 2010 a maio de 2011, entre maio de 2011 e agosto de 2011 e maio de 2012 a fevereiro de 2013, conforme exposto na Figura 1.

Figura 1 - Gráfico das cotações da soja, do milho e do trigo



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Considerando-se o teste da raiz unitária verificou-se que as séries não eram estacionárias em nível ($p > 0,05$). Todavia, a aplicação deste teste em primeira diferença apresentou p-valor $< 0,001$ para os três tipos de grãos, indicando assim a presença de séries estacionárias em primeira diferença.

Por outro lado, quando analisada a Função de Autocorrelação (FAC) e pela Função de Autocorrelação Parcial (FACP), todas as culturas apresentaram comportamento semelhante, com decaimento lento da FAC e apenas um *lag* significativo na FACP, indicando a presença de um comportamento autorregressivo, bem como a ocorrência de períodos fracionários. Todavia,

os dados referentes à cotação de soja também apresentaram inflexão no vigésimo segundo *lag*, indicando assim a presença de sazonalidade na série.

De posse destas informações foi possível ajustar o melhor modelo de previsão para representar a série de cada uma das cotações das culturas analisadas. Assim, para as três séries foram ajustados modelos com filtros autoregressivos, de médias móveis (ARIMA), assim como modelos com parâmetros de sazonalidade (SARIMA) e de diferença fracionária (ARFIMA).

A Tabela 1 reúne, além dos modelos encontrados para cada série de cotação na bolsa, os valores dos coeficientes estimados, os respectivos p-valores respectivos, os valores de AIC, BIC além dos resultados que possibilitaram identificar a ocorrência de Ruído Branco (R.B), como média zero, variância constante e inexistência da autocorrelação dos resíduos de cada modelo.

Tabela 1 Modelos concorrentes - cotações de soja, trigo e milho

	Modelo	Coefficientes	P-Valor	AIC	BIC	Ruído Branco	
Soja	ARIMA(1,1,1)	ϕ_3 -0.959038	0.0000	11,84421	11,9281	Sim	
		θ_3 0.908725	0.0000				
	SARIMA(1,1,0)(1,1,0)22	ϕ_1 0.212683	0.0520	12,24068	12,3394	Sim	
		ϕ_1 -0.419125	0.0061				
	ARCH(1,1,0)(0,1,0)22	ϕ_2 -0.248225	0.0110	12,17265	12,3043	Sim	
		e^2_{t-1} 0.396945	0.0304				
		e^2_{t-1} -0.161689	0.0032				
Trigo	ARIMA(1,1,1)	ϕ_1 0.745159	0.0007	11,0203	11,1036	Sim	
		θ_1 -0.872038	0.0000				
	ARFIMA(0,1,1)	D	0.497140	0.0000	11,11027	11,1931	Sim
		θ_1 0.405637	0.0000				
	ARFIMA(1,1,1)	D	0.495618	0.0000	11,07497	11,1853	Sim
		ϕ_3 0.248738	0.0083				
		θ_1 0.339543	0.0004				
Milho	ARIMA(1,1,1)	ϕ_1 -0.982021	0.0000	10,59033	10,6528	Sim	
		θ_1 0.955854	0.0000				
	ARFIMA(0,1,3)	D	0.494129	0.0000	10,70848	10,8121	Sim
		θ_1 0.346021	0.0000				
		θ_2 0.398859	0.0000				
		θ_3 0.312345	0.0000				

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Analisando os dados da Tabela 1 foi possível comparar os modelos concorrentes por meio dos menores valores dos critérios penalizadores AIC e BIC, possibilitando a escolha do melhor modelo de previsão para cada cultura. O modelo mais apropriado para representar o comportamento da cotação das três culturas foi o modelo ARIMA (1,1,1). Esse modelo indicou a necessidade de diferenciação da série para a ocorrência de estacionariedade, com um componente autorregressivo de memória curta, pois o valor atual depende do valor anterior, assim como um componente de médias móveis, demonstrando que o comportamento da cotação é explicado também por variáveis externas.

Nesse sentido, após a escolha do modelo mais apropriado, foi possível descrevê-lo matematicamente, sendo as equações (1), (2) e (3) referentes às cotações de soja, trigo e milho respectivamente:

$$Yt_{(soja)} = 0,908725y_{(t-3)} - 0,959038y_{(t-3)} + et \quad (1)$$

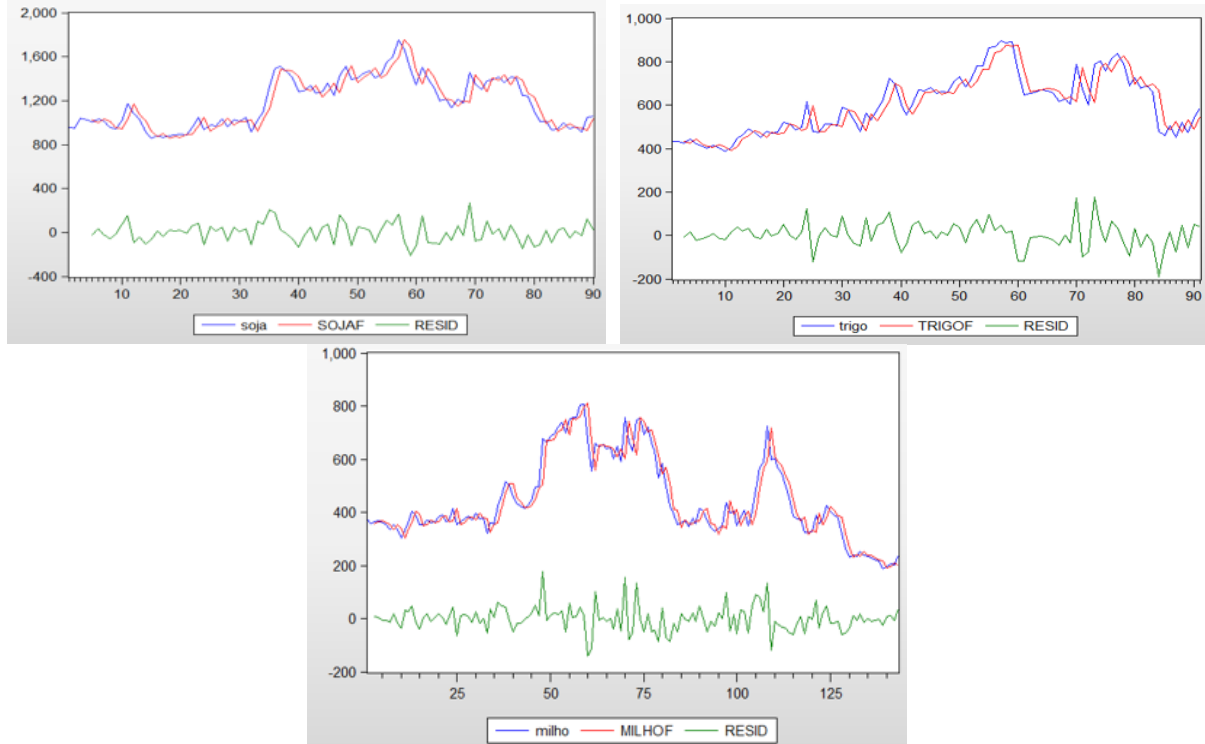
$$Yt_{(trigo)} = 0,775159y_{(t-1)} - 0,872038y_{(t-1)} + et \quad (2)$$

$$Yt_{(milho)} = 0,955854y_{(t-1)} - 0,982021y_{(t-1)} + et \quad (3)$$

Por meio da realização de previsões foi possível verificar a representação do comportamento de cada cultura. Tal análise, pode ser vista na Figura 2 onde estão representados

os comportamentos das séries originais de soja, trigo e milho, os gráficos das séries ajustadas, assim como seus respectivos erros.

Figura 2 - Gráficos de previsão *in sample* para as cotações de soja, trigo e milho



Fonte: elaborado pelos autores (2017)

Após a comparação entre os dados do modelo real e dos valores previstos, foi possível quantificar os erros do método ARIMA (1,1,1) escolhido, utilizando os métodos Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE), Erro Absoluto Médio (MAE), Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e U-Theil, expostos na Tabela 2.

Tabela 2– Critérios de análise dos erros de previsão em cada modelo

	RSME	MAE	MAPE	U-THEIL
Soja	88,16323	70,79403	5,839081	0,036331
Trigo	58,13284	41,92117	6,902003	0,047011
Milho	47,36411	33,58984	7,412434	0,04989

Fonte: elaborado pelos autores (2017)

Dessa forma, após os cálculos referentes aos erros do modelo, pode-se perceber valores para RSME e MAE menores do que 100, valores de MAPE inferiores a 10% e valores de U-Theil bem próximo de zero, indicando a qualidade dos modelos de previsão.

CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou ajustar um modelo de previsão para o preço de soja, trigo e milho por meio da metodologia Box & Jenkins. O modelo que se destacou foi o ARIMA (1,1,1) para as três culturas. De posse destas informações é possível inferir o custo futuro da saca de cada uma das culturas analisadas, possibilitando assim melhor planejamento da compra, plantio e estocagem desses grãos.

Estas conclusões são baseadas nos testes realizados e na análise de resíduos. Ao considerar o teste U-Theil, pode-se afirmar que estes modelos são melhores do que os utilizados pelos métodos de previsão ingênua, pois apresentou resultado inferior a 1. Outro indicador que ratifica a eficiência deste modelo são os valores de MAPE para cada cultura, pois em todos os casos os modelos apresentaram erros entre 5,83% e 7,41%, valores relativamente baixos.

REFERÊNCIAS

- CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 22, p. 1-24, janeiro 2012. ISSN 0103-6351.
- CAMPONOGARA, A. et al. O atual contexto da produção de trigo no Rio Grande do Sul. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 246-257, mai-ago 2015. ISSN 2236 1170.
- FLIEHR, O. Analysis of transportation and logistics processes for soybeans in Brazil: A case study of selected production regions. **Thünen Working Paper**, Braunschweig/Germany, n. 4, p. 1-107, July 2013.
- SOUZA, F. M. **Modelos De Previsão**: aplicações à energia elétrica - ARIMA- ARCH-AI e ACP. Curitiba: Appris, 2016. ISBN 9788547302481.
- WESZ JÚNIOR, V. J. O mercado da soja no Brasil e na Argentina: semelhanças, diferenças e interconexões. **Século XXI - Revista de Ciências Sociais**, Santa Maria/RS, v. 4, p. 114-161, jan/jun 2014. ISSN 2236-6725.