

# UM ESTUDO DE SÉRIES DE INDICADORES DE PREÇOS DO AGRONEGÓCIO E MÉTODOS ESTATÍSTICOS DE PROJEÇÃO <sup>1</sup>

RAUL A. DE ASSIS<sup>2</sup>, LUCIANA. M. E. DE ASSIS<sup>3</sup>, ROBINSON A. LEMOS,  
EDINÉIA A. S. GALVANIN, EMIVAN F. SILVA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Resultados de projeto de pesquisa financiado pela FAPEMAT – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso.

<sup>2</sup> Doutorando em Matemática Aplicada, Instituto de Matemática e Matemática computacional, UNICAMP, professor da Universidade do Estado de Mato Grosso, Departamento de Matemática, Sinop, Fone: (0XX66) 3531-1520, raul@unemat-net.br

<sup>3</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Departamento de Matemática, Sinop, Fone: (0XX66) 3531-1520, luciana.eliasdeassis@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Departamento de Matemática, Barra do Bugres, Fone: (0XX65) 3361-1520, galvanin@gmail.com, robinson.a.l@bol.com.br, emivan@unemat.br

IXX SINAPE – Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, 26 a 30 de julho de 2010, São Pedro-SP

**RESUMO:** Apresentamos um estudo da precisão de métodos estatísticos de projeção aplicados a séries temporais de indicadores de preço de produtos do agronegócio (algodão, arroz, bezerro, boi gordo, milho e soja). Analisamos dois conjuntos de séries de indicadores de preços, preços regionais do Mato Grosso, coletados pela EMPAER e as séries de indicadores de preços fornecidas pela ESALQ. A correlação entre as séries é estudada e também a precisão das projeções efetuadas através de métodos estatísticos de projeção (MMS, SES, SED, TAL, TAE, ARIMA). Os resultados indicam um erro percentual absoluto médio entre 4,7% e 6,0%, sendo o método mais preciso, em média, o método de suavização exponencial simples.

**PALAVRAS-CHAVE:** Projeções, agronegócio, *commodities*, preço, métodos estatísticos, indicadores ESALQ.

## INTRODUÇÃO

No setor agropecuário, realizar projeções do preço de venda do produto final é essencial para um bom planejamento da produção. Existem diversas metodologias para realização de projeções (BAILS & PEPPERS, 1982; BROCKWELL & DAVIS 2002; LEE, ELANGO & SCHNAARS, 1997), em nosso estudo estaremos utilizando métodos estatísticos para realização de projeções. No Mato Grosso, em particular, estão entre os principais produtos de interesse regional: algodão, arroz, bezerro, boi gordo, milho e soja.

Um de nossos objetivos é estudar a precisão de métodos estatísticos de projeção aplicados às séries de indicadores de preços desses produtos. Diversos estudos (WALKER & McCLELLAND, 1991; WINKLHOFER, DIAMANTOPOULOS & WITT, 1996) indicam que métodos estatísticos podem obter desempenho superior a metodologias subjetivas baseadas em opiniões de especialistas. Analisamos a precisão dos seguintes métodos estatísticos: médias tendência de ajuste linear (TAL), tendência de ajuste exponencial (TAE), médias móveis simples (MMS), suavização exponencial simples (SES), suavização exponencial dupla (SED) e modelos da classe ARIMA.

A coleta de dados de indicadores de preços foi realizada em duas fontes distintas:

a EMPAER – Empresa Mato-Grossense de Assistência, Pesquisa e Extensão Rural, unidade de Barra do Bugres MT e a ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, analisando a correlação entre as séries.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para projeção foram obtidos através do site da ESALQ ([www.cepea.esalq.usp.br/](http://www.cepea.esalq.usp.br/)) e da coleta no banco de dados da EMPAER, na agência de Barra do Bugres. As séries de dados estão disponíveis no *site* do projeto (<http://bbg.unemat.br/arima/>).

De forma a analisar a variação regional dos indicadores de preços, o mais indicado seria realizar a análise de precisão dos métodos sobre os dados dos indicadores da EMPAER, entretanto, os dados fornecidos pela ESALQ são mais completos (no caso da EMPAER existem meses em que a tomada de preços não foi realizada) e abrangem um maior período. Assim, aplicamos a análise de precisão dos métodos nas séries de indicadores fornecidas pela ESALQ, nos limitando a realizar uma análise de correlação linear entre os indicadores da ESALQ e da EMPAER.

Para uma revisão completa dos métodos estatísticos de projeção indicamos (BOX & JENKINS, 2008; MAKRIDAKIS, WHEELRIGHT & HYNDMAN, 1998). Destacamos as seguintes características na metodologia de análise:

- i) a análise de correlação entre os indicadores ESALQ e EMPAER foi feita através de um teste de hipótese sobre o Coeficiente de Correlação de Pearson das séries de indicadores preços, bem como o cálculo da função de correlação cruzada para analisar se as séries de preços estão sincronizadas. Apresentamos também as regressões lineares entre os indicadores e os preços reais do mercado com as medidas de ajuste  $R^2$ . O teste de hipótese realizado tem como hipótese nula que a o coeficiente de correlação entre as séries de dados da ESALQ e da EMPAER é nulo para cada produto. A estatística utilizada no teste é a estatística  $T$ , descrita em (BUSSAB, MORETTIN, 2002) p. 403.
- ii) o horizonte de projeção adotado é de um mês. Para as séries em que os valores são fornecidos diariamente adotamos como valor do mês o último valor disponível de cada mês.
- iii) a medida de precisão adotada é o erro percentual absoluto médio (MAPE), por possibilitar a comparação de projeções de ordens de grandeza distintas. O MAPE é dado por:

$$MAPE = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\bar{z}_i - z_i}{z_i} \right| \quad (1)$$

onde  $\bar{z}_i$  é a projeção obtida através de um método e  $z_i$  é o valor real da série temporal.

- iv) para realizar as projeções, simulamos aplicações dos métodos em uma data passada, isto é, tomávamos como conhecidos todos os valores da série até  $t$ , estimando o valor para  $t+1$ , comparando a projeção com o valor conhecido. Dessa forma foi possível realizar um grande número de

- v) “projeções” (mais de 30 mil) para a análise de precisão. Variamos também, para cada método, o número de meses de valores conhecidos da série para ser utilizado na projeção. Isto é, para compor a projeção  $\hat{z}_t$ , utilizamos os dados  $z_{t-1}, z_{t-2}, \dots, z_{t-n}$ . Para os diversos meses variamos o valor de  $n$ , testando os valores:  $n$ : 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30 e 36.

Utilizamos o *software* MINITAB (versão 15.1.30.0), criando *macros* para a realização das projeções. Os resultados completos com as projeções e erros estão disponíveis no *site* do projeto (<http://bbg.unemat.br/arima/>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 apresentamos os coeficientes de correlação para as séries de indicadores de cada produto, bem como o grau de significância do teste de hipótese.

TABELA 1. Resultados da análise de correlação entre os dados da ESALQ e da EMPAER. Coeficiente de Pearson,  $p$ : grau de significância do teste de hipótese,  $R^2$ : coeficiente de ajuste da regressão linear ESALQ x EMPAER,  $a$ : coeficiente angular da regressão,  $b$ : coeficiente linear da regressão linear,  $k$ : índice do máximo da função de correlação cruzada.

Produto	Coeficiente de Pearson	$P$	$R^2$	$a$	$b$	$k$
Arroz	0.629	0.009	0.395	0.2217	11.64	0
Bezerro	0.744	< 0,001	0.554	0.6309	75.22	0
Boi Gordo	0.965	< 0,001	0.932	0.8917	0.390	0
Milho	0.251	0.216	0.063	0.1543	9.384	1
Soja	0.748	< 0,001	0.560	0.5725	3.461	0

Os resultados da análise de correlação entre as séries da EMPAER e da ESALQ indicam que a maior parte dos indicadores de preços dos produtos estão correlacionados entre si, com exceção do indicador do preço do milho, cujo grau de significância do teste de hipótese foi muito alto. O valor de  $k$  para a função de correlação cruzada indica que os indicadores estão sincronizados, com exceção do indicador do milho, para o qual  $k \neq 0$ . Finalmente, o único produto para o qual o ajuste linear apresentou um bom ajuste foi para o indicador do preço do boi gordo.

Na tabela 2, a seguir, apresentamos os resultados da análise de precisão dos métodos de projeção aplicados às séries de indicadores de preços da ESALQ. Os valores apresentados representam o melhor desempenho de cada método com a variação de  $n$ , o número de meses utilizados para realizar a projeção. Para os modelos da classe ARIMA, variamos os valores dos parâmetros ( $p, d, q$ ) do modelo ARIMA (BOX, JENKINS & REINSEL, 2008) tomando o melhor desempenho para comparação com os outros métodos.

TABELA 1. Resultados do MAPE (na forma decimal com quatro casas) para cada produto e método de projeção. Melhores desempenhos destacados.

Produto	MMS	SES	SED	TAE	TAL	ARIMA
Algodão	0.0467	0.0487	0.0510	0.0584	0.0583	0.0496
Arroz	0.0608	0.0479	0.0510	0.0865	0.0777	0.0436
Bezerro	0.0183	0.0140	0.0157	0.0198	0.0196	0.0140
Boi Gordo	0.0319	0.0315	0.0344	0.0414	0.0407	0.0333
Milho	0.0696	0.0795	0.0868	0.0802	0.0805	0.0821
Soja	0.0618	0.0624	0.0692	0.0752	0.0754	0.0635
MÉDIA	<b>0.0482</b>	<b>0.0473</b>	<b>0.0514</b>	<b>0.0602</b>	<b>0.0587</b>	<b>0.0477</b>

Os resultados de precisão dos métodos são coerentes com estudos empíricos prévios (MAKRIDAKIS, WHEELRIGHT & HYNDMAN, 1998) que variam entre 3% e 13%. O método que apresentou melhor desempenho médio foi o método de suavização exponencial simples, seguido pelos modelos da classe ARIMA. Apesar do método de suavização exponencial poder ser considerado como um caso particular dos modelos ARIMA, acreditamos que a diferença na precisão se deve ao fato de que em cada método, a implementação da estimação de parâmetros do MINITAB é distinta. O pior desempenho foi apresentado pelos métodos de tendência, que não obtiveram o melhor desempenho para nenhum indicador de preço.

Como pode se observar nos resultados, o produto para o qual se realiza a projeção influencia fortemente no resultado da precisão dos métodos, o que nos indica que a volatilidade de cada série desempenha um fator fundamental na precisão dos métodos. Na figura 1 apresentamos o gráfico da dos retornos absolutos médios das séries pela precisão média dos métodos.

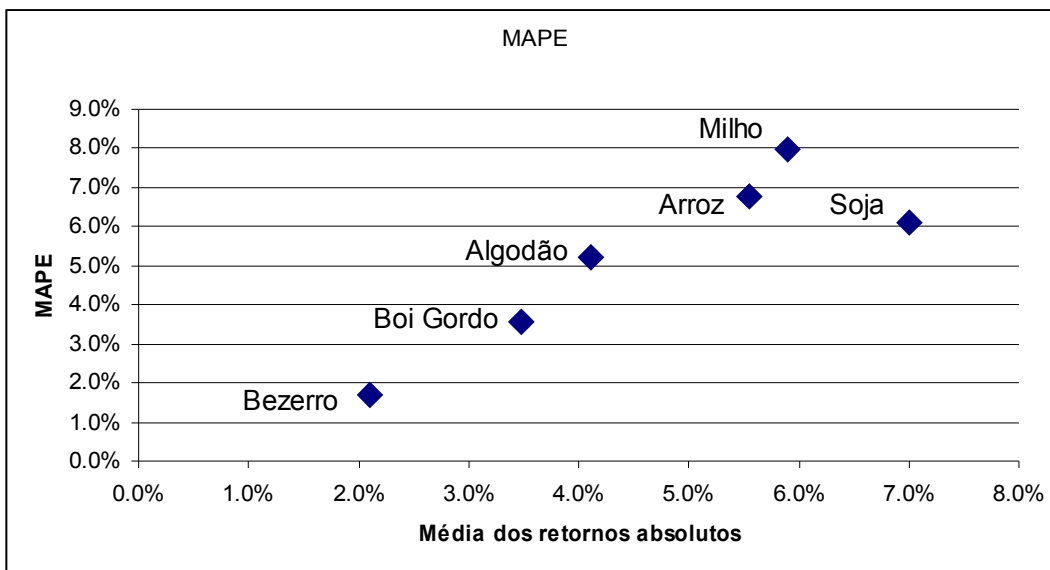


FIGURA 1. A volatilidade da série influencia na precisão das projeções. Gráfico da média dos retornos absolutos pela média dos MAPEs dos métodos.

A figura 1 indica claramente que o erro percentual absoluto médio é crescente com a média dos retornos absolutos, indicando a forte influência da volatilidade da série na precisão dos métodos.

Analisamos também a influência do número de meses utilizados para realizar as projeções, e os resultados indicam que os métodos se separam em dois grupos bem definidos. Para o grupo dos métodos SES, SED e ARIMA o aumento no número de meses levou a uma maior precisão nas projeções enquanto que para o grupo dos métodos MMS, TAE e TAL um número menor de meses levou a uma maior precisão. Na figura 2 apresentamos o gráfico do MAPE médio para cada um desses grupos.

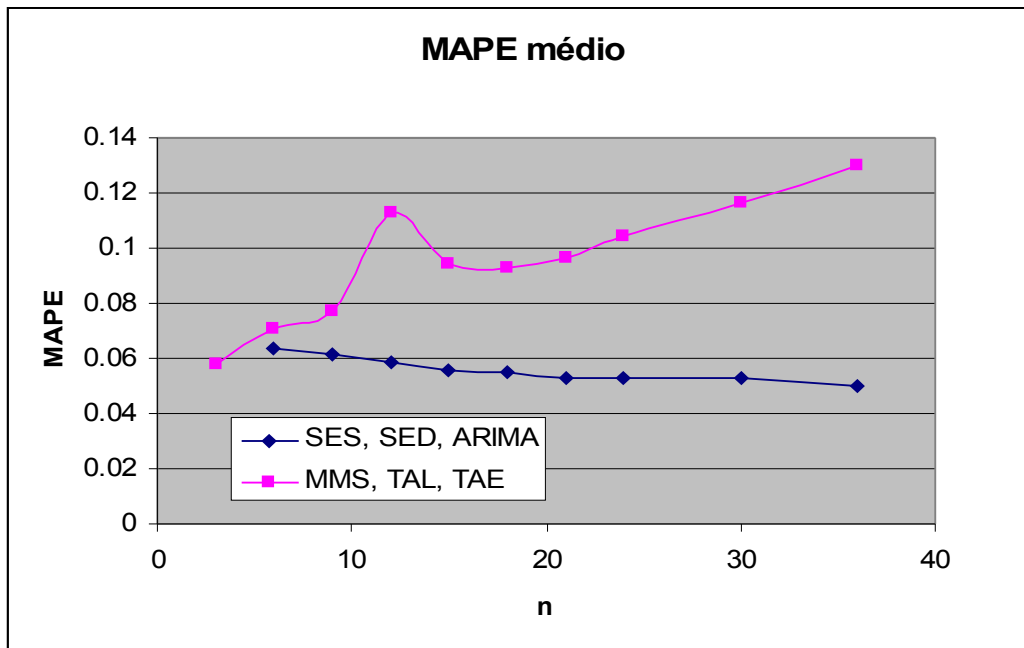


FIGURA 2. Gráfico do MAPE médio (média sobre produtos e métodos) de cada grupo. No grupo SES, SED, ARIMA o erro diminui com o aumento de  $n$ , no grupo MMS, TAL, TAE o erro aumenta.

## CONCLUSÕES

Através de nosso estudo podemos concluir que os indicadores de preço da ESALQ estão correlacionados com indicadores da EMPAER, e as séries estão sincronizadas (com exceção dos indicadores de preço do milho). Podemos concluir também que o ajuste linear não descreve apropriadamente a relação entre os indicadores para a maioria dos produtos, salvo para os indicadores do preço do boi gordo.

Com relação ao desempenho dos métodos, é possível afirmar que a volatilidade da série tem grande influência sobre o desempenho dos métodos e que métodos simples não possuem, necessariamente, desempenho inferior a modelos complexos (SES versus ARIMA).

Finalmente, observamos que o parâmetro  $n$  também influencia significativamente o desempenho dos métodos, separando-os em dois grupos com comportamentos

qualitativamente distintos. Para os métodos SES, SED e ARIMA os resultados empíricos indicam que é aconselhável utilizar um valor de  $n$  elevado, enquanto que para os métodos MMS, TAL e TAE a valores pequenos de  $n$  são indicados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da FAPEMAT e ao técnico da EMPAER Charles Souza da Moura Costa pela receptividade e colaboração no fornecimento de dados.

## REFERÊNCIAS

BAILS, D.G.; PEPPERS, L.C. *Business Fluctuations: Forecasting Techniques and Applications*, New Jersey: Prentice-Hall, 1982.

BROCKWELL, P.J.; DAVIS, R. A. Davis, *Introduction to Time Series and Forecasting*, Springer, 2002.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, New Jersey: John Wiley and sons, 2008.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. , *Estatística Básica*, 5<sup>a</sup> ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

CLEMEN, R., Combining forecasts: a review of annotated bibliography, *International Journal of Forecasting*, v. 5, p. 559-584, 1989.

LEE, M.; ELANGO, B., SCHNAARS, S. P, The accuracy of the Conference Board's buying plans index: A comparison of judgmental vs. extrapolation forecasting methods, *International Journal of Forecasting*, v. 13, n.1, p. 127-135, 1997.

MAKRIDAKIS, S.; G. S.; WHEELRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J., *Forecasting: Methods and Applications*, New Jersey: John Wiley and Sons, 1998.

MAKRIDAKIS, S.; WINKLER, R., Average forecasts, some empirical results, *Management Science*, v. 29, p. 987-996, 1989.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M., *Análise de Séries Temporais*, São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2009.

WALKER, K. B.; McCLELLAND, L. A., Management forecasts and statistical prediction model forecasts in corporate budgeting. *Journal of Accounting Research*, v. 29, n. 2, p. 373-382, 1991.

WINKLHOFER, H.; DIAMANTOPOULOS, A.; Witt, S. F., Judgmental and statistical time series forecasting: a review of the literature, *International Journal of Forecasting*, v. 12, p. 193-221, 1996.