

Avaliação das tendências da produtividade agrícola para a cultura da soja no Brasil

Bruno Sakumoto Higa¹

Marcelo de Aquino Galiano²

Santiago Vianna Cuadra³

Aryeverton Fortes de Oliveira⁴

José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro⁵

Alan Massaru Nakai⁶

Resumo: O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja. A sustentabilidade e o aumento da produção da soja deverão depender mais dos ganhos de produtividade do que da expansão da área cultivada nos próximos anos. Este trabalho teve como objetivo avaliar as tendências temporais da produtividade da soja no Brasil por meio de modelos estatísticos utilizando um banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2016). Para tal foram aplicados sete métodos estatísticos às séries temporais de produtividade. O método que melhor se ajustou aos dados, menor erro quadrático médio, foi o método Loess Smoth.

Palavras-chave: métodos estatísticos, avaliação de tendências, *Glycine max*, produtividade agrícola, tendência tecnológica.

¹ Estudante de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), estagiário da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

² Estudante de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), estagiário da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

³ Meteorologista, doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

⁴ Economista, doutor em Economia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

⁵ Engenheiro agrônomo, doutor em Agrometeorologia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

⁶ Bacharel em Ciência da Computação, doutor em Ciência da Computação, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

Introdução

Entre as safras de 1990 a 2014, a produção brasileira de soja aumentou cerca de 22,7%. Segundo a Embrapa Soja (2016), na safra 2014/2015, a cultura ocupou uma área de 31,57 milhões de hectares, totalizando uma produção de 207,7 milhões de toneladas. Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul são os maiores produtores de soja no Brasil, apresentando produção de 27,868 milhões de toneladas, 17,136 milhões de toneladas e 5,216 milhões de toneladas, respectivamente. A estimativa de produção para a safra brasileira de 2015/2016 é de 209 milhões de toneladas, representando um aumento de 0,6% em relação à safra 2014/2015 (CONAB, 2016).

O aumento da produção, ano a ano, deve-se ao maior investimento tecnológico, manejo adequado e eficiência dos produtores. Para continuar a ter esse aumento, deve-se continuar o investimento em todos os segmentos relacionados às diversas atividades do sistema de produção da cultura, visando maior produtividade agrícola concomitante com redução dos impactos ao meio ambiente (BRASIL, 2016).

Nesse contexto, a modelagem agroambiental vem como uma das principais ferramentas na compreensão dos processos associados à produção agrícola e ao desenvolvimento de cenários, por exemplo, do setor. Por meio dos dados de clima e solo e das informações da cultura agrônômica, os modelos de simulação do crescimento, desenvolvimento e produtividade de culturas, associados a métodos estatísticos e de geoprocessamento, conseguem explicar os fatores que influenciam e limitam a produção agrícola. Acoplados a sistemas de apoio à tomada de decisão, os modelos são a interface para a melhoria de processos decisórios.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as tendências temporais da produtividade da soja no Brasil por meio de modelos estatísticos. Para tal, foram aplicados sete métodos estatísticos às séries temporais de produtividade.

Materiais e Métodos

Para o trabalho, utilizaram-se os dados da área colhida e produção municipal disponibilizados pelo IBGE, obtendo-se a produtividade da soja para os municípios brasileiros no período de 1990 a 2014. Para avaliar os modelos foram selecionados os principais municípios produtores de soja em

2014, sendo considerado todos os municípios cuja soma da área colhida representou 90% da área colhida do Brasil. Com o intuito de avaliar as oscilações anuais das produtividades nos diversos municípios e explorar suas relações com os elementos climáticos, foram ajustados sete métodos estatísticos para identificação de tendência temporal das séries de produtividade, são eles: Linear, Linear por Partes, Exponencial, Linear com Platô Superior, Linear com Platô Inferior, Quadrático com Platô e Loess Smoothing (GRASSINI et al., 2013).

O método linear pode ser expresso através da equação 1.

$$y = ax + b \quad (1)$$

Onde:

y = Variável dependente, valor que se pretende estimar;

a = é uma constante que representa o coeficiente angular da reta;

x = variável independente, no presente caso, os anos;

b = é uma constante que representa a interceptação da reta com o eixo vertical;

Para o método Linear por Partes foram ajustadas duas equações lineares para descrever o fenômeno. O princípio do método é a divisão dos dados para as duas equações, variando os subconjuntos de 2 a n-2 e n-2 a 2 (SAEG..., 2007), e posteriormente selecionando-se os ajustes em que obteve-se a menor raiz do erro quadrático médio, Requirements Management (REQM) - o ponto de divisão do conjunto está representado na equação 2 pelo x_0 . Sua expressão é dada através da equação 2 (GRASSINI et al., 2013).

$$y = (a + bx_0) + c(x - x_0) \text{ se } x \geq x_0 \quad (2)$$

Para o método exponencial ajustou-se a expressão através da equação 3 (GRASSINI et al., 2013).

$$y = a(b + 1)^{x-x_i} \quad (3)$$

O método linear com platô inferior consiste em ajustar modelos de regressão descontínuos, assim como para o método Linear por Partes. Essa técnica consiste em se ajustar uma reta partindo-se de um platô (valor contínuo de

produtividade). O princípio do método é a divisão dos dados em dois subconjuntos, ajustando-se o valor do platô e da reta conectada a este, variando os subconjuntos de $n-2$ a 2 e 2 a $n-2$ (SAEG..., 2007). Sua expressão é dada através da equação 4 (GRASSINI et al., 2013).

$$\begin{aligned} y &= ax + bsex \leq x_0 \\ y &= y_0sex > x_0 \end{aligned} \quad (4)$$

O método linear com platô superior é similar ao método Linear com Platô Inferior, mas com o platô sendo ajustado para o segundo segmento dos subconjuntos. Sua expressão é dada através da equação 5 (GRASSINI et al., 2013).

$$\begin{aligned} y &= y_0sex \leq x_0 \\ y &= y_0 + b(x - x_0)sex > x_0 \end{aligned} \quad (5)$$

O método Quadrático com Platô é “representado por uma meia parábola, no qual o nível ótimo é determinado pelo ponto de máxima da equação que é definido matematicamente igualando-se à derivada da função a zero” (SAKOMURA; ROSTAGNO 2007). Sua expressão é dada pela equação 6 (GRASSINI et al. 2013).

$$\begin{aligned} y &= a + bx + cx_0^2sex < x_0 \\ y &= y_0sex \geq x_0 \end{aligned} \quad (6)$$

$$x_0 = \frac{0.5b}{c}$$

O método Loess Smoth consiste em suavizar uma curva ao longo da série de dados. Para aplicação deste método utilizou-se o pacote *Loess.Smoth* do software *R*. (HEINEMANN; SENTELHAS, 2013).

Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta os ajustes dos métodos estatísticos para o município de Água Fria de Goiás, GO, de forma a exemplificar os ajustes. Este município foi escolhido porque apresentou de forma mais clara os métodos estatísticos. Os métodos foram aplicados para 671 municípios, englobando 90% da área plantada com soja no ano de 2014.

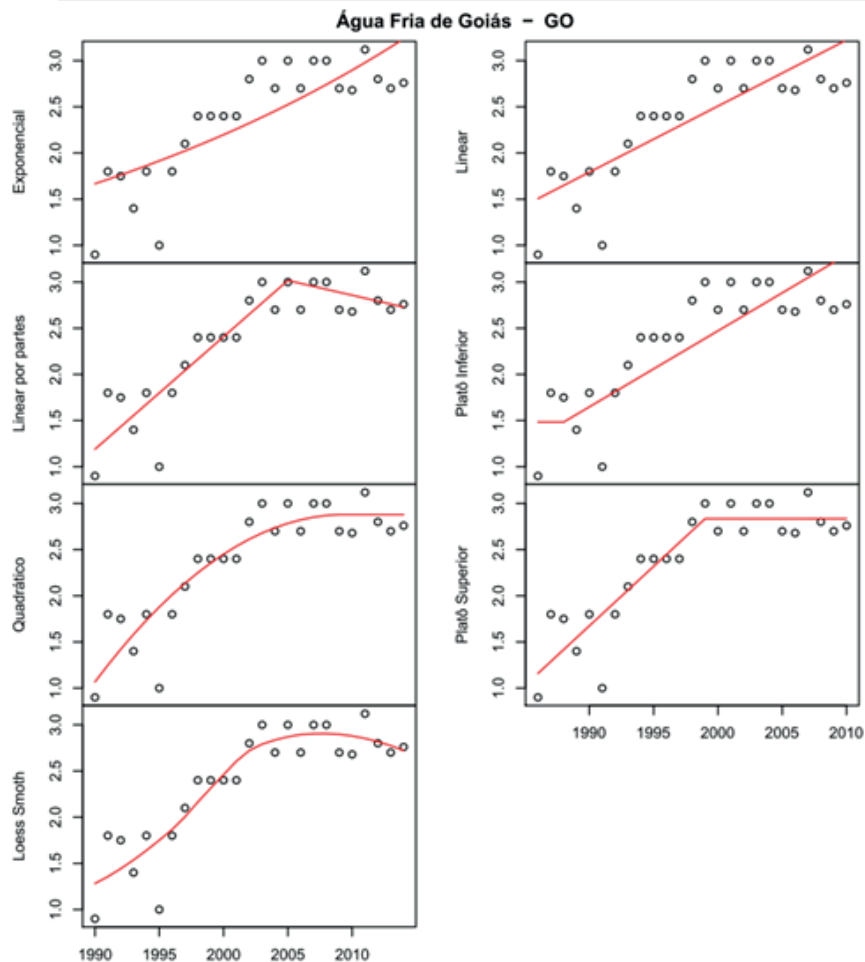


Figura 1. Gráficos dos métodos Exponencial, Linear, Linear por partes, Platô inferior, Platô superior, Quadrático com Platô e Loess Smooth para o município de Água Fria de Goiás- Goiás.

Para avaliação dos ajustes foram verificados os desvios anuais dos métodos e o erro quadrático médio (Tabela 1). A Tabela 1 apresenta a média do REQM dos métodos para os ajustes mostrados na Figura 1.

Tabela 1. Média dos erros quadráticos médios dos métodos Exponencial, Linear, Linear por partes, Platô inferior, Platô superior, Quadrático com platô e Loess Smoth.

REQM	Exponencial	Linear	Linear Por Partes (1)	Linear com platô inferior(1)	Linear com platô superior(1)	Quadrático com platô(1)	Loess Smoth(2)
Média	0,401	0,403	0,391	0,476	0,405	0,461	0,356

Métodos de remoção de tendência segundo: (1) Grassini et al. (2013); (2) Heinemann e Sentelhas (2013).

Considerações Finais

Considerando todos os municípios avaliados, o método Loess Smoth foi o que apresentou o menor erro quadrático médio, seguido dos métodos Linear por partes, exponencial, linear, linear com platô superior, quadrático e linear com platô inferior. A diferença dos métodos exponencial, linear e linear com platô superior é muito pequena, podendo-se dizer que estes métodos apresentaram uma eficiência igual.

Referências

BRASIL. Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Soja**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

CONAB (Brasil). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

EMBRAPA Soja. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>>. Acesso em: 24 ago. 2016.

GRASSINI, P.; ESKRIDGE, K. M.; CASSMAN, K. G. Distinguishing between yield advances and uield plateaus in historical crop production trends. **Nature Communications**, v. 4, n. 2918, p. 1-13, Dec. 2013. DOI: 10.1038/ncomms 3918.

HEINEMANN, A. B.; SENTELHAS, P. C. Environmental group indetification for upland rice production in central Brazil. **Scientia Agricola**, 68, n. 5, p. 540-547, Sept./Oct. 2011.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - Sidra**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 de set. de 2015.

SAEG - Sistema para análises estatísticas. Versão 9.1: Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes: UFV, 2007. Disponível em: <<http://www.ufv.br/saeg/>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástrico**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283 p.