

# PARAMETRIZAÇÃO DE UM MODELO PARA ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DE SOJA PARA AS REGIÕES SUL E CENTRO-OESTE DO BRASIL

MONTONE, VERONA O.<sup>1</sup>; MARIN, FÁBIO R.<sup>2</sup>; BOUÇAS FARIAS, J.R.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Graduanda em Eng<sup>a</sup> Agrônômica, ESALQ / USP, Piracicaba – SP, Fone: (0 xx 19) 8828 6406, veronamontone@hotmail.com

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas – SP

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina – PR

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG

**RESUMO:** A produtividade de qualquer cultivo agrícola é resultado da interação genótipo e ambiente. No Brasil, cerca de 95% das indenizações pagas pelos instrumentos públicos de seguridade agrícola do Brasil estão relacionados à seca ou aos eventos de à chuva em excesso, mostrando sua importância. Na cultura de soja há dois períodos críticos no caso de déficit hídrico: da sementeira à emergência e no enchimento dos grãos. Em se tratando de um país como o Brasil cuja dimensão é continental e o cultivo de soja é nacional, a utilização de modelos que permitam obter estimativas confiáveis, rápidas e que necessitem de poucos dados operacionais são essenciais para seu gerenciamento. Usando o Modelo da Zona Agroecológica (MZA) foi feita a estimativa da produtividade de soja, a fim de se utilizar dados de fácil obtenção e que permitissem sua utilização em diversas localidades. O modelo foi avaliado para as condições das regiões Sul e Centro-Oeste entre as safras entre 2002 a 2006. Comparou-se as estimativas com os dados experimentais, verificando-se o bom desempenho do método para as regiões estudadas, com  $R^2=0,54$  numa análise global, mas com  $R^2=0,97$  para Dourados (MS) e  $R^2=0,70$  para Londrina (PR).

**PALAVRAS-CHAVE:** previsão de safra, FAO, agrometeorologia,

## ACQUISITION OF PARAMETERS FOR A MODEL TO YIELD OF SOYBEAN UNDER CONDITIONS OF SOUTH AND CENTRAL WEST OF BRAZIL

**ABSTRACT:** The aim of this work was to evaluate and propose parameters to a forecast soybean crop yield for South and Central West of Brazil. The crop yield is result of interaction between genetics and environmental variables. In Brazil, about 95% of compensations in agricultural securities are related to dry or excess of rain. The critical stage to soybean crop are: since sowing until emergence and in formation of the grains. The Agroecological Zone Model (MZA) proposed by Doorenbos & Kassam could help in questions of risk management. This model was tested and after were included parameters, which helped to reach  $R^2=0,54$  in a global analysis;  $R^2=0,97$  in Dourados (Mato Grosso do Sul) and  $R^2=0,70$  in Londrina (Paraná).

**KEYWORDS:** forecast system, FAO, agrometeorology, modeling.

**1. INTRODUÇÃO:** Um dos principais fatores de risco para qualquer atividade agrícola é o clima, sendo que dentre as variáveis climáticas que interferem na produtividade, destacam-se: a precipitação, a temperatura do ar e a radiação solar. Segundo ROSSETI (2001), cerca de 95% das indenizações pagas pelos instrumentos de seguridade agrícola estão relacionadas à estiagem ou ao excesso de chuva.

A modelagem é um dos meios para quantificar esses riscos climáticos, estimar a produtividade e traçar estratégias para minimizar seus impactos com rapidez e baixo custo.

Dentre os modelos agrometeorológicos utilizados para a estimativa de produtividade, o Método das Zonas Agroecológicas (MZA) proposto por DOORENBOS & KASSAM (1979) tem sido muito utilizado em análise de macroescala nas condições brasileiras com bom desempenho, especialmente pela dificuldade em se obter dados de entrada exigidos pelos modelos mecanísticos (ASSAD et al. 2007). O MZA estima a produtividade potencial de uma cultura, considerando-se que suas necessidades climáticas e fisiológicas são totalmente atendidas, sendo seu único limitante a radiação solar local. A produtividade real pode ser obtida deflacionando-se a produtividade potencial em função do déficit de água.

Considerando-se a importância da soja para a economia brasileira e a necessidade de se gerenciar riscos de quebra na produção relacionada ao déficit hídrico, o presente trabalho teve por objetivo parametrizar o MZA para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, e Mato Grosso do Sul, discutindo-se seu desempenho como base para seu uso em sistemas de previsão de safra de macroescala.

**2. Material e Métodos:** Utilizou-se como base o MZA proposto por DOORENBOS & KASSAM (1979), o qual considera a produtividade potencial ( $P_p$ ) como sendo aquela obtida quando todas as necessidades da cultura são satisfeitas, ou seja, as necessidades hídricas, nutricionais e fitossanitárias. Com essas condições ideais, a  $P_p$  é dependente apenas da radiação solar, da temperatura do ar, do fotoperíodo e das características fisiológicas da cultura, sendo representada pela equação (1):

$$P_p = F_b \times (C_{resp} \times C_{IAF} \times C_{COL} \times C_{UM} \times NDC) \quad (1)$$

em que  $F_b$  corresponde à fotossíntese bruta de uma cultura hipotética padrão ( $t \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), calculada em função da disponibilidade de radiação solar e temperatura;  $C_{RESP}$  é a correção da taxa de manutenção da cultura;  $C_{IAF}$  é o índice de correção da área foliar descrito por uma equação do segundo grau em função do índice de área foliar (IAF), sendo necessário devido à variação da área foliar para realizar fotossíntese;  $C_{COL}$  é o índice de colheita, efetuando a correção para o produto de interesse da cultura;  $C_{UM}$  é o índice de umidade que converte a matéria seca em matéria fresca, dado por  $(1 - 0,01.U\%)$ ;  $NDC$  indica o número de dias do ciclo da cultura.

Os valores de  $C_{RESP}$ ,  $C_{COL}$  e  $C_{UM}$  foram obtidos de DOORENBOS & KASSAM (1979) e de PEREIRA et al. (2002);  $NDC$  e  $C_{IAF}$  variaram em função dos dados experimentais utilizados fornecidos pela Embrapa Soja. Para o cálculo do  $C_{IAF}$ , foi obtido o IAF variando diariamente de forma linear ou quadrática de acordo com o  $NDC$ , sendo as funções obtidas com base nos dados experimentais.

Para estimativa da produtividade atingível ( $Y_a$ ), o MZA penaliza a  $P_p$  quando a evapotranspiração real da cultura ( $E_{Tr}$ ) é inferior à evapotranspiração máxima da cultura ( $E_{Tc}$ ), ( $E_{Tr}/E_{Tc} < 1$ ), o que caracteriza o déficit hídrico (Equação 2):

$$Y_a = P_p \times [1 - k_y(1 - E_{Tr}/E_{Tc})] \quad (2)$$

em que:  $k_y$  é o fator de resposta da cultura ao déficit hídrico, variando em função de sua fase fenológica, obtido em DOORENBOS & KASSAM (1979); a  $E_{Tr}$  é determinada utilizando-se o balanço hídrico sequencial de cultura de THORNTHWAITE & MATHER (1955);  $E_{Tc}$  é dado por  $E_{Tc} = E_{To} * K_c$ , sendo  $K_c$  o coeficiente da cultura dado por DOORENBOS & KASSAM (1979).

Utilizou-se o método de CAMARGO (1986) para a obtenção da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) ajustado pela temperatura efetiva (CAMARGO et al., 1999), tendo como base sua boa correlação com o método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), considerado referência pela FAO (ALLEN et al., 1998).

Após a parametrização, o modelo foi validado em comparação com dados de produtividade observada em condições de campo em experimentos conduzidos pela Embrapa Soja nas safras e locais apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Localidades analisadas nas safras 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006

	Safr			
	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
Londrina (PR)		Campo Mourão (PR), Dourados (MS), Londrina (PR), Passo Fundo (RS), Ponta Grossa (PR), Uberaba (MG)	Cascavel (PR) Campos Novos (SC) Dourados (MS) Londrina (PR)	Campo Mourão (PR) Campos Novos (SC) Cascavel (PR) Dourados (MS) Passo Fundo (RS) Ponta Grossa (PR)

Para a avaliação do desempenho do modelo da estimativa da produtividade de soja, utilizou-se a análise de regressão linear e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o índice de concordância (D) de Willmott (WILLMOTT et al., 1985), erro médio absoluto (EMA), e o erro máximo absoluto (EMAX).

**3. Resultados e Discussão:** Em sua versão original, o MZA contempla a variação do IAF em escalas discretas, de acordo com as fases fenológicas da cultura. O acoplamento de uma equação que permitisse estimar a variação do IAF de modo contínuo ao longo do tempo melhorou a coerência do modelo em comparação com a proposta original de Doorembos & Kassan (1979) (Tabela 4).

Segundo CÂMARA (2000), o IAF aumenta linearmente até o final do florescimento, decrescendo próximo à maturidade fisiológica. Nota-se o IAF máximo na fase de frutificação-enchimento dos grãos. Após esse ápice, ocorre uma queda linear do IAF. Posto isto, ajustou-se o IAF para três fases fenológicas da cultura: fase vegetativa (1), reprodutiva (florescimento e enchimento dos grãos (2) e maturação (3), (Figura 1).

Na Figura 1, pode-se notar que o IAF máximo considerado foi 5, sendo este valor obtido nas análises de campo pela análise do IAF durante as safras 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005 para os cultivares utilizados no presente trabalho (Tabela 3).

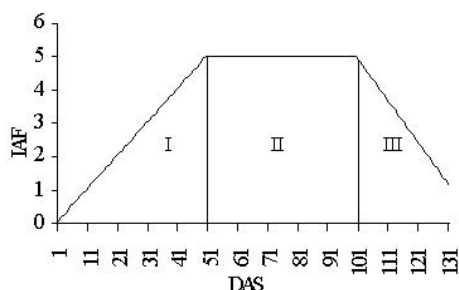


Figura 1: Variação do índice de área foliar (IAF) em função dos dias após semeadura (DAS) nas 3 fases fenológicas da cultura: vegetativa (I), reprodutiva (II) e maturação (III).

Tabela 3: índice de área foliar (IAF) máximo para diferentes cultivares nas safras 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005.

Cultivares	IAF máximo		
	Safr 2002/2003	Safr 2003/2004	Safr 2004/2005
BR 16	3,69	3,57	4,47
BR 36 RCH			5,39
BR 37	3,73		
BRS 48	4,09	2,92	6,25
BRS 59	2,77	2,45	
BRS 132	2,50	2,95	
BRS 133	4,23	3,38	6,45
BRS 134	4,04	3,50	

BRS 183	5,07	2,56	6,19
BRS 184	3,87	3,83	8,79
BRS 185	3,93	3,33	
BRS 214			8,77
BRS 230			7,38
BRS 231			6,91
BRS 232		2,64	4,14

Fonte: Embrapa Soja

Nota-se que o IAF ultrapassa o valor base cinco, notado principalmente na safra de 2004/2005, para todos os cultivares, exceto para o BR 16 e o BRS 232. No modelo, quando isso ocorreu, o fator de correção para IAF ( $C_{IAF}$ ) foi fixado em 0,5, independente do valor de IAF.

Através da análise comparativa entre os dados estimados e observados foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 4, com tendência de superestimativa (Figura 2) de aproximadamente 492 kg/ha e erro máximo absoluto (EMAX) superestimado em 1126 kg/ha.

Índices	MZA original	MZA parametrizado
D	0,46	0,64
R <sup>2</sup>	0,31	0,54
EMA (kg/ha)	1369	492
EMAX (kg/ha)	2155	1126

Tabela 4. Indicadores estatísticos da comparação entre dados observados e estimados através do Modelo das Zonas Agroecológicas (MZA) original e o parametrizado.

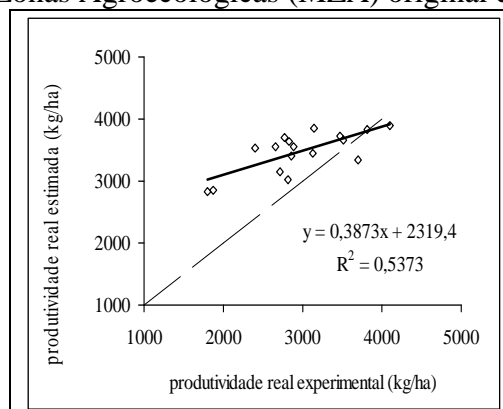


Figura 2: Relação entre a produtividade real obtida experimentalmente e a estimada pelo modelo.

Através dos indicadores estatísticos obtidos, nota-se uma boa correlação entre a produtividade real experimental e estimada para o modelo parametrizado, considerando-se que o MZA foi desenvolvido para aplicações em macroescala e em comparação com dados regionais consolidados, quando o agrupamento dos dados reduz a variabilidade (Assad et al., 2007).

Para a localidade de Dourados (MS) e Londrina (PR) foram obtidas equações específicas por meio de uma regressão linear, apresentando  $R^2 = 0,97$  e  $R^2 = 0,91$ , respectivamente.

#### 4. Conclusão

O modelo parametrizado possibilita boa inferência de estimativa de produção para as regiões Sul e Centro-Oeste em escala local, a despeito de tratar-se de uma proposta originalmente aplicada à análise na macroescala. Além disso, baseia-se em poucas variáveis de entrada, sendo de fácil obtenção. Para a localidade de Dourados (MS) e Londrina (PR) foram obtidas equações específicas produzindo estimativas mais precisas e exatas.

## 5. Referências

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Fao Irrigation and Drainage. Paper nº 56, 2006.
- ASSAD, E. D.; MARIN, F. R.; MEDEIROS, S. R. E.; PILAU, F. G.; FARIAS, J. R. R.; PINTO, H. S.; ZULLO JR, J. Sistema de previsão de safra de soja para o Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, p. 615-625, 2007.
- CÂMARA, G. M. de Souza; Soja: Tecnologia da produção II. ESALQ/LPV. Piracicaba, 2000.
- CAMARGO, A.O.; CAMARGO, M.B.P. Teste de uma equação simples da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura média do ar. In: Cong. Brasileiro de Agrometeorologia, 3. Campinas, p.229-224, 1983.
- CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O. & MIRANDA, M. A. C. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, 45(2):279-292, 1986.
- CAMARGO, Â.P.; MARIN, F. R.; SENTELHAS, Paulo Cesar ; PICINI, A. G. . Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria , RS, v. 7, n. 2, p. 251-257, 1999.
- CUNHA, A. S. Um seguro agrícola “eficiente”. 2002. Disponível em: <<http://www.unb.br/face/eco/cpe/TD/2550ct02Acunha.pdf> >. Acesso em: 20 mar. 2008
- DOORENBOS, J. & KASSAM , A.H. Yield response to water. Rome, FAO, 1979. 197p. (FAO-Irrigation and drainage paper, 33)
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Livraria e Editora Agropecuária, 2002.
- ROSSETTI, L. A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e seguridade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v 9, n 3, p. 386-399, 2001. Número Especial – Zoneamento agrícola.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton: Laboratory of Climatology. 104p, 1955.
- WILMOTT, C.J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; O’DONNELL, J; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, Otawwa, v.90, n C5, p. 8995-9005, 1985.