



## ÉPOCAS DE SEMEADURA DA CULTURA DA SOJA COM BASE NA TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO DE CULTIVARES, NO RISCO CLIMÁTICO E NA RENTABILIDADE LÍQUIDA EM BALSAS, MA

**RAFAEL BATTISTI<sup>1</sup>, PAULO CESAR SENTELHAS<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Doutorando do PPG em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ-USP, Piracicaba, SP, rafaelbattisti@usp.br .

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba, SP.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA.

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi definir épocas de semeadura para a cultura da soja para a localidade de Balsas, MA, com base na tolerância ao déficit hídrico das cultivares de soja, na produtividade atingível e no custo de produção local. A produtividade potencial da cultura da soja foi obtida pelo o método da Zona Agroecológica – FAO, a qual foi penalizada em função do déficit hídrico, utilizando o modelo de Doorenbos e Kassam (1979). Os coeficientes de colheita e de sensibilidade ao déficit hídrico utilizados no modelo foram obtidos em Battisti (2013) para os grupos de tolerância ao déficit hídrico baixo, médio e alto. O custo de produção utilizado foi de 2000 kg ha<sup>-1</sup>. Os decêndios foram classificados em aptos, marginais ou inaptos, em função da disponibilidade hídrica na semeadura, temperatura do ar e de a probabilidade da produtividade estimada pelo modelo ser maior que o custo de produção. O período de semeadura para a cultura da soja foi próximo ao recomendado pelo zoneamento agrícola de risco climático. Pela simulação foi possível identificar que os decêndios finais da janela de semeadura possuem maior risco climático, e que cultivares de maior tolerância ao déficit hídrico e de menor ciclo oferecem menores risco de perda produtiva.

**PALAVRAS-CHAVES:** Zoneamento agrícola; Modelagem agrometeorológica; Custo de produção.

### **SOWING DATES FOR SOYBEAN CROP BASED ON DROUGHT TOLERANCE OF CULTIVARS, CLIMATIC RISK AND NET INCOME FOR THE BALSAS, MA, BRAZIL**

**ABSTRACT:** The aim of this work was define the best sowing date for the soybean crop in Balsas, MA, based in drought tolerance of soybean cultivars, attainable yield and production costs. The potential yield was estimate with FAO Agro-ecological zone model, which was then penalized by a water deficit depletion function for obtaining the attainable yield (Doorenbos e Kassam, 1979). Harvest index and water deficit sensitivity index were obtained from Battisti (2013), for each group of drought tolerance classified in high, medium and low tolerance. Production costs in Balsas were 2000 kg ha<sup>-1</sup> in soybean grain. Sowing dates were classified in favorable, marginal and unfavorable in function of available water for sowing, air temperature and yield probability is overcome the production costs. The sowing periods





obtained by the proposed method were near than those recommended by the Climate Risk Zoning of Minister of Agriculture, Livestock and Food Supply. Yield soybean has highest climatic risk in the end of sowing periods, which cultivars with short cycle and high drought tolerance have less risk of yields losses.

KEY-WORDS: Agricultural zoning; Agrometeorological model; Production costs.

## INTRODUÇÃO

A cidade de Balsas está localizada no sul do estado do Maranhão, região esta produtora de soja. A região é tida como uma nova fronteira agrícola, pois a área com soja aumentou de 6000 hectares cultivados no ano de 1990 para um total de 134000 hectares no ano de 2011, representando 25% da área cultivada do estado, com produtividade média de 3000 kg ha<sup>-1</sup> entre as safras de 2007 e 2012 (IBGE, 2013).

A produtividade esta diretamente relacionada às condições climáticas, as quais são funções da localidade de cultivo e da época de semeadura. Fietz e Rangel (2008) verificaram para Dourados, MS, que semeaduras realizadas no mês de novembro possibilitam um maior crescimento da cultura da soja, devido a duração do fotoperíodo e o aumento da duração da fase vegetativa. Battisti et al. (2013), para o estado do Rio Grande do Sul, verificaram que o atraso da semeadura de outubro para dezembro permite reduzir as perdas produtivas ocasionadas pelo déficit hídrico.

No Brasil o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento recomenda épocas de semeadura por meio do zoneamento agrícola de risco climático, em função da disponibilidade hídrica durante a fase de floração/enchimento de grão para a cultura da soja (Brasil, 2012). Os fatores de tolerância ao déficit hídrico das cultivares, custo de produção, potencial produtivo e a disponibilidade hídrica durante outras fases de desenvolvimento da cultura são desconsideradas. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi definir épocas de semeadura com base na tolerância ao déficit hídrico das cultivares de soja, no custo de produção local e na produtividade estimada com base no risco climático para a localidade de Balsas, MA.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos obtidos foram a temperatura do ar máxima (Tmax) e mínima (Tmin), insolação solar (n) e precipitação pluvial, todos em escala diária, a partir do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia e da Agência Nacional de Água, para o período de 1980 a 2012, totalizando assim uma série climática de 32 anos. As variáveis de entradas do modelo faltantes foram estimadas a partir das variáveis climáticas observadas.

Para a obtenção da produtividade atingível (PA) estimou-se a produtividade potencial (PPF) da cultura da soja por meio do modelo da Zona Agroecológica – FAO, em que a equação geral é dada pela eq. 1:

$$PPF = PPB * C_{IAF_{max}} * C_R * C_C * (1 - C_{Um})^{-1} * ND \quad (1)$$

em que: PPF é dado em kg ha<sup>-1</sup> de grãos; PPB é a produtividade potencial bruta (kg de matéria seca por hectare); para o índice de área foliar máximo (IAF<sub>max</sub>) utilizou-se o valor de 4, valor no qual a cultura da soja intercepta 95% da irradiância solar incidente (Board e Harville, 1992), sendo que C<sub>IAF<sub>max</sub></sub> para esse índice de área foliar é igual a 0,4693 (De Wit, 1965); para o coeficiente de colheita (Cc) utilizou-se os valores obtidos na calibração do





modelo da Zona Agroecológica – FAO, os quais são apresentados por grupo de cultivar quanto a tolerância ao déficit hídrico, sendo de 0,31, 0,33 e 0,35 para os grupos de alta, média e baixa tolerância ao déficit hídrico, respectivamente (Battisti, 2013); o ND é o número de dias do ciclo, definidos em 100 (precoce), 120 (médio) e 140 (tardio) dias entre a semeadura e a maturação fisiológica;  $C_R$  é o coeficiente de respiração obtido em função da temperatura do ar e  $C_{Um}$  é a umidade residual na parte colhida. Os coeficientes PPB,  $C_R$  e  $C_{Um}$  foram estimados como apresentado por De Wit (1965).

Após a determinação da PPF, inclui-se o fator de penalização em função da disponibilidade hídrica ocorrida durante o ciclo para obter a produtividade atingível (PA) (Eq. 2):

$$PA = PPF * \prod_{i=1}^n \left( 1 - Ky_i * \left( 1 - \frac{ETr_i}{ETc_i} \right) \right) \quad (2)$$

em que: PA é a produtividade atingível ( $kg\ ha^{-1}$ );  $Ky_i$  é coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico, obtido para as  $i$  fases de desenvolvimento por grupo de tolerância ao déficit hídrico (Tabela 1); ETr é a evapotranspiração real da cultura determinada por meio do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) para cada fase  $i$ ; ETc é a evapotranspiração máxima da cultura obtida pela multiplicação da evapotranspiração de referência (ETo), calculado pelo método de Priestley e Taylor, pelo coeficiente de cultura (Kc) para cada fase  $i$  da cultura da soja: estabelecimento (S-V2: 0,56); crescimento vegetativo (V2-R1: 1,21); floração e enchimento de grão (R1-R5: 1,5) e maturação (R6-R8: 0,9) (Farias et al., 2001). Para o cálculo do balanço hídrico da cultura considerou capacidade de água disponível no solo conforme a classificação do solo predominante em Balsas (Latosolo Amarelo), estimando-se a disponibilidade a partir de funções de pedotransferência por meio dos percentuais de areia, silte e argila (Lopes-Assad et al., 2001), totalizando uma disponibilidade de 63 mm de água para a cultura da soja.

Tabela 1 – Valores médios do coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky) para as diferentes fases (i) de desenvolvimento da cultura da soja e grupos de tolerância ao déficit hídrico.

Grupo de tolerância ao déficit hídrico	Fases (i)			
	S-V2	V2-R1	R1-R5	R6-R8
Baixo	0,05	0,19	0,97	0,05
Médio	0,06	0,17	0,89	0,08
Alto	0,06	0,25	0,78	0,09

Fonte: Battisti, 2013

Com estas informações, as simulações de semeadura foram realizadas a cada decêndio, iniciando-se em 01/01 (Jan1) até 21/12 (Dez3) de cada ano. Outro ponto avaliado foi o custo de produção, que segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2012) para as safras de 2006 a 2012 para Balsas, MA, foi em média de R\$ 1247,00 por hectare, e considerando um preço médio de venda de R\$ 38,00 por saco de 60 quilos no mesmo período (AGROLINK, 2012), são necessários em torno de 2000  $kg\ ha^{-1}$  de soja para cobrir os custos de produção, limiar este considerado para definir as épocas aptas de cultivo.





Assim, os decêndios de semeadura foram classificados como aptos, marginais ou inaptos, e posteriormente comparados com os períodos recomendados pelo zoneamento agrícola de risco climático. Os critérios utilizados para classificar os decêndios foram:

*Decêndio Apto:* quando a produtividade atingível estimada pelo modelo cobrir o custo de produção em quilos por hectare em mais de 80% dos anos de cultivo, com disponibilidade hídrica na semeadura ( $E_{Tr}/E_{Tc}$  na fase S-V2 > 0,60 em 50% dos anos), sem a ocorrência de eventos extremos de temperatura do ar em mais de 80% dos anos ( $1^{\circ}\text{C} < T < 40^{\circ}\text{C}$ ) e temperatura média histórica do ar durante o ciclo de desenvolvimento da soja entre 20 e 30°C, devendo todos os critérios serem atendidos conjuntamente.

*Decêndio Marginal:* quando a produtividade atingível estimada pelo modelo cobrir o custo de produção em quilos por hectare entre 60 e 80% dos anos de cultivo, ou a temperatura média do ar durante o ciclo se encontrar fora da faixa de 20°C a 30°C em algum decêndio e devendo em ambos os casos atender a disponibilidade hídrica na semeadura e sem a ocorrência de eventos extremos de temperatura do ar em pelo menos 80% dos anos.

*Decêndio Inapto:* quando a produtividade atingível estimada pelo modelo não cobrir o custo de produção em mais de 60% dos anos de cultivo, ou não apresentar disponibilidade hídrica na semeadura, ou houver a ocorrência de eventos extremos de temperatura do ar em mais de 20% dos anos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período inicial de semeadura para Balsas foi limitado pela baixa disponibilidade hídrica para a semeadura da cultura da soja, a qual é possível iniciar a partir do decêndio Nov1, um decêndio posterior ao recomendado pelo zoneamento agrícola de risco climático (Tabela 2), de forma semelhante para todos os ciclos de desenvolvimento e grupos de tolerância ao déficit hídrico, dado que no período de estabelecimento da cultura há pouca diferença quanto à tolerância ao déficit hídrico e duração dessa fase. Em relação ao zoneamento agrícola, a diferença de um decêndio, ocorre, pois o zoneamento agrícola não avalia a disponibilidade hídrica para a semeadura da cultura, avaliando apenas a disponibilidade hídrica durante a fase de floração/enchimento de grão.

Para o ciclo precoce, os decêndios aptos se estenderam até o decêndio Fev2, período igual ao do zoneamento agrícola. O decêndio Fev3 foi classificado como marginal para a semeadura pela simulação proposta, enquanto que pelo zoneamento de risco climático tal decêndio é inapto. Tal decêndio foi classificado como marginal, pois a produtividade atingível superou o custo de produção mínimo exigido entre 60 e 80% dos anos, demonstrando que nesse período o risco climático é maior, considerando as condições utilizadas de simulação de produtividade e o custo de produção em produtividade de 2000 kg ha<sup>-1</sup>.





**XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



Tabela 2 – Decêndios aptos (cinza escuro), marginais (cinza claro) e inaptos (branco) para a semeadura da cultura da soja, para cultivares de ciclo precoce, médio e tardio para os diferentes grupos de tolerância ao déficit hídrico em comparação com o zoneamento agrícola de risco climático do MAPA, em Balsas, MA.

Ciclo	Simulação	Semeadura																	
		Out			Nov			Dez			Jan			Fev			Mar		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Precoce	Zon. Agr.			■															
Precoce	Tol. Baixa																■		
Precoce	Tol. Média																■		
Precoce	Tol. Alta																■		
Médio	Zon. Agr.			■															
Médio	Tol. Baixa																■		
Médio	Tol. Média																■		
Médio	Tol. Alta																■		
Tardio	Zon. Agr.			■															
Tardio	Tol. Baixa																■		
Tardio	Tol. Média																■		
Tardio	Tol. Alta																■		

\*Período de semeadura entre abril e setembro foi classificado como inapto.

O ciclo médio apresentou aptidão até o decêndio Fev1, sendo um decêndio a menos que o recomendado pelo zoneamento agrícola, já que o decêndio Fev2 foi classificado como marginal. Para o ciclo médio o decêndio classificado como marginal deve-se a redução da disponibilidade hídrica no final do ciclo da cultura, que penaliza a produtividade, enquanto que o zoneamento agrícola teve tal decêndio classificado como apto por avaliar apenas a disponibilidade hídrica durante a fase de floração/enchimento de grão.

Quanto às cultivares de ciclo tardio, o período apto à semeadura recomendado pelo zoneamento agrícola se dá até o decêndio Fev1, mesmo resultado verificado pelo grupo de alta tolerância, demonstrando que para os períodos finais de semeadura há tendência de menor disponibilidade hídrica, e no caso do ciclo tardio favorecendo o cultivo de cultivares de soja com as características de  $C_C$  e de  $K_y$  do grupo de alta tolerância. Para os grupos de baixa e média tolerância, do ciclo tardio, os decêndios aptos foram até Jan3, com o decêndio posterior classificado como marginal devido ao não atendimento da produtividade atingível mínima para cobrir os custos de produção.

Note que o atraso da semeadura favorece a semeadura de cultivares de ciclo precoce, em relação ao médio e tardio, e de ciclo médio em relação ao tardio. Essa condição deve-se a redução da disponibilidade hídrica na fase final do ciclo, pois a cultivar de ciclo precoce completa seu desenvolvimento antes que o déficit hídrico penalize a produtividade em níveis que comprometam o rendimento da cultura. Essa característica da cultura completar o ciclo antes do período de baixa disponibilidade hídrica é chamada de escape da seca (Jones, 1992; Taiz e Zaiger, 2004), a qual é atribuída exclusivamente ao manejo de época de semeadura e escolha de cultivar.





## CONCLUSÕES

O período de semeadura recomendado para a cultura da soja em Balsas, MA, pela simulação, aproxima-se da recomendada pelo zoneamento agrícola de risco climático, mas de forma mais detalhada, demonstra que os decêndios finais de semeadura apresentam maior risco climático. No período final, de maior risco climático, optar-se por cultivares de ciclo precoce em relação ao médio e tardio, e do médio em relação ao tardio. No ciclo tardio, no período final de semeadura, optar por cultivares com as características de tolerância alta ao déficit hídrico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROLINK. **Histórico de cotações:** soja. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/cotacoes/Historico.aspx?e=9839&p=1772&l=13142>. Acesso em: 24 jul. 2012.
- Battisti, R. **Épocas de semeadura da cultura da soja com base no risco climático e na rentabilidade líquida para as principais regiões produtoras do Brasil**. 2013. 261. Dissertação (Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- Battisti, R.; Sentelhas, P.C.; Pilau, F.G.; Wollmann, C.A. Eficiência climática para as culturas da soja e do trigo no estado do Rio Grande do Sul em diferentes datas de semeadura. **Ciência Rural**, v. 43, p. 390-396, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agrícola**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/portarias-segmentadas-por-uf>. Acesso em: 31 jul. 2012.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custo de produção:** soja. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 24 jul. 2012.
- DE WIT, C.T. **Photosynthesis of leaf canopies**. Wageningen: PUDOC, 1965. 57 p. (Agriculture Research Report, 663).
- Farias, J.R.B.; Assad, E.D.; Almeida, I.R. de; Evangelista, B.A.; Lazzarotto, C.; Neumaier, N.; Nepomuceno, A.L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, p. 415-421, 2001.
- Fietz, C.R.; Rangel, M.A.S. Época de semeadura da soja para a região de Dourados – MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, p. 666-672, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 08 mai. 2013.
- Jones, G.H. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: University of Cambridge, 1992. 428 p.
- Lopes-Assad, M.L.; Sans, L.M.A.; Assad, E.D.; Zullo JR., J. Relações entre água retida e conteúdo de areia total em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, p. 588-596, 2001.
- Taiz, L.; Zieger, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. E.R. Santarém et al. 3. ed. Porto Alegre: Artemed, 2004. 719 p.
- Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. **The water balance**. Nex Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, 1).

