

Perdas de produtividade da soja em diferentes épocas de semeadura em Londrina/PR na safra 2012/2013

MARONEZZI, L. F. F.¹; FERREIRA, R. C.²; SIBALDELLI, R. N. R.³; MERTZ-HENNING, L. M.⁴; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.⁴; NEPOMUCENO, A. L.⁴; NEUMAIER, N.⁴; FARIAS, J. R. B.⁴ ¹Centro Universitário Filadélfia - Bolsista CNPq/PIBIC, Embrapa Soja, Londrina, Paraná. ²Doutorando, Bolsista CNPq/DTI, UEL/Embrapa Soja, Londrina, Paraná. ³Mestrando UTFPR, Londrina, Paraná. ⁴Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, Paraná.
e-mail: leonan-94@hotmail.com

Introdução

Nas últimas três décadas, a cultura da soja foi a que apresentou o maior crescimento e atualmente representa em torno de 49% da área cultivada de grãos no país. O Brasil manteve-se como segundo maior produtor de soja no mundo, estando atrás apenas dos Estados Unidos até a safra passada (2012/2013). Porém, na safra atual (2013/2014) deverá ocupar a posição de maior produtor mundial (USDA, 2014). Na safra 2012/2013, aproximadamente 27 milhões de hectares foram ocupados pela cultura, o que proporcionou uma produção em torno de 81,5 milhões de toneladas, com uma produtividade média nacional de 2938 kg ha⁻¹ (CONAB, 2014).

Como segundo maior produtor do país, o Estado do Paraná tem uma área cultivada de aproximadamente 4,5 milhões de hectares, com uma

produção que supera os 15 milhões de toneladas. Tradicionalmente, o Estado disponibiliza em torno de 45% da produção total para o mercado de exportação. O município de Londrina tem uma contribuição de grande importância nesses índices de produção, com uma área de pouco mais de 53 mil hectares e uma produção que supera 155 mil toneladas. Considerando-se toda a região de Londrina, a produção ultrapassa as 850 mil toneladas e a área cultivada ultrapassa os 270 mil hectares (CONAB, 2014).

A água tem um importante papel na composição das plantas, de modo que constitui aproximadamente mais de 90% do seu peso e atua em todos os processos fisiológicos e bioquímicos. Além disso, a água exerce função de solvente para gases e minerais nela presentes e, como nos animais, atua no controle e distribuição do calor (EMBRAPA SOJA, 2013).

Devido às funções exercidas pela água nas plantas, a disponibilidade hídrica é um dos principais fatores responsáveis pela variabilidade dos rendimentos das culturas, no tempo e no espaço (FARIAS et al., 2001). O déficit hídrico induzido entre os períodos de germinação-emergência e floração-enchimento de grãos pode ser o mais prejudicial em uma lavoura, acarretando queda drástica na produtividade e consequentemente na produção (EMBRAPA SOJA, 2013). Desta forma, conhecer a melhor época de semeadura com base no zoneamento climático e agrícola de cada região pode ser uma das melhores estratégias para se minimizar perdas de produtividade e produção por deficiência hídrica.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as perdas de produtividade da cultura da soja em função da disponibilidade hídrica em diferentes épocas de semeadura no município de Londrina na safra 2012/2013.

Material e Métodos

Foram utilizados os dados meteorológicos obtidos diariamente entre os meses de outubro a março, abrangendo a safra 2012/2013. As informações sobre temperatura do ar (°C), precipitação (mm) e radiação

solar (MJ m^{-2}) foram coletadas na estação meteorológica automática da Embrapa Soja, Londrina/PR, localizada a $23^{\circ}11' \text{ S}$, $51^{\circ}11' \text{ O}$ e 630 m de altitude. Os dados sobre horas de brilho solar (h dia^{-1}) foram cedidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) de Londrina/PR, obtido por meio de uma estação meteorológica convencional localizada a $23^{\circ}22' \text{ S}$, $51^{\circ}10' \text{ O}$ e 585 m de altitude.

Considerou-se neste estudo cultivares com ciclo de 120 dias, divididos em quatro subperíodos de desenvolvimento (Tabela 1). Os balanços hídricos (THORNTHWAITE; MATHER, 1955) foram calculados por decênios para a cultura da soja por meio de planilhas eletrônicas propostas por Rolim et al. (1998). Tais cálculos foram realizados em diferentes datas de semeadura: 01, 11 e 21/10/12 e 01 e 11/11/12. Em função das práticas de manejo do solo empregadas na região estudada, que favorecem o desenvolvimento do sistema radicular, adotou-se como capacidade de água disponível no solo (CAD) o valor de 75mm (FARIAS et al., 2001).

Os valores de evapotranspiração de referência (ET_o) foram obtidos pelo método de Thornthwaite e Mather conforme planilhas eletrônicas propostas por Rolim et al. (1998). Estes valores foram multiplicados pelos coeficientes de cultura (K_c) específicos para cada fase fenológica conforme descrito na Tabela 1, obtendo-se assim a evapotranspiração da cultura (ET_c).

Para estimativa da produtividade potencial (PP_f), utilizou-se o método da Zona Agroecológica (DOORENBOS; KASSAM, 1994). Assim, a PP_f foi obtida por meio da equação:

$$\frac{\text{PPf}}{\text{PPBp}} = \frac{\text{ETc}}{\text{ETo}} \quad (\text{Eq. 1})$$

sendo: PPBp a produtividade potencial bruta padrão de matéria seca em $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de uma cultura padrão com índice de área foliar (IAF) igual a 5; C_{IAF}, correção para o índice de área foliar; C_R, correção para a taxa de respiração; C_c, correção para a parte colhida; ND, umidade residual para a parte colhida.

A PPBp resulta da soma das produtividades potenciais padrão para período de céu claro (PPBc) e de céu nublado (PPBn), sendo:

$$\text{PPBp} = \text{PPBc} + \text{PPBn} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{PPBc} = \text{Qo} \cdot \text{cTc} \cdot \text{N} \quad (\text{Eq. 3})$$

onde: Q_o representa a radiação solar global extraterrestre em $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, cTc e cTn são fatores de correção para temperatura do ar para dia de céu claro e nublado; n representa a insolação diária em horas por dia e N refere-se ao número de horas de máximo brilho solar diário (PEREIRA et al., 2007).

$$\text{PPBn} = \text{Qo} \cdot \text{cTn} \cdot \text{N} \quad (\text{Eq. 4})$$

Foi utilizada a metodologia adotada por Pereira et al (2007), também descrita por Battisti et al. (2013), para o cálculo da C_{IAF}, obtida pela equação:

Adotou-se como índice de área foliar máximo obtido para soja o valor de 4,5 (RODRIGUES et al., 2006). Conforme adotado por Battisti et al. (2013), para C_R adotou-se o valor de 0,5, para C_c o valor de 0,35, e para umidade residual o valor de 13%.

A produtividade atingível (PA) foi estimada a partir da penalização da produtividade potencial (PP_f) por deficiência hídrica, conforme a equação:

$$\text{PA} = \text{PPf} \cdot \left(\frac{\text{ND}}{\text{ND}_{\text{max}}} \right) \quad (\text{Eq. 5})$$

Os valores de K_y adotados em cada fase (DOOREMBOS; KASSAM, 1994) estão descritos na Tabela 1.

A eficiência climática (EC) foi obtida pela relação entre PA e PP_f (BATTISTI et al., 2013). Foram calculadas a EC para cada época de semeadura na safra estudada. O valor de produtividade observada na região (PO) foi obtido a partir das bases de dados disponibilizadas

pelo Departamento de Economia Rural do Estado do Paraná–DERAL (SEAB, 2014).

Resultados e Discussão

Para semeadura no primeiro decêndio de outubro (Figura 1A), constataram-se pequenos valores de deficiência hídrica na fase de semeadura (1,4 mm), porém havia disponibilidade hídrica no solo suficiente para germinação. O déficit seguiu por mais 20 dias no início do período vegetativo, atingindo valores de 9,5 mm. No final do período vegetativo e início da floração ocorreu o maior déficit para esta data de semeadura, atingindo valores de 31,3 mm. Mesmo com a constatação destas ocorrências, a PPf foi de 5436 kg.ha⁻¹ e a PA de 4460 kg ha⁻¹ (Figura 2), apresentando EC de 82% (Figura 3). Estes resultados podem ser explicados pela alta disponibilidade hídrica no solo mesmo diante de um pequeno déficit hídrico nas fases fenológicas citadas, pois o teor de água no solo permaneceu muito próximo da CAD. Segundo Doorembos e Kassam (1994), para que a germinação aconteça, a disponibilidade hídrica no solo deve estar entre 50 a 85% do valor da CAD, o que no presente estudo corresponderia ao intervalo entre 37,5 mm e 63,75 mm.

As semeaduras que aconteceram de 11 a 21 de outubro (Figura 1B) foram afetadas pela deficiência hídrica constatada entre o segundo decêndio de novembro até o final do primeiro decêndio de dezembro. Uma deficiência hídrica de 25,7 mm foi suficiente para afetar a produtividade das lavouras que se encontravam na fase de floração (início de R1). Segundo Doorembos e Kassam (1994), Neumaier et al. (2000) e Farias et al. (2001), a floração consiste em um dos períodos mais sensíveis à deficiência hídrica. As semeaduras realizadas no segundo decêndio de outubro apresentaram PPf de 5383 kg ha⁻¹ e PA de 4459 kg ha⁻¹ (Figura 2), com EC de 83% (Figura 3).

A cultura da soja tem uma demanda no seu consumo de água crescente conforme seu desenvolvimento, cujo ponto máximo de consumo se encontra nas fases da floração até o enchimento de grãos, em torno de 7 a 8 mm dia⁻¹, e depois decresce conforme se atinge a matura-

ção (Embrapa Soja, 2013). Isto pode explicar a queda no valor de PA demonstrada na Figura 2, em especial na primeira e segunda data de semeadura.

O cálculo da EC permitiu Battisti et al. (2013) identificarem as datas de semeadura da soja no Rio Grande do Sul com menores perdas de produtividade por déficit hídrico, concluindo que semeaduras tardias proporcionaram maiores produtividades devido ao aumento da EC. No presente estudo, para a região de Londrina/PR, as semeaduras que ocorreram em 21 de outubro, 01 de novembro e 11 de novembro (Figuras 1C, 1D e 1E) tiveram as maiores ECs (Figura 3), com valores de 89%, 92% e 93%, respectivamente. Tais resultados demonstraram uma proximidade entre os valores de PA e PPf nesta fase (Figura 2), mostrando que quanto mais cedo a deficiência hídrica ocorrer dentro do período vegetativo, maiores as possibilidades de recuperação das plantas e, conseqüentemente, menores serão as perdas de produtividade para estas datas de semeadura. Esta ocorrência pode ser explicada pelo fato da cultura da soja em fase vegetativa recuperar-se com maior facilidade dos curtos períodos de deficiência hídrica quando comparada a outras culturas, devido ao seu sistema radicular profundo (FARIAS et al., 2001).

Na safra 2012/2013, o valor médio de PO na região de Londrina/PR foi de 3055 kg.ha⁻¹ (SEAB, 2014). Este valor tende a ser menor que a PA, que é obtida pela queda relativa do rendimento potencial teórico unicamente pelo déficit relativo de evapotranspiração (1-ETr/ETc). As diferenças entre produtividades atingíveis e observadas (PA-PO) foram de 2046,38 kg ha⁻¹ (01/10), 1626,57 kg ha⁻¹ (11/10), 2108,73 kg ha⁻¹ (21/10), 2196,38 kg ha⁻¹ (01/11) e 2192,96 kg ha⁻¹ (11/11), que podem ser explicadas por outros fatores não considerados na simulação, como o manejo cultural, fertilidade e manejo do solo, bem como a ocorrência de doenças e pragas.

Conclusões

- Para a cultura da soja, o ano safra 2012/2013 foi pouco afetado pela ocorrência de deficiência hídrica;

- Pequenas deficiências hídricas na fase inicial ou final de floração foram as que mais afetaram a produtividade da cultura da soja;
- Lavouras atingidas por deficiência hídrica na fase de crescimento vegetativo conseguiram se recuperar, não afetando consideravelmente sua produtividade;
- Semeaduras tardias, a partir de primeiro de novembro, apresentaram melhor eficiência climática, o que indica menores perdas por deficiência hídrica;
- A partir deste trabalho sugerem-se novos estudos que indiquem épocas de melhores eficiências climáticas para o cultivo da soja na região de Londrina/PR.

Referências

BATTISTI, B.; 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.

CONAB. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 23 abr. de 2014.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB/FAO, 1994. 306p.

FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; 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**, v.9, p.415-421, 2001.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. In: BONATTO, E.R. (Org.). **Estresse em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. p.19-44.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, C.P. **Meteorologia agrícola**. Piracicaba: ESALQ, 2007. 192p.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M.C.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; SÓRIO, I. **Efeito do fotoperíodo e da temperatura do ar no desenvolvimento da área foliar em soja (*Glycine max L.*)**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 27p.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, p.133-137, 1998.

SEAB Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=73>>. Acesso em: 23 abr. 2014.
THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Center-ton: Drexel Institute of Technology, Publications in Climatology, 1955. 104p.

TECNOLOGIAS de produção de soja - Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16).

UNITED STATES. Department of Agriculture. **Oil crops outlook**. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/publications/ocs-oil-crops-outlook/ocs-14d.aspx#.U1mAWPIIdVVA>>. Acesso em: 25 abr. 2014.

Tabela 1. Duração dos estádios fenológicos da cultura da soja e seus coeficientes de cultura (Kc) e coeficiente de sensibilidade ao déficit hídrico (Ky).

Ciclo	S-V2	V2-R1	R1-R5/R6	R6/R8
120	10	40	40	30
Kc	0,5	1,21	1,50	0,90
Ky	1	0,2	0,8	1

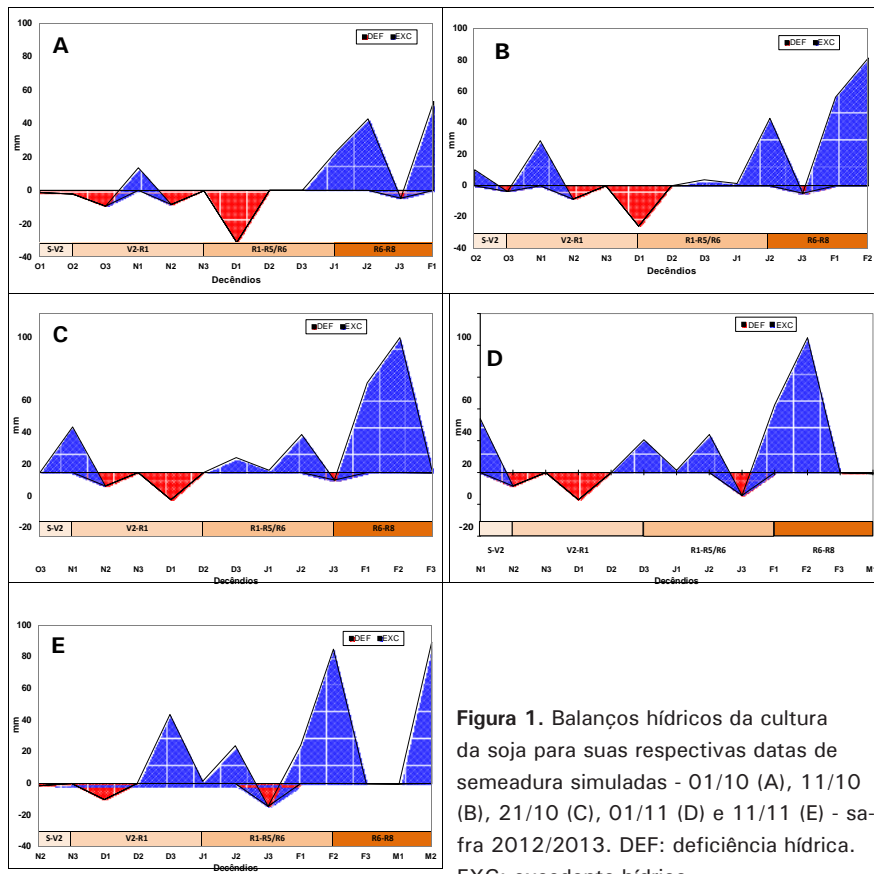


Figura 1. Balanços hídricos da cultura da soja para suas respectivas datas de semeadura simuladas - 01/10 (A), 11/10 (B), 21/10 (C), 01/11 (D) e 11/11 (E) - safra 2012/2013. DEF: deficiência hídrica. EXC: excedente hídrico.

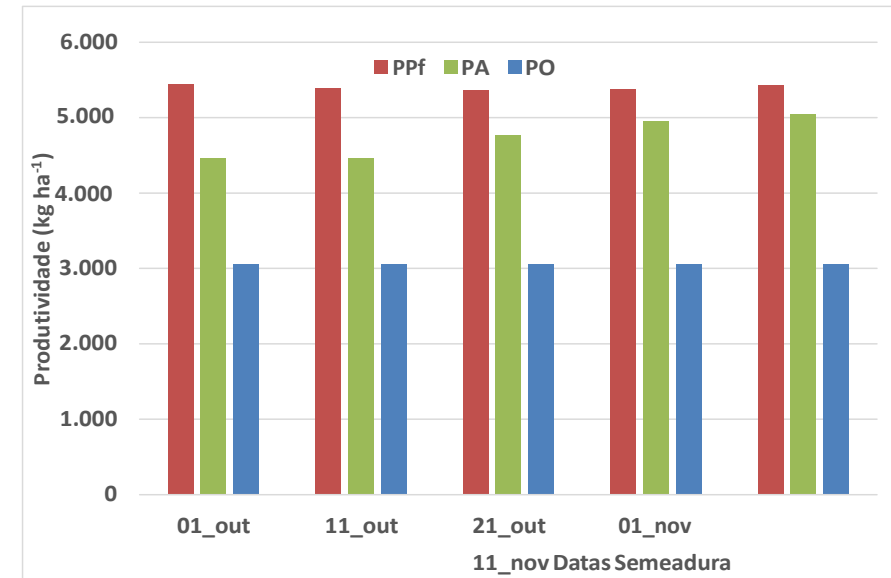


Figura 2. Produtividade (kg ha⁻¹) potencial máxima teórica (PPf), produtividade at-ingível (PA) e produtividade observada (PO) em diferentes datas de semeadura. Safra 2012/2013.

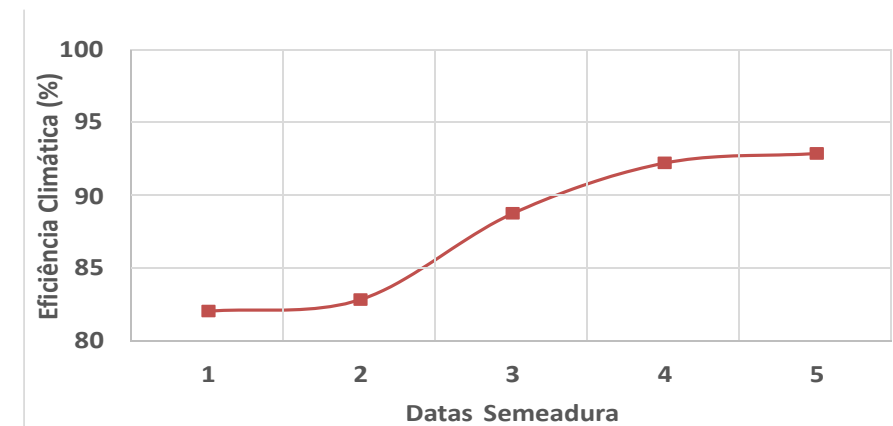


Figura 3. Eficiência climática (EC, %) em diferentes datas de semeadura. Safra 2012/2013.