

Resposta da Cultura do Milho a Diferentes Períodos de Estresse Hídrico

Bruno França Moura⁽¹⁾, Celina Cândida Ferreira Rodrigues⁽²⁾, Camilo de Lelis Teixeira de Andrade⁽³⁾, Tales Antônio Amaral⁽⁴⁾, Denise de Freitas Silva⁽⁵⁾, Daniela de Almeida B. Fonseca⁽⁶⁾, Talita Coutinho Teixeira⁽⁷⁾

¹Eng. Ambiental e Sanitarista pelo UNIFEMM, Sete Lagoas, MG. ^{2,6,7}Graduando em Eng. Ambiental e Sanitária pelo UNIFEMM. brunof_moura@yahoo.com.br ²Estagiária da FUNARBE. candidacelina@hotmail.com e ^{6,7}Bolsista do CNPq. ⁶dani_di_almeida@hotmail.com ⁷talita.engamb@hotmail.com ³Pesquisador, PhD Eng. Irrigação/Modelagem, Embrapa Milho e Sorgo. camilo@cnpms.embrapa.br ⁴Biólogo, Doutorando UFPEL, Universidade Federal de Pelotas, tales_aamaral@yahoo.com.br ⁵Eng. Agrícola, DSc Recursos Hídricos e Ambientais, Bolsista PNPd/CNPq, Sete Lagoas/MG, denise@cnpms.embrapa.br

RESUMO - Entender a habilidade das plantas em resistir aos estresses hídricos é de suma importância para o agronegócio visto que esse tipo de estresse é um dos principais responsáveis por quebras de safra de milho. Objetivou-se com este estudo estabelecer a data de semeadura mais adequada e o período de suspensão da irrigação para a obtenção de pelo menos 60% de redução na produtividade do milho em relação ao cultivo sem estresse, para a região de Nova Porteirinha e Mocambinho, MG. Empregou-se o modelo CSM-CERES-Maize, do sistema DSSAT, para definir a época de plantio mais favorável à aplicação de estresse hídrico em milho e também para simular o rendimento da cultura submetida a diferentes períodos de estresse hídrico, iniciando no pré-florescimento. A suspensão da irrigação durante o período da 5ª a 14ª e da 5ª a 9ª semana após a semeadura proporcionou uma produtividade simulada média de grãos de 1.913 e de 2.155 kg ha⁻¹, que corresponde a reduções de 64,9 e 61,0%, em relação ao tratamento sem estresse, para Nova Porteirinha e Mocambinho, respectivamente sendo, portanto, esses períodos recomendados para programa de melhoramento de milho para tolerância à seca.

Palavras-chave: *Zea mays* L., tolerância à seca, níveis de estresse

Introdução

A seca é uma das maiores limitações à produção de alimentos no mundo. Como a população mundial continua a crescer e a disponibilidade de recursos hídricos para a agricultura vem declinando, o desenvolvimento de cultivares tolerantes à seca e mais eficientes no uso da água é uma preocupação global. Mesmo as regiões agrícolas mais produtivas apresentam curtos períodos de seca em quase todos os anos e, ocasionalmente, sofrem com secas severas (BARNABÁS et al., 2008).

Bergamaschi et al. (2004) afirmaram que a produtividade de grãos de milho é decorrente das condições hídricas durante o período crítico, que se estende do pendoamento até o início do enchimento de grãos. Déficit hídrico por uma semana durante o florescimento pode reduzir em 50% o rendimento de grãos; se posterior à polinização reduz em 30% (NICKELL, 1983).

Disponibilizar genótipos produtivos e com características de tolerância a estresses abióticos, principalmente ao estresse de seca, é um desafio contínuo para os programas de

melhoramento, pois seca é a maior fonte de instabilidade no rendimento de grãos de cereais e legumes (DURÃES et al., 2004). Resultados satisfatórios têm sido obtidos com o melhoramento do milho para a seca, gerando genótipos tolerantes (MONNEVEUX et al., 2006). Entretanto, os programas de melhoramento, voltados para a tolerância à seca, requerem um ambiente em que o estresse hídrico possa ser aplicado no momento e na intensidade adequadas. Para a seleção adequada dos genótipos, espera-se que o estresse hídrico, aplicado no pré-florescimento, proporcione uma redução de pelo menos 50% na produtividade de grãos em relação ao tratamento sem estresse. Modelos de simulação podem ser empregados para planejar a imposição do estresse, de forma a se obter a quebra desejada na produtividade, com a vantagem de se considerar o efeito da variabilidade climática interanual e de solos com diferentes capacidades de retenção de água.

Vários modelos, com as mais diferentes finalidades, foram desenvolvidos nos últimos anos, destacando-se o sistema DSSAT (*Decision Support System for Agrotechnology Transfer*), que simula os principais processos envolvidos no crescimento de diversas culturas de grãos, hortaliças e pastagens (HOOGENBOOM et al., 2009).

O objetivo deste estudo foi estabelecer o período de suspensão da irrigação em ensaios de tolerância à seca que proporcionasse pelo menos 50% de redução na produtividade do milho em relação ao cultivo sem estresse, para duas localidades do semiárido de Minas Gerais.

Material e Métodos

Empregou-se o modelo CSM-CERES-Maize, do sistema DSSAT, versão 4.5 (HOOGENBOOM et al., 2009), previamente calibrado e avaliado (AMARAL et al., 2010), para simular cenários de épocas de semeadura e de aplicação de estresse hídrico na cultura do milho plantada em Nova Porteirinha e Mocambinho, MG. A área experimental da Embrapa Milho e Sorgo em Nova Porteirinha tem coordenadas 15°45'20,92" S, 43°16'50,61" W e altitude 500 metros (SILVA et al., 2007). O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média (Embrapa, 2006). A área experimental da Epamig em Mocambinho, MG tem coordenadas 15° 48' 19,59" S, 43° 18' 31,03" W. O solo é classificado como Neossolo Quartzarênico de textura média (RESENDE et al., 2007). Os dois locais foram selecionados por se localizarem em uma região semiárida, onde é possível a aplicação controlada de estresse hídrico nas culturas.

Os procedimentos de simulação foram realizados em três etapas. Na primeira etapa, utilizou-se o modo sazonal do modelo, com dados históricos diários de clima, para definir a

época de semeadura que possibilitasse a aplicação de elevado nível de estresse hídrico na cultura. Na segunda etapa, o modo sazonal do modelo foi utilizado com a função de irrigação por aspersão automática ativada, permitindo que se obtivessem as datas e as lâminas de irrigação necessárias em cada ano para a produção sem estresse hídrico. Na terceira etapa, utilizou-se o modo experimental do modelo para simular ensaios virtuais nos quais diferentes períodos de estresse hídrico, variando de totalmente irrigado até totalmente de sequeiro, com incrementos semanais, pudessem ser aplicados à cultura.

Os ensaios virtuais foram realizados considerando a cultura do milho semeada em dois locais da região semiárida de Minas Gerais: Perímetro Gortuba, em Nova Porteirinha, MG, e Perímetro Jaíba, em Mocambinho, MG.

Utilizaram-se dados diários de precipitação, de temperaturas máxima e mínima do ar e de radiação solar, obtidos de uma série histórica com 32 e 33 anos de registros, compreendendo o período de 1977 a 2009 e 1976 a 2009, das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, instaladas nas áreas experimentais da Epamig em Nova Porteirinha e em Mocambinho, MG, respectivamente.

Considerou-se nas simulações o híbrido simples BRS 1030, cujos coeficientes foram previamente calibrados (AMARAL et al., 2010), semeado com espaçamento de 0,9 m entre linhas e 65 mil plantas ha⁻¹. A adubação de plantio consistiu de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Em cobertura aplicaram-se 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 70 kg ha⁻¹ de K₂O aos 40 dias após o plantio. Empregou-se a metodologia descrita em Amaral et al. (2009) para definir a curva de quebra esperada de produtividade para a cultura do milho em regime de sequeiro.

Resultados e Discussão

A análise dos dados de redução da produtividade média de grãos, em relação à produtividade média máxima, obtida para diferentes datas de semeadura do milho, sob manejo de sequeiro, indicou que existe uma janela que vai de 20 de março a 29 de agosto, para Nova Porteirinha, e de 13 de março a 29 de agosto, para Mocambinho, nas quais a quebra na produtividade média está acima de 80% (Figura 1). A semeadura no dia 01 de maio possibilitou reduções médias na produtividade, em decorrência de estresse hídrico, acima de 90% e minimizou o risco de que a cultura receber chuva na fase terminal do ciclo. Esta foi, portanto, uma data adequada para o plantio de ensaios naquelas localidades, com o objetivo de se avaliar a resposta da cultura do milho ao estresse hídrico.

Diferentes níveis de estresse hídrico, com conseqüente redução na produtividade simulada média de milho, foram obtidos pela suspensão da irrigação a partir da 5ª semana

após a semeadura, com incrementos de uma semana (Figura 2). Observou-se que a suspensão da irrigação durante a 5ª a 9ª semana causou uma redução de apenas 20%, em Nova Porteirinha, e de mais de 60%, em Mocambinho (Figura 3), onde o solo reteve bem menos água em seu perfil, permitindo que a cultura se submeta ao estresse hídrico mais rapidamente. Estritamente do ponto de vista de aplicação do estresse hídrico, pode-se considerar que Mocambinho seria mais apropriado que Nova Porteirinha para os estudos de tolerância à seca.

Para se obter uma redução na produtividade de milho acima de 50%, que é um requisito do programa de melhoramento para a seleção de cultivares tolerantes à seca (GUIMARÃES, et al. 2011), deve-se suspender a irrigação durante a 5ª a 14ª semana após o plantio em Nova Porteirinha, o que proporcionou uma produtividade média (de 32 anos) de 1.913 kg ha⁻¹, 64,9% menor que a produtividade obtida com irrigação total. Para Mocambinho, a suspensão da irrigação durante a 5ª a 9ª semana após a semeadura, proporcionou uma produtividade média (de 33 anos) de 2.155 kg ha⁻¹, que corresponde a uma redução de 61,0% em relação ao tratamento sem estresse hídrico. Salienta-se que esses períodos coincidem aproximadamente com a fase que vai do pré-florescimento ao enchimento de grãos, na qual o déficit hídrico provoca os maiores prejuízos à cultura (BERGAMASCHI et al. 2004). Como as condições climáticas dos dois locais são similares, as diferenças na resposta da cultura ao corte da irrigação em Nova Porteirinha e Mocambinho foram principalmente à capacidade de retenção de água do solo, que é menor em Mocambinho, permitindo o atingimento do estresse desejado mais rapidamente.

Os dados apresentados são médias de resultados de simulações realizadas com 32 e 33 anos de dados de clima, para Nova Porteirinha e Mocambinho, respectivamente. A variabilidade sazonal e interanual das condições climáticas podem alterar este comportamento, todavia, devendo-se estudar uma forma de prognosticar o clima e utilizar desta ferramenta de modelagem para planejar corretamente o período de corte da irrigação em um ano específico.

Conclusões

- O período de semeadura de 20 de março a 29 de agosto e de 13 de março a 29 de agosto proporciona uma redução de mais de 80% na produtividade do milho em relação à maior produtividade média de sequeiro para Nova Porteirinha e Mocambinho, MG, respectivamente;

- O dia 01 de maio pode ser considerado a melhor data de semeadura para os ensaios que visem à aplicação de estresse hídrico no período de pré-florescimento e enchimento de grãos do milho, tanto para Nova Porteirinha, quanto para Mocambinho, MG;
- Para se obter uma redução de pelo menos 50% no rendimento de grãos de milho, em relação à produtividade sem estresse hídrico, a suspensão da irrigação deve ser de pelo menos sete semanas para Nova Porteirinha e de quatro semanas para Mocambinho, iniciando-se na 5ª semana após a semeadura;

Agradecimentos

A FAPEMIG, pelo suporte financeiro, a FUNARBE pela oportunidade de estágio e aos empregados de apoio da Embrapa Milho e Sorgo, pelo auxílio na coleta e análise de dados.

Literatura Citada

AMARAL, T. A.; ANDRADE, C. de L. T. de; OLIVEIRA, A. C. de; SILVA, D. de F.; SANTANA, C. B. de; MOURA, B. F.; CASTRO, L. A. de. **Metodologia para o estabelecimento do período de semeadura de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 13 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 88).

AMARAL, T. A.; ANDRADE, C. de L. T. de; SILVA, D. de F.; NOSSE, M. A.; SANTANA, C. B.; MOURA, B. F. **Capacidade Preditiva do Modelo CSM-Ceres-Maize para Simular a Utilização de Cama de Frango na Cultura do Milho**. Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 23, Goiânia, 2010.

BARNABÁS, B.; JÄGER, K.; ATTILA FEHÉR, A. **The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals**. *Plant, Cell and Environment*, v.31, p.11–38, 2008.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.831-839, 2004.

DURÃES, F. O. M. *et al.* **Fenotipagem associada a tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS. 2004. 18p. (Circular Técnica 39).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Produção de Informação, 2006. 306p.

GUIMARÃES, L.J.M.; PARENTONI, S.N., MENDES, FF. **Melhoramento de milho para estresses abióticos In: Estratégias em Melhoramento de Plantas**. ed.Viçosa: Arka, 2011, v.1, p. 39-53.

HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C.H.; HUNT, L. A.; BOOTE, K. J.; SINGH, U.; URYSEV, O.; LIZASO, J. I.; WHITE, J. W.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A.J.; BATHELOR, W. D.; TSUJ, G. Y. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer**. Version 4.5 Honolulu: University of Hawaii, 2009. CD-ROM.

MONNEVEUX, P.; SANCHEZ, C.; BECK, D.; EDMEADES, G. O. **Drought tolerance improvement in tropical maize source populations: evidence of progress**. *Crop Science*, Madison, v. 46, p.180-191, 2006.

NICKELL, L. G. **Plant growth regulating chemicals**. Boca Raton: CRC Press, 1983. v.2.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia – Base para distinção de ambientes**. Editora UFLA, 2007.

SILVA, E. B.; FARNEZI, M. M. M.; PINHO, P. J.; RODRIGUES, M. G. V.; CARVALHO, J. G. **Aplicação de doses de zinco, via solo, na bananeira “Prata Anã” (AAB) irrigada, no norte de minas gerais**. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1497-1502, 2007.

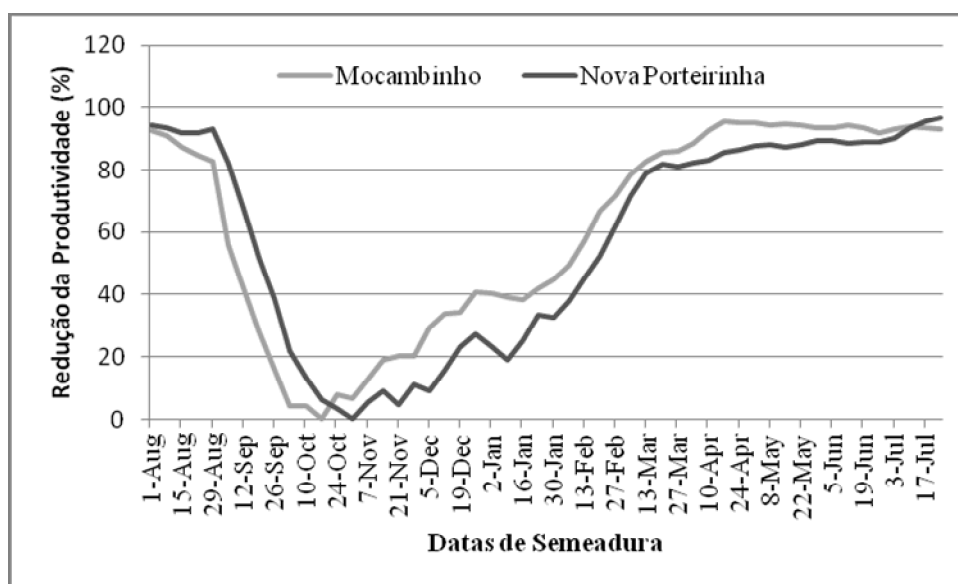


Figura 1. Redução da produtividade média de grãos de milho em relação à produtividade média máxima do híbrido BRS 1030, obtida sob manejo de sequeiro, para diferentes datas de semeadura. Nova Porteirinha e Mocambinho, MG.

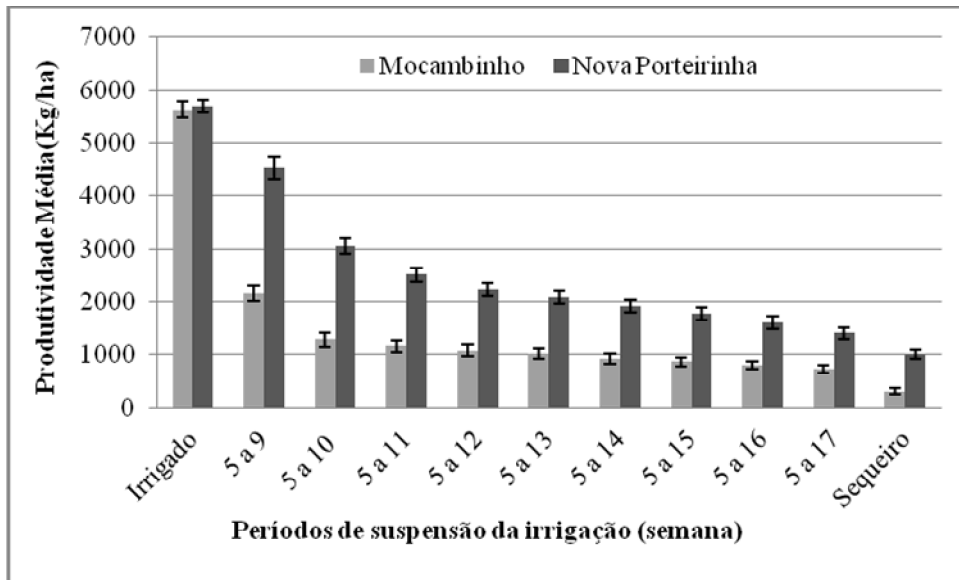


Figura 2. Valores médios de produtividade de milho simulada, para diferentes períodos de suspensão da irrigação. Nova Porteirinha e Mocambinho, MG. As barras verticais sobre as colunas são os erros padrão acima e abaixo da média.

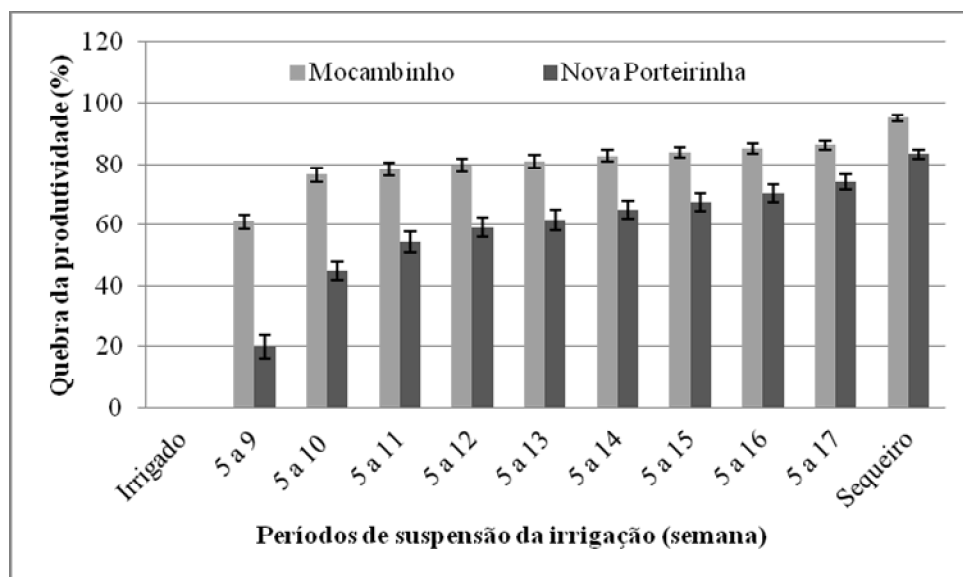


Figura 3. Quebra média na produtividade de grãos em relação ao tratamento sem estresse para diferentes períodos de suspensão da irrigação. Nova Porteirinha e Mocambinho, MG. As barras verticais sobre as colunas são os erros padrão acima e abaixo da média.