

UTILIZAÇÃO DO MODELO CERES-MAIZE COMO FERRAMENTA NA DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE SEMEADURA DE MILHO: 3 – REQUERIMENTO E PRODUTIVIDADE DA ÁGUA

CAMILO L. T. ANDRADE¹, TALES ANTÔNIO AMARAL², DENISE FREITAS SILVA³, AXEL GARCIA Y GARCIA⁴, GERRIT HOOGENBOOM⁵, RICARDO A. L. BRITO⁶, JOÃO CARLOS F. BORGES JÚNIOR⁷, REINALDO L. GOMIDE⁶

¹Pesquisador Dr. Embrapa Milho e Sorgo Rod. MG 424 Km 65 Zona Rural CEP 35701-970 - Sete Lagoas, MG, fone (31) 3027-1335, e-mail: camilo@cnpmc.embrapa.br.

²Biologo - MSc Fisiologia Vegetal – Bolsista CNPq.

³Eng. Agrícola, DSc Recursos Hídricos e Ambientais – Bolsista CNPq.

⁴Pesquisador Dr., Biological and Agricultural Engineering, The University of Georgia, USA.

⁵Professor, Dr. Biological and Agricultural Engineering, The University of Georgia, USA.

⁶Pesquisador Dr., Embrapa Milho e Sorgo.

⁷Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

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

RESUMO: Há um esforço mundial para se produzir alimento com menor consumo de água devido à tendência de escassez deste recurso. Empregou-se um modelo de simulação do crescimento de plantas para estudar a variabilidade do requerimento e da produtividade da água de milho semeado em diferentes datas empregando sistemas de produção de sequeiro e irrigado. Observou-se grande amplitude intra e interanual nos valores da evapotranspiração e produtividade da água, sobretudo no sistema de cultivo de sequeiro no qual a cultura pode ser submetida à estresses hídricos. Mesmo no regime irrigado, há certa variabilidade proporcionada por outras variáveis climáticas que afetam a demanda evapotranspirométrica, o requerimento de água, o rendimento de grãos da cultura e, conseqüentemente, a produtividade da água. O modelo de simulação demonstrou ser útil para o planejamento e otimização do uso dos recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Datas de semeadura, irrigação, eficiência de uso da água.

USE OF CERES-MAIZE MODEL AS A TOOL TO DETERMINE SOWING STRATEGIES: 3 – WATER USE AND PRODUCTIVITY

ABSTRACT: There is a global effort to produce food with less water use due to trends of this resource shortage. A crop growth simulation model was used to study water requirement and productivity variability of maize sowed in different dates under rainfed and irrigated conditions. There was a large seasonal and inter-annual spread on evapotranspiration and water productivity values, especially in the rainfed system. Even under irrigation, variability due to other climatic variables that affect evapotranspiration demand, water requirement, grain yield and, hence, water productivity was observed. The crop growth model proved its usefulness for planning and optimizing water resources use.

KEYWORDS: Sowing dates, irrigation, water-use efficiency.

INTRODUÇÃO: Esforços têm sido feitos para produzir mais alimento com menos água, ou seja, para aumentar a eficiência de uso desse recurso. Em sistemas de produção de sequeiro, o melhor aproveitamento dos recursos hídricos é obtido com o ajuste da data de semeadura ao regime de chuvas (SOLER et al., 2007; SINGH e SRINIVAS, 2007). Em sistemas irrigados há outras estratégias que podem ser empregadas, como reduzir a frequência da irrigação (CARDOSO et al., 2004) e a imposição de algum nível de déficit hídrico às culturas. A

produtividade da água é um indicador que pode ser empregado para se avaliar a eficiência no uso deste recurso com base em vários parâmetros como produtividade de grãos ou rentabilidade por unidade volume de água aplicada ou consumida ou evapotranspirada pela cultura. Alguns estudos reportam valores de produtividade da água para milho a partir de dados obtidos em campo (ANDRADE et al., 2004; MISHRA et al., 2001; ZHANG, 2003), incluindo uma extensa revisão da literatura realizada por ZWART e BASTIAANSEN (2004). Entretanto, esses estudos geralmente são pontuais e não refletem a variabilidade climática interanual que afeta o requerimento de água da cultura e a sua produtividade e, conseqüentemente, a eficiência no uso da água. Objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade da água em milho para diferentes datas de semeadura em sistemas de produção de sequeiro e irrigado em Sete Lagoas, MG, levando-se em consideração a variabilidade climática interanual.

MATERIAL E MÉTODOS: Empregou-se o modelo Cropping System Model (CSM)-Ceres-Maize, do DSSAT (“Decision Support System for Agrotechnology Transfer”), versão 4.5 (HOOGENBOOM et al., 2009), previamente calibrado e avaliado, para simular o rendimento de grãos de milho semeado semanalmente em Sete Lagoas, MG. Utilizaram-se na simulação dados diários de precipitação, de temperatura máxima e mínima do ar e de insolação, obtidos de uma série histórica com 46 anos de registros da estação meteorológica padrão de Sete Lagoas, MG. Detalhes do manejo da cultura foram descritos na primeira parte deste artigo (ANDRADE et al., 2009a). O modelo estima a evapotranspiração da cultura pelo método de Priestley-Taylor modificado (RITCHIE, 1998), o qual calcula evaporação do solo separadamente da transpiração da planta. A produtividade da água é calculada pela relação entre a produtividade de matéria seca de grãos e a lâmina de evapotranspiração da cultura no ciclo. Para cada data de semeadura, geraram-se 46 dados simulados de evapotranspiração e de produtividade da água, que foram plotados no formato de distribuição de freqüência. O modelo foi preparado para simular irrigações automáticas. Considerou-se a camada superficial de 0,30 m do perfil do solo como sendo de controle para o manejo das irrigações. O nível de esgotamento da água do solo foi adotado como sendo 50% da água disponível. As lâminas de irrigação foram aplicadas para retornar o solo à capacidade de campo. O modelo considera que a irrigação é uniforme e que toda lâmina aplicada infiltra no solo. Analisaram-se o requerimento estimado e a produtividade da água para a cultura para milho, semeado em diferentes datas, nos sistemas de cultivo de sequeiro e irrigado e avaliaram-se as variabilidades intra e interanuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Observa-se grande amplitude nos valores simulados de evapotranspiração no ciclo do milho, nas diversas datas de semeadura, no sistema de sequeiro (Figura 1a), mesmo em semeaduras realizadas no período considerado de menor risco (ANDRADE et al., 2009a), devido ao estresse hídrico que a cultura pode ter sofrido, em decorrência do regime de chuvas, incluindo a ocorrência de veranicos. Valores medianos máximos da evapotranspiração da cultura próximos de 600 mm foram observados no mês de dezembro, embora em alguns anos tenham sido observados tetos em torno de 700 mm no ciclo, o que está dentro da faixa esperada pela cultura (DURÃES e MAGALHÃES, 2008). No regime irrigado, a variabilidade, tanto anual, quanto interanual foi menor (Figura 1b). Entretanto, para uma mesma data de semeadura, os valores da evapotranspiração da cultura no ciclo foram maiores que no sistema de sequeiro, pois a cultura não é submetida a estresse hídrico, uma vez que o modelo simula irrigação automática. Os maiores valores de evapotranspiração da cultura no sistema irrigado aproximaram de 850 mm no ciclo, na segunda quinzena de fevereiro de alguns anos. Os valores medianos atingiram em torno de

720 mm no ciclo da cultura (Figura 1b), estando também dentro da faixa reportada por DURÃES e MAGALHÃES (2008).

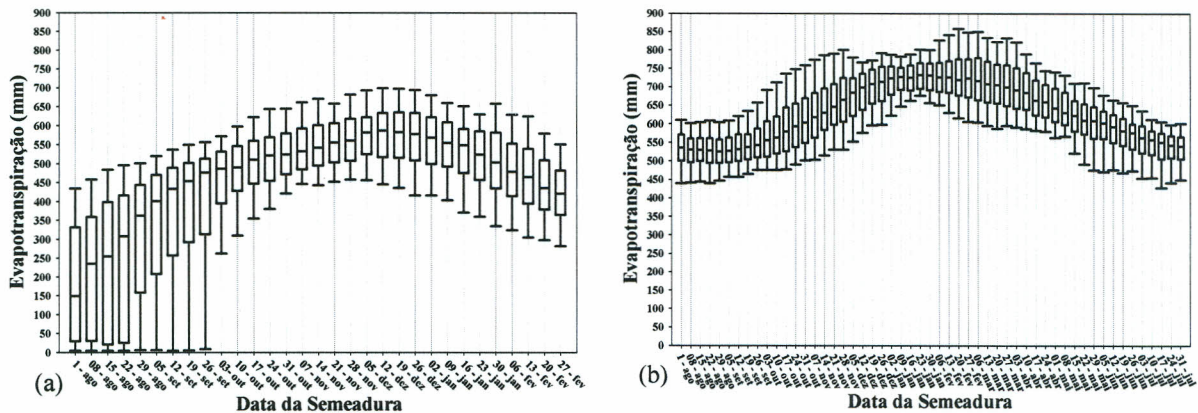


Figura 1- Distribuição de freqüência da evapotranspiração da cultura, indicando valores mínimos, máximos, medianos e percentis, para diferentes datas de semeadura, em sistemas de cultivo de sequeiro (a) e irrigado (b).

A lâmina complementar de irrigação aplicada na cultura no sistema irrigado variou consideravelmente tanto para uma mesma data, quanto entre as 53 datas de semeadura simuladas ao longo do ano (Figura 2).

Os menores valores medianos de lâmina de irrigação aplicada, em torno de 150 mm, foram observados no período de 03 de outubro a 21 de novembro, enquanto os maiores valores, de cerca de 420 mm, foram obtidos de 04 de abril a 15 de maio. Para uma mesma data, a amplitude da lâmina de irrigação complementar aplicada é considerável, principalmente no período de chuvas quando podem ocorrer veranicos, durante os quais a demanda evapotranspirométrica é elevada (Figura 1b). Lâminas de irrigação complementar de mais de 500 mm foram observadas na semeadura de 03 de abril.

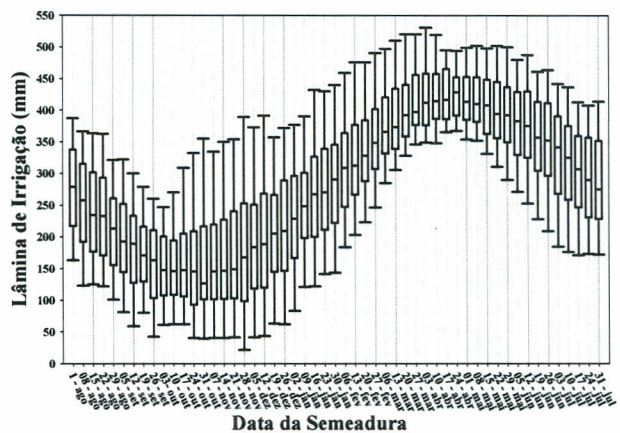


Figura 2 – Lâmina de irrigação total aplicada durante o ciclo da cultura do milho.

Este tipo de informação pode auxiliar no planejamento da exploração agrícola levando em consideração o interesse do produtor e o uso de recursos hídricos. Se há restrição ao uso de água, deve-se optar pela semeadura no período de menor necessidade de irrigação, que é em outubro e novembro, esperando, entretanto, uma produtividade mediana da cultura de cerca de 2000 kg ha⁻¹ menor que a máxima do ano. Por outro lado, se o interesse do produtor é produzir mais, a melhor janela de semeadura no regime irrigado é na segunda quinzena de fevereiro (ANDRADE et al., 2009b), período no qual a cultura requer de 300 a 320 mm de irrigação suplementar no ciclo (Figura 2). A amplitude nos valores da produtividade da água é consideravelmente maior no sistema de produção de sequeiro do que no irrigado (Figura 3a e 3b) devido ao efeito marcante das condições climáticas, sobretudo o estresse hídrico, na produtividade de grãos da cultura. Valores medianos máximos da produtividade da água simulada pelo modelo foram de cerca de 1,55 kg m⁻³, no regime de sequeiro e de cerca de 2,10 kg m⁻³, no irrigado. Tanto no sistema de sequeiro, quanto no irrigado, os maiores valores de produtividade da água foram observados no período que coincide com a época mais recomendada de semeadura da cultura (ANDRADE et al.,

2009ab). Andrade et al. (2004) determinaram produtividade da água para milho entre 1,22 e 1,74 kg m⁻³, considerando peso seco de grãos em relação à lâmina de irrigação e chuva recebida pela cultura do milho durante seu ciclo. Mishra et al. (2001) obtiveram valores entre 1,39 e 1,54 kg m⁻³ na Índia, calculados também com base na irrigação e chuva, enquanto ZWART e BASTIAANSEN (2004), em uma completa revisão da literatura, reportaram produtividades da água para milho variando entre 1,1 e 2,7 kg m⁻³.

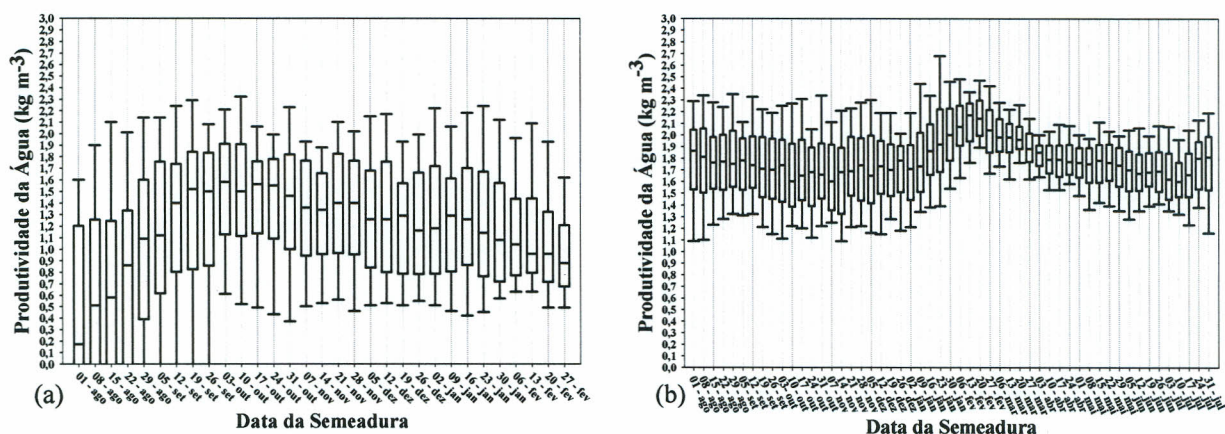


Figura 3 - Distribuição de frequência da produtividade da água calculada em função da evapotranspiração da cultura no ciclo, para diferentes datas de semeadura em sistemas de produção de sequeiro (a) e irrigado (b).

CONCLUSÕES: Observou-se grande amplitude interanual da evapotranspiração total da cultura, sendo a variabilidade consideravelmente maior no sistema de produção de sequeiro. Mesmo no sistema irrigado nota-se significativa variabilidade devido às instabilidades climáticas, que podem afetar a demanda evapotranspirométrica e o ciclo da cultura, com conseqüente variação no consumo de água. Os períodos de semeadura que proporcionam melhor aproveitamento dos recursos hídricos devido à maior produtividade da água coincidem com os períodos de melhor produtividade de grãos da cultura. Os valores medianos estimados de evapotranspiração e produtividade da água estão dentro da faixa reportada na literatura para a cultura do milho.

AGRADECIMENTOS: Gostaria de expressar os meus agradecimentos à FAPEMIG e à Embrapa pelo suporte financeiro dado ao projeto.

REFERÊNCIAS:

ANDRADE, C. L. T.; ALVARENGA, R. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; COELHO, A. M.; TEIXEIRA, E. G. Dinâmica de água e soluto em um latossolo cultivado com milho irrigado: 1- percolação e produtividade da água. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14.; ENCONTRO LATINOAMERICANO DE IRRIGAÇÃO, DRENAGEM E CONTROLE DE ENCHENTES, 1., 2004, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ABID, 2004. CD-ROM.

ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; SILVA, D. F.; HEINEMANN, A. B.; GARCIA Y GARCIA, A.; HOOGENBOOM, G.; MAGALHÃES, P. C.; ARAUJO, S. G. A. Utilização do modelo ceres-maize como ferramenta na definição de estratégias de semeadura de milho: 1 – Sistema de produção de sequeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. *Anais...* 2009. CD-ROM. No prelo.

ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; SILVA, D. F.; GARCIA Y GARCIA, A.; HOOGENBOOM, G.; GUIMARÃES, D. P.; OLIVEIRA, A. C.; SANTANA, C. B. Utilização do modelo cerez-maize como ferramenta na definição de estratégias de semeadura de milho: 2 – Sistema de produção irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009b, Belo Horizonte. **Anais....CD-ROM**. No prelo.

CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T.; FOLEGATTI, M. V. Aplicação do modelo Ceres-Maize na análise de estratégias de irrigação para milho “safrinha” em Londrina-PR. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 37-45, 2004.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C. Transporte de água no sistema solo-planta-atmosfera – Movimento de água e solutos nas plantas. In: Albuquerque, P. E. P.; Durães, F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 169-224.

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.; BATHELORE, W. D.; TSUJ, G. Y. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer**. Version 4.5 Honolulu: University of Hawaii, 2009. CD-ROM

MISHRA, H. S.; RATHORE, T. R.; SAVITA, U. S. Water-use efficiency of irrigated winter maize under cool weather conditions of India. **Irrigation Science**, New York, v. 21, p. 27-33, 2001.

RITCHIE, J. T. Soil water balance and plant water stress. In: TSUJI, G. Y.; HOOGENBOOM, G.; THORTON, P. K. **Understanding options for agricultural production**. Dordrecht: Kluwer, 1998. p. (Systems Approaches for Sustainable Agricultural Development, 7). P.41-54.

SINGH, P.; SRINIVAS, K. Crop simulation models as decision-making tools for managing agricultural droughts. In: **Agricultural Droughts: Aspects of micrometeorology - a lecture notes of 4th SERC School** (Ramakrishna YS, Rao GGSN, Sastry PSN and Rao VUM, eds.). CRIDA, Hyderabad, India. 2007.

SOLER, C. M. T.; SENTELHAS, P. C.; HOOGENBOOM, G. Application of the CSM-CERES-Maize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown off-season in a subtropical environment. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 27, p. 165–177, 2007.

ZHANG, H. Improving water productivity through deficit irrigation: examples from Syria, the North China Plain and Oregon, USA. In: KIJNE, J. W.; BARKER, R.; MOLDEN, D. (Ed.). **Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvements**. Wallingford: CABI, 2003. Cap. 19, p. 301-309.

ZWART, S. J.; BASTIAANSEN, W. G. M. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 69, p. 115-133, 2004.