

# Determinação do coeficiente de cultura do milho (*Zea mays* L.) sob condições de semiárido brasileiro

LUCIANA S. B. SOUZA<sup>1</sup>, MAGNA S. B. MOURA<sup>2</sup>, GILBERTO C. SEDIYAMA<sup>3</sup>,  
THIERES G. F. DA SILVA<sup>4</sup>, ELIETH O. BRANDÃO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestranda em Meteorologia Agrícola - UFV, Viçosa-MG/Embrapa Semiárido, BR 428, km 152, CP 23, CEP: 56302-970, Petrolina-PE, Fone: (87) 3862-1711. E-mail: sanddrabastos@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Pesquisadora em Agrometeorologia, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE - magna@cpatsa.embrapa.br

<sup>3</sup> Professor Titular, UFV/DEA, Viçosa-MG, Bolsista de Produtividade do CNPq - g.sedyama@ufv.br

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup>. Agrônomo, Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada-PE - thieres@uast.ufrpe.br

<sup>5</sup> Bióloga, Bolsista FACEPE/Embrapa Semiárido, Petrolina-PE - elieth.brandao@cpatsa.embrapa.br.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi determinar o coeficiente de cultura (Kc) do milho (*Zea mays* L.) nas condições climáticas do semiárido brasileiro. O experimento foi realizado no Campo Experimental da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, com a cultivar de milho 'caatingueiro', cultivado sob irrigação por gotejamento, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, sendo cada parcela constituída por quatro fileiras de plantas. Foram utilizados três diferentes métodos para obtenção dos valores de Kc: balanço hídrico no solo, equação proposta pela FAO e um modelo de ajuste da variável graus-dias aos valores de Kc. Os resultados mostraram que não houve diferença entre os métodos analisados, e os valores de Kc obtidos pelo método do balanço hídrico no solo foram 0,86, 1,23, 0,97 e 0,52, respectivamente para as fases I, II, III e IV. Os dados gerados por meio desta pesquisa podem auxiliar na obtenção de maiores produtividades da cultura do milho.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays* L., requerimento hídrico, métodos de estimativas.

## Determination of crop coefficient of maize (*Zea mays* L.) under Brazilian semiarid conditions

**ABSTRACT:** This work aimed to determine the crop coefficient (Kc) of maize (*Zea mays* L.) under Brazilian semiarid conditions. The field experiment occurred at a Embrapa Tropical Semiarid Experimental Station, City of Petrolina, State of Pernambuco, Brazil, by using the maize cultivar 'caatingueiro', growing under drip irrigation, in a randomized design with three replications, and four plant rows. It was used three different methods to obtain the values of Kc: Soil Water balance approach, equation proposed by FAO and adjusted with degree-days values for Kc. The results showed that there were no differences among the methods tested, and the Kc values determined by Soil Water balance approach were 0.86, 1.23, 0.97 and 0.52, respectively to phenological phases I, II, III and IV. The generated data would be used to obtain better productivity for the maize.

**KEYWORDS:** *Zea Mays* L., water requirements, methods of estimation.

## INTRODUÇÃO

O milho representa um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas energéticas acumuladas nos grãos (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000). É uma cultura originalmente tropical, que se desenvolve em dias curtos e com altas taxas fotossintéticas, exigindo, por isso, um clima quente, para expressar seu potencial de produção, podendo, no

entanto, constituir-se em uma boa alternativa de cultivo para os produtores rurais (EVANGELISTA et al., 2005).

No Brasil, existem cerca de 14.171,8 mil hectares plantados com esse cereal, os quais são responsáveis por uma produção de 45.113,9 mil toneladas, sendo o estado de Pernambuco responsável por apenas 10% desse total (AGRIANUAL, 2009). Neste Estado, o milho é cultivado em sistemas de plantios dependentes de chuva, que, em geral, resulta em baixas produtividades, em consequência, principalmente, da irregularidade no regime pluviométrico e do manejo cultural inadequado. Tem-se verificado nos pólos de irrigação, que as áreas comerciais cultivadas com milho sob irrigação suplementar estão se expandindo. Nessas áreas há a necessidade da realização de um planejamento racional do manejo de água visando à melhor relação custo x benefício.

Em condições de clima tropical, o milho produz significativa quantidade de biomassa, especialmente sob condições de alta disponibilidade de água no solo. Sob estresse hídrico, as respostas fisiológicas do milho tendem a ser modificadas, a depender da duração, severidade e da fase fenológica de ocorrência (MOURA et al., 2006). Assim, o conhecimento das necessidades hídricas da cultura torna-se de fundamental importância para o manejo adequado da irrigação nos sistemas agrícolas, bem como para a definição da quantidade de água que deve ser usada. As estimativas do uso de água são indispensáveis para a sustentabilidade do sistema de produção, pois permitem reduzir a lixiviação de nutrientes e a degradação dos solos; além de possibilitar a economia no uso da água. Assim, o objetivo desse trabalho foi determinar o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) do milho em diferentes fases fenológicas nas condições climáticas do semiárido brasileiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro (09°09'S; 40°22'W) da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE. O clima local é tipo BSw<sup>h</sup>, ou seja, semiárido (HARGREAVES, 1974) com temperaturas médias anuais elevadas, da ordem de 26,3°C e precipitação média igual a 548,7 mm. O solo da área experimental é classificado como Podzólico Amarelo Eutrófico Latossólico com fragipã, textura média, moderadamente drenado, com lençol freático a 1,80m de profundidade (EMBRAPA, 1999).

Utilizou-se a cultivar de milho (*Zea mays* L.) 'caatingueiro', plantado sob irrigação por gotejamento, com emissores espaçados em 0,5m, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, sendo cada parcela constituída por quatro fileiras. A semeadura do milho ocorreu em 21/12/2007 e a colheita em 07/04/2008. A semente foi plantada no espaçamento de 1,00m entre fileiras e 0,20m entre covas, totalizando uma densidade de plantio de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Após a semeadura, foram adotados os tratamentos culturais necessários ao bom desenvolvimento da cultura, como capinas, controle de pragas e doenças e manejo de irrigação.

O monitoramento da umidade no solo foi realizado diariamente, durante todo o ciclo da cultura, por meio de sonda, modelo Diviner 2000. Para tanto, foram instalados tubos de acesso até a profundidade de 1,0m, nos quais as medidas foram efetuadas a cada 0,1m de profundidade, no período da manhã. Concomitantemente, foram identificadas as datas de ocorrência dos estádios fenológicos da cultura por meio de visitas diárias ao experimento, adotando-se o método proposto por Pereira Filho & Cruz (2006).

O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para todas as fases fenológicas do milho (Fase I - vegetativa, Fase II - pendoamento-floração, Fase III - enchimento de grãos e Fase IV - maturação/colheita) foi determinado utilizando-se a equação do balanço hídrico simplificada, a qual considera que a água do sistema é proveniente da precipitação e irrigação; as perdas que ocorrem são devidas à evapotranspiração real e à percolação, como segue:

$$A_{t+1} = A_t + P + I - ET \dots\dots\dots(1)$$

onde: P - precipitação (mm); I - irrigação (mm); ET – evapotranspiração real (mm);  $A_t$  e  $A_{t+1}$  são o armazenamento de água no solo no tempo t e no tempo t+1, respectivamente (mm). A partir da equação do balanço hídrico (Eq.1), a evapotranspiração da cultura (ET) foi obtida por:

$$ET = P + I - \Delta A \dots\dots\dots(2)$$

em que  $\Delta A$  é a variação do armazenamento de água no solo (mm) desde a superfície do solo até à profundidade z (neste caso específico,  $z = 0,5m$ ).

Por meio da relação entre a ET e a evapotranspiração de referência - ETo (obtida em uma estação meteorológica automática, localizada a 400 m da área experimental), os coeficientes de cultura (Kc) foram calculados. Posteriormente, os dados do coeficiente de cultura (Kc) foram ajustados em função dos “graus-dias” acumulados (GDA). Para o cálculo dos graus-dia, utilizou-se a seguinte equação:

$$GDA = \sum (t_m - t_b) \dots\dots\dots(3)$$

onde  $t_m$  é a temperatura média do ar (°C) e  $t_b$  é temperatura base da cultura = 10°C (Lozada & Angelocci, 1999).

Por fim, visando analisar a consistência dos dados de Kc obtidos, esses, foram comparados com os valores de referência, estimados pelo método proposto pela FAO (ALLEN et al., 1998).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período inicial do ciclo da cultura foi marcado pela ocorrência de temperaturas (t) elevadas, atingido valores médios da ordem de  $27,31 \pm 1,61$  °C;  $33,29^\circ\text{C} \pm 2,46$  °C e  $22,25 \pm 1,00$  °C máxima, média e mínima, respectivamente, com posterior tendência a redução.

Durante o ciclo produtivo, o milho recebeu uma lâmina de água total correspondente a 471,2 mm, sendo que deste, apenas 118,63 mm foram oriundos da precipitação pluviométrica. Constatou-se que os coeficientes de cultura (Kc) foram obtidos sob condições ótimas de suprimento hídrico, uma vez que a umidade do solo foi mantida na capacidade de campo e de acordo com a literatura, o seu requerimento de água do milho, situa-se entre 400 e 700 mm (ALBUQUERQUE & GUIMARÃES, 2004). Nessas condições, a produção total de grãos foi  $3.418,33 \text{ kg ha}^{-1}$ , resultando em uma eficiência no uso de água igual a  $72,55 \text{ kg m}^{-3}$ .

Na Tabela 1 são observados os valores do coeficiente de cultura (Kc) do milho, obtidos por meio do método do balanço hídrico no solo para as diferentes fases fenológicas. Constatou-se que, o valor do Kc correspondente a Fase I foi 0,86. A partir dos 40 dias após a semeadura (DAS), que corresponde à Fase II (pendoamento-floração), o crescimento da cultura ocorreu de forma acelerada, aumentando a área foliar, a transpiração e, conseqüentemente, o consumo de água. Nesta fase, houve aumento do valor do Kc, que alcançou 1,23, corroborando com os resultados obtidos por vários autores (ALLEN et al., 1998; BEZERRA & OLIVEIRA, 1999; GUERRA & JACOMAZZI, 2001). Na Fase III (enchimento de grãos) verificou-se redução no valor do Kc, que foi igual a 0,97. Posteriormente, devido às modificações fisiológicas decorrentes do estágio de maturação, aos 67 DAS, como amarelecimento e senescência das folhas, o valor de Kc atingiu o valor mínimo (Kc = 0,52).

Bastos et al. (2008), em trabalho realizado para determinar o Kc do milho utilizando lisímetros nas condições edafoclimáticas sob irrigação por aspersão nos Tabuleiros Litorâneos do Piauí, encontraram valores de Kc oscilando entre 0,5-0,7; 1,1-1,3; 1,3-1,4 e 0,6 para as fases I, II, III e IV, respectivamente. Bezerra & Oliveira (1999) utilizaram o método do balanço hídrico e um sistema de irrigação por gotejamento para determinar o Kc do milho, no litoral cearense e encontraram valores de 0,73, 1,11, 0,95 e 0,64, para as referidas fases na ordem em que foram mencionadas. As divergências relatadas nos valores de Kc, refletem a importância de estudos locais e regionais, uma vez que as condições de solo, clima, método de irrigação, teor de água no solo, entre outras, influenciam diretamente nos valores desse coeficiente.

Quando se estabeleceu uma comparação entre os valores de Kc para cada fase fenológica obtidos pelo método do balanço hídrico no solo e os estimados por meio dos graus-dias acumulados e pela metodologia da FAO (ALLEN, et. al. 1998), verificou-se que os três métodos apresentaram valores muito próximos, principalmente para as Fases I, II e IV (Tabela 1). Na Fase III, houve diferença entre os valores estimados pelo ajuste dos graus-dias e FAO em relação aos obtidos por meio do balanço hídrico, os quais superestimaram este último em 20 e 22%, respectivamente. Na prática, muitos produtores de milho têm utilizado o Kc regionalizado da FAO em substituição ao obtido em campo, uma vez que este é de difícil mensuração e nem sempre encontra-se disponível para todo local. A partir dos resultados obtidos, pode-se constatar que para a região onde este estudo foi realizado os dados estimados podem ser utilizados sem que haja grandes mudanças com relação aos dados medidos e sem que ocorra redução na produtividade.

**Tabela 1.** Valores médios dos coeficientes de cultura (Kc) do milho irrigado nos seus diferentes estádios fenológicos, obtidos com a evapotranspiração da cultura determinada pelo balanço hídrico simplificado ( $\Delta A$ ) e estimado pelo método da FAO e pelo método do graus-dia ajustado, sob as condições de semiárido brasileiro, Petrolina-PE.

Método	Coeficiente de cultura (Kc)			
	Fase Fenológica			
	I	II	III	IV
Balanço hídrico ( A )	0,86	1,23	0,97	0,52
FAO	0,86	1,23	1,24	0,59
Ajustado graus-dias	0,87	1,21	1,21	0,61

## CONCLUSÕES

- não houve diferença entre os valores de coeficiente de cultura (Kc) determinados pelo método do balanço hídrico simplificado e os estimados pelos métodos da FAO e dos graus-dias acumulados;
- os valores de coeficiente de cultivo (Kc) obtidos podem ser utilizados para o manejo de irrigação do milho cultivado sob sistema de irrigação por gotejamento, nas condições climáticas do município de Petrolina-PE, durante o primeiro semestre do ano;
- os dados gerados por meio desta pesquisa podem auxiliar na obtenção de maiores produtividades do milho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. 2009. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: *FNP Consultoria e AgroInformativos*, 496p.

- ALBUQUERQUE, P. E. P.; GUIMARÃES, D. P. Estimativa de coeficientes de cultura (Kc) da fase de florescimento para milho e sorgo no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25, Cuiabá, 2004. Resumos expandidos em Cd-rom. Cuiabá: ABMS/Embrapa/Empaer, 2004.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998, 297p. FAO. **Irrigation and Drainage Paper, 56.**
- BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J; MENDES, A. G.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, F. J. S. Coeficiente de cultivo do milho nos Tabuleiros Litorâneos do Piauí. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2008, Londrina-PR. XXVII Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Londrina-PR : Embrapa Milho e Sorgo/Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2008. p. 1-5.
- BEZERRA, F. M. L.; OLIVEIRA, C. H. C. Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultura para o milho em Fortaleza, CE. **ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Jaboticabal, v. 19, n.1, p. 8-17, 1999.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G. de; AMARAL, P. N. C. do; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; LOPES, J.; SOARES, L. Q. Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (LAM.) DEWIT). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2005.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- PEREIRA FILHO, I. A. P; CRUZ, J. C. In: **A CULTURA DO MILHO IRRIGADO**, 2006. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/lvrrirriga.pdf> . Acessado em 17/09/2006.
- GUERRA, A. F.; JACOMAZZI, M. A. Método do Tanque Classe A para Irrigação Suplementar do Milho no Cerrado, **Comunicado Técnico – Embrapa Cerrados**, Planaltina, n.59, p.1-2, 2001.
- HARGREAVES, G.H. **Climate zonings for agricultural production in Northeast, Brazil**. Logan: Utah State University, 1974. 6p.
- LOZADA, B.; ANGELOCCI, L. R. Determinação da temperatura base e de graus-dia para estimativa da duração do subperíodo da sementeira à floração de um híbrido de milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 31-36, 1999.
- MOURA, E. G. de; TEIXEIRA, A. P. R.; RIBEIRO, V. S.; AGUIAR, A. das C. F.; FARIAS, M. F. de. Crescimento e produtividade da cultura do milho (*Zea mays*) submetido a vários intervalos de irrigação, na região da Pré-Amazônia. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2006.