



Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ

José C. Mendonça¹, Elias F. de Sousa², Salassier Bernardo², Márcio T. Sugawara², Anderson L. Peçanha² & Romildo D. Gottardo²

RESUMO

A evapotranspiração de uma cultura é uma das principais informações exigidas para o manejo de irrigação e para fins de planejamento do uso da água. Dentre as abordagens disponíveis para a estimativa do consumo de água pelas plantas, destaca-se o uso de coeficientes de cultura (Kc) associados a estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o). Buscou-se determinar, aqui, os valores de Kc para as diferentes fases fenológicas do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar em lançamento UENF-47, através da utilização de um lisímetro de pesagem e compará-los com os valores propostos pela FAO 56. Concluiu-se que as equações de ajustamento propostas por Allen et al. (1998) se mostraram eficientes para a correção e ajustamento dos coeficientes culturais obtidos neste experimento e que os coeficientes culturais das fases 3 (Kc méd) e 4 (Kc fim) sugeridos também por Allen et al. (1998) se ajustaram bem às condições de cultivo do feijoeiro cultivado no período de outono/inverno, em Campos dos Goytacazes, RJ.

Palavras-chave: consumo hídrico das plantas, manejo de irrigação, evapotranspiração

Determination of the crop coefficient (Kc) for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Campos dos Goytacazes, RJ

ABSTRACT

The evapotranspiration of a crop is one of the main information required for proper irrigation management and to develop an efficient water usage plan. Among the methods to estimate the amount of water that is consumed by plants, the use of crop coefficients (Kc), associated with estimates of the reference evapotranspiration (ET_o), stands as one of the most promising. This work aimed to determine the values of Kc for different phenological phases of common bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) of the cultivar UENF-47. Determination of Kc values was performed using a weighing lysimeter and results were compared with values obtained through the FAO 56 standard. Results showed that the adjustment equations proposed by Allen et al. (1998) were adequate for fitting the values of Kc obtained in this experiment. It has been shown that the crop coefficients for phenological phases 3 and 4 proposed by Allen et al. (1998) are adequate for the conditions of crop growth observed in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro state, Brazil, during the autumn/winter period.

Key words: crop water requirement, irrigation, evapotranspiration

¹ LEAG/UENF. Av. Alberto Lamego 2000, Pq. Califórnia, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ. Fone: (22) 2726-1543. E-mail: mendonca@uenf.br

² CCTA/UENF. E-mail: efs@uenf.br; salassie@uenf.br; mts35995@yahoo.com; anderson@uenf.br; romildo@uenf.br

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de qualquer cultura é uma das principais informações necessárias para o manejo racional da irrigação e para fins de planejamento do uso da água. Dentre as abordagens disponíveis para a estimativa do consumo de água pelas plantas, se destaca o uso de coeficientes de cultura (Kc) associados a estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o). A utilização do Kc, as metodologias e os procedimentos de cálculo, têm sido apresentados e recomendados pela Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (Doorenbos & Pruitt, 1977; Doorenbos & Kassam, 1979; Allen et al., 1998).

Silveira & Stone (2004) citam haver na literatura nacional, alguma variação entre os valores de Kc devido, possivelmente, à cultivar utilizada e às práticas culturais adotadas. Steinmetz (1984) determinou valores de 0,69 para o período da germinação até o início da floração, 1,28 para o período da floração e 1,04 para o período de desenvolvimento e maturação das vagens para o Kc do feijoeiro comum em Goiânia, GO.

Segundo Medeiros et al. (2004) o Kc é um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas devendo, preferencialmente, ser determinado para as condições locais nas quais será utilizado; todavia, sua determinação sob condições de campo exige um grande esforço de pessoal técnico, equipamentos e custos, em virtude da quantidade de informações, controles e monitoramentos necessários ao balanço hídrico em uma área irrigada. Para obtenção de Kc ao longo do ciclo da cultura, normalmente se utilizam lisímetros.

Pereira et al. (2002) descrevem que o lisímetro se constitui de uma caixa impermeável, contendo um volume de solo que possibilita se conhecer, com detalhe, alguns termos do balanço hídrico do volume amostrado, sendo que os mais empregados são os de drenagem, o de lençol freático constante e o de pesagem; neste último, é possível utilizar-se células de carga para a medição automatizada da variação do peso do sistema.

Pereira et al. (2002) descrevem que o lisímetro se constitui de uma caixa impermeável, contendo um volume de solo que possibilita se conhecer, com detalhe, alguns termos do balanço hídrico do volume amostrado, sendo que os mais empregados são os de drenagem, o de lençol freático constante e o de pesagem; neste último, é possível utilizar-se células de carga para a medição automatizada da variação do peso do sistema.

Aboukhaled et al. (1982) citam que o monitoramento da água adicionada a um lisímetro de pesagem, assim como da quantidade da água drenada, possibilita a estimativa da taxa de evapotranspiração das culturas para determinado intervalo de tempo, sendo as facilidades operacionais do sistema a principal vantagem apresentada por esta técnica, justificando sua difusão em estudos relacionados à avaliação do consumo de água, para uma grande diversidade de culturas.

Sendo a estimativa correta da ET_o e do Kc um passo importante para o manejo racional da irrigação, pesquisadores e usuários comumente se utilizam de valores médios de Kc disponibilizados pela Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, em seu Irrigation and Drainage Paper n.56, o que pode implicar em erros; desta forma, o objetivo do presente estudo foi determinar os valores de Kc para as diferentes fases fenológicas do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar em lançamento UENF-47, através da utilização de um lisímetro de pesagem e compará-los com os valores propostos pela FAO 56 (Allen et al., 1998).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área de 900 m² (30 x 30 m) pertencente à estação agrometeorológica da UENF, instalada na Estação Experimental de Campos dos Goytacazes, Pesagro, Rio (Latitude: 21° 44' 47" S; Longitude: 41° 18' 24" W; Altitude: 11 m), no período de 23/05 a 22/08/2005. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é classificado como Aw, isto é, clima tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco e temperatura do mês mais frio superior a 18 °C. A temperatura média anual está em torno de 24 °C, sendo a amplitude térmica muito pequena, com a temperatura média do mês mais frio em torno de 21 °C. A precipitação pluviométrica anual está em torno de 1.023 mm. O solo da área experimental apresenta relevo plano e foi classificado como Neossolo Flúvico Tb Distrófico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999).

O tanque lisimétrico instalado no centro da área experimental possui dimensões de 3,0 x 2,0 x 1,5 m de profundidade. Confeccionado em chapas metálicas, o lisímetro de pesagem se encontra apoiado sobre um conjunto de quatro células de carga com precisão de 0,58 kg (0,09 mm) e permite o acompanhamento da variação do seu peso através de um mostrador numérico do sistema eletrônico, modelo EZ210 da J Star Electronics, Winsconsin, EUA. Um datalogger XPTO, modelo CD 10 Mega, foi acoplado ao sistema e programado para coletar e armazenar dados a cada 20 min; todo o sistema está ligado a uma bateria de 12 V, alimentada por um painel fotovoltaico de 120 W, de fabricação da Kyocera Solar; em sua parte inferior uma tubulação de drenagem permite a condução do excesso de água para um reservatório metálico de capacidade de 50 L, para o armazenamento e controle do volume drenado, monitorado diariamente.

Dados de radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, pressão atmosférica e precipitação, foram coletados através de uma estação meteorológica automática, modelo Thies Clima e utilizados para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman Monteith com parametrização proposta por Allen et al. (1998).

As irrigações foram realizadas através de um sistema de aspersão convencional; inicialmente, buscou-se elevar a umidade do solo à condição de capacidade de campo, sendo o manejo da irrigação executado em função dos valores apresentados no visor do lisímetro de pesagem, buscando sempre a manutenção desta condição. Utilizaram-se quatro aspersores modelo ZE30 (Asbrasil), dispostos em um espaçamento de 12 x 12 m, com lisímetro no centro da área. A lâmina aplicada foi monitorada com copos coletores instalados em cada quina do lisímetro e as irrigações e drenagens foram programadas para ocorrerem no período compreendido entre 0 e 2 h, quando a evapotranspiração da cultura foi considerada nula ou insignificante.

A semeadura foi realizada no dia 23/05/2005, utilizando-se uma população de feijão preto comum, denominado UENF 47, em um espaçamento de 50 cm entre linhas e doze plantas por metro linear. A emergência das plântulas ocorreu

sete dias após o plantio (DAP). A adubação de fundação se baseou na análise química do solo, à qual foram adicionados 400 kg ha⁻¹ da formulação 4-14-8. Uma adubação de cobertura, com uso de 12 g por metro linear de uréia, foi realizada aos 30 DAP; no controle de pragas 2 aplicações de inseticida foram utilizadas, a primeira aos 33 DAP e a segunda aos 39 DAP, com a dosagem de 1 mL L⁻¹, respectivamente, dos produtos comerciais Sevin e Folidol. Fez-se o controle de ervas daninhas através de duas capinas manuais e na colheita, também manual, realizou-se a debulha para separar as sementes da palha.

Os valores da ETo foram calculados segundo a equação parametrizada proposta por Allen et al. (1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,3u_2)} \quad (1)$$

onde a ETo é a evapotranspiração de referência, em mm dia⁻¹; Rn é a radiação líquida sobre a superfície da cultura, em MJ m⁻² dia⁻¹; G é a densidade do fluxo de calor do solo, em MJ m⁻² dia⁻¹; T é a temperatura do ar, em °C a 2 m de altura; U₂ é a velocidade do vento, em m s⁻¹, a 2 m de altura; e_s é a pressão de saturação de vapor, em kPa, estimada pela média da e_s(T_{máx}) e e_s(T_{mín}); e_a é a pressão atual de vapor, em kPa; e_s - e_a é o déficit de pressão de saturação de vapor, em kPa °C⁻¹; Δ é tangente à curva de saturação de vapor, em kPa °C⁻¹ e γ é constante psicrométrica em kPa °C⁻¹.

Os valores diários do Kc simples foram determinados através da relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a ETo utilizando-se a seguinte equação:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (2)$$

em que Kc é o coeficiente de cultura; ETc corresponde à lâmina de água evapotranspirada pela cultura (mm), medida no lisímetro de pesagem, no intervalo de tempo considerado e ETo é a de evapotranspiração de referência (mm) no intervalo de tempo considerado, calculada pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Para determinação do Kc simples com vistas aos períodos fenológicos do feijoeiro, adotou-se a metodologia sugerida por Allen et al. (1998) e, para determinação do Kc_{ini}, também se utilizou a equação de regressão quadrática proposta por Albuquerque & Guimarães (2004). O ajustamento do Kc simples para as fases inicial, média e final, foi obtido, respectivamente, pelas Eqs. 3, 4 e 5.

$$K_{c_{ini}} = K_{c_{ini}}(\text{FAO-Fig29}) + (I-10)/(40-10) [K_{c_{ini}}(\text{FAO-Fig30}) - K_{c_{ini}}(\text{FAO-Fig29})] \quad (3)$$

onde o Kc_{ini} (FAO-Fig.29) é o valor do Kc_{ini} obtido na Figura 29 do boletim FAO 56; o Kc_{ini} (FAO-Fig.30) é o valor do Kc_{ini} obtido na Figura 30 do mesmo boletim; I é a profundidade média da infiltração da água no solo (10 mm).

$$K_{c_{méd}} = K_{c_{méd}}(\text{Tab}) + [0,04(U_2 - 2) - 0,004(RH_{mín} - 45)](h/3)^{0,3} \quad (4)$$

em que Kc_{méd} (Tab) é o valor de Kc_{méd} obtido na Tabela 12 do Boletim 56 da FAO; U₂ é o valor médio para a velocidade do vento a 2 m de altura sobre grama, durante o estágio de desenvolvimento da cultura, em m s⁻¹; para 1 ≤ U₂ ≤ 6; RH_{mín} é o valor médio da umidade relativa mínima do ar durante o estágio de desenvolvimento da cultura (%); para 20 ≤ RH_{mín} ≤ 80; h – altura média da planta durante o estágio de desenvolvimento da cultura (m), para 0,1 ≤ h ≤ 10.

$$K_{c_{fin}} = K_{c_{fin}}(\text{Tab}) + [0,04(U_2 - 2) - 0,004(RH_{mín} - 45)](h/3)^{0,3} \quad (5)$$

sendo Kc_{fin} (Tab) – o valor de Kc_{fin} obtido na Tabela 12 do Boletim 56 da FAO; U₂ – é o valor médio para a velocidade do vento a 2 m de altura sobre grama durante o estágio final da cultura, em m s⁻¹; para 1 ≤ U₂ ≤ 6; RH_{mín} – é o valor médio da umidade relativa mínima do ar durante o estágio final da cultura (%); para 20 ≤ RH_{mín} ≤ 80; h – altura média da planta durante a fase final da cultura (m), para 0,1 ≤ h ≤ 10.

Para a estimativa do Kc_{ini} e se seguindo a proposição de Albuquerque & Guimarães (2004) utilizou-se a Eq. 6:

$$K_{c_{ini}} = 1,03099 - 0,091263 ET_o + 0,0042672 ET_o^2 \quad (6)$$

onde Kc_{ini} – valor do coeficiente de cultura na fase inicial; ET_o – evapotranspiração de referência média, na fase inicial, mm dia⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos valores obtidos na Tabela 11 do manual FAO 56 para feijão seco semeado no mês de junho e o acompanhamento das diferenciações fenológicas das plantas determinou-se a duração de cada fase do desenvolvimento da cultura, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Período, em dias, para cada fase de desenvolvimento da cultura

Fase/Período	Inicial	Desenvolvimento	Intermediária	Final	Total
Início da fase	23/05/05	07/06/05	01/07/05	06/08/05	
Período (dias)	15	24	37	15	91

Tem-se, na Figura 1, a distribuição dos eventos de precipitação pluviométrica, irrigação e evapotranspiração, durante o período de condução do experimento. O total da água evapotranspirada, estimada pela equação de Penman-Monteith-FAO, foi 259,5 mm, enquanto a soma dos eventos de precipitação e irrigação totalizou 263,5 mm, indicando ter havido bom equilíbrio na umidade do solo durante o tempo do experimento. O maior evento de precipitação pluviométrica foi de 40,4 mm e ocorreu no dia 31/05, quando a cultura estava no período de desdobramento das folhas primárias (fase inicial) e o maior evento de ETo foi de 4,5 mm, verificado no dia 10 de agosto, no período inicial de enchimento dos grãos (fase final) do feijoeiro.

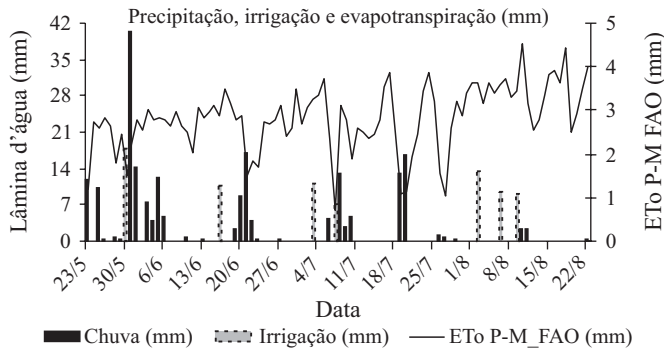


Figura 1. Evolução dos eventos de entrada e saída de água na área experimental

Na Tabela 2 tem-se os valores de Kc obtidos durante o experimento, na qual se pode perceber certa homogeneidade entre os valores obtidos para o Kc médio e final.

Tabela 2. Valores de Kc obtidos durante o experimento com feijoeiro comum, cultivar em lançamento UENF- 47, em Campos dos Goytacazes, RJ

Método/Fase	Inicial	Intermediário	Final
Kc FAO tabelado	0,4	1,15	0,35
Kc FAO ajustado	1,10	1,14	0,34
Kc médio do período (lisímetro)	1,04	1,34	0,34
Kc Albuquerque et al.	0,83	1,14	0,34

A Figura 2 mostra a evolução do coeficiente cultural (Kc) ao longo do ciclo fenológico da cultura, estimada pela metodologia da FAO 56 (tabelado e ajustado), pelo lisímetro de pesagem (diário e médio por fase) e por Albuquerque & Guimarães (2004).

Albuquerque & Andrade (2001) citam que a metodologia proposta pela FAO (através do manual 24), para a estimativa do Kc da fase inicial (Kc_{ini}), leva em conta fatores climáticos necessários para a própria determinação da evapotranspiração de referência (ETo) e a frequência de umedecimento do solo nesta fase. A nova metodologia proposta pela FAO

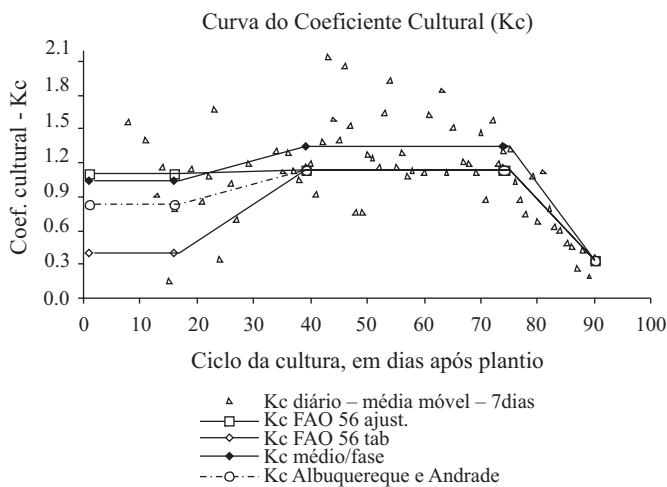


Figura 2. Evolução do coeficiente cultural (Kc) da cultura do feijoeiro, durante o período de desenvolvimento

(manual 56), para a estimativa do Kc , considera fatores climáticos como a umidade relativa do ar mínima diária e a velocidade do vento, também diária.

Observa-se, na Tabela 2, que os valores de Kc tabelados pela FAO concordam, nas fases de florescimento e final com os valores obtidos pelas equações de ajustamento local, propostos por Allen et al. (1998) e diferem na fase inicial (Kc_{ini}), apresentando expressivas diferenças. O valor do Kc_{ini} ajustado (1,10) se acha bem próximo ao valor da média do Kc observado no período inicial (1,04), possivelmente em função na homogeneização da área experimental, composta de grande área de solo exposto e pouca área foliar. A forte umidade do solo, em função das precipitações pluviométricas verificadas no período inicial, também pode ter influenciado o comportamento da relação entre a demanda por água do ambiente e das plantas, diminuindo as diferenças entre elas; nota-se, ainda, que esses valores são superiores aos obtidos pela equação de regressão proposta por Albuquerque et al. (2004) ($Kc_{ini} = 0,83$), que utilizam uma equação de regressão quadrática cuja componente de expressão é a demanda evaporativa do ambiente expressa pela ETo, enquanto a equação proposta por Allen et al. (1998) considera a quantidade total de água disponível no solo.

A superestimativa dos valores de Kc diário medidos (lisímetro) nos períodos intermediário e final pode ter sido causada pelo efeito buquê gerado pelas plantas de bordadura; muito provavelmente, o aumento da umidade no solo do lisímetro e a maior área foliar das plantas possibilitaram maior taxa evaporativa, gerando esta superestimativa observada entre o Kc médio/fase e o Kc FAO ajustado, que leva em conta efeitos da velocidade do vento, da umidade relativa mínima e da altura das plantas na equação de ajustamento.

A concordância nos valores do Kc_{fim} pode estar associada à baixa disponibilidade de água no solo e à redução gradativa na área foliar das plantas, homogeneizando as taxas de transferência de água para a atmosfera.

CONCLUSÕES

1. Os valores dos coeficientes culturais (Kc) determinados pelas equações de correção propostas por Allen et al. (1998) foram semelhantes aos valores tabelados, exceto para o valor de Kc_{ini} .
2. O valor do Kc_{ini} proposto por Allen et al. (1998) foi inferior aos valores determinados pelas equações de regressão quadrática proposta por Albuquerque et al. (2004), pela equação de correção sugerida por Allen et al. (1998) e pelo valor médio obtido na fase inicial, medido pelos lisímetros de pesagem.
3. O valor de $Kc_{méd}$ definido no lisímetro de pesagem foi maior que os obtidos pelas outras metodologias.
4. Os valores determinados para o Kc_{fim} foram semelhantes em todos os métodos obtidos.
5. Podem-se adotar os valores de coeficientes culturais determinados pelas equações de correção propostas por Allen et al. (1998) para o manejo da irrigação do feijoeiro

comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar em Lançamento UENF-47, no período de outono/inverno, em Campos dos Goytacazes, RJ.

LITERATURA CITADA

- Aboukhaled, A.; Alfaro, A.; Smith, M. Lysimeters. Roma: FAO, 1982. 68p. Irrigation and Drainage Paper 39
- Albuquerque, P. E. P.; Guimarães, D. P. Gestão da água na agricultura: Coeficientes de cultivo (Kc) e de tanque classe A (Kp). Revista Irrigação e Tecnologia Moderna – ITEM, ABID, n.63, p.12-19, 2004.
- Albuquerque, P. E. P.; Andrade, C. L. T. Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001, 14p. Circular Técnica, 10
- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56
- Doorembos, J.; Kassam, A. H. Efectos del agua em rendimento de los cultivos. Roma: FAO, 1979. 212p. Riego y Drenage, 33
- Doorembos, J.; Pruitt, J. O. Crop water requirement. Rome: FAO, 1977, 179p. Irrigation and Drainage Paper 24
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 412p.
- Medeiros, G. A.; Arruda, F. B.; Sakai, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. Acta Scientiarum, Maringá, v.26, n.4, p.513-519, 2004.
- Pereira, A. L.; Moreira, J. A. A.; Klar A. E. Efeitos de níveis de cobertura do solo sobre o manejo da irrigação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Irriga, Botucatu, v.7, n.1, p.42-52. 2002.
- Silveira, P. M.; Stone L. F. Irrigação. Informe Agropecuário, EPAMIG, v.5, n.223, p.74-82, 2004.
- Steinmetz, S. Evapotranspiração máxima no cultivo do feijoeiro de inverno. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 4p.