

# Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo

Adilson Pacheco de Souza<sup>1\*</sup>, João Batista Alves Pereira<sup>2</sup>, Leonardo Duarte Batista da Silva<sup>3</sup>, José Guilherme Marinho Guerra<sup>4</sup> e Daniel Fonseca de Carvalho<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Alexandre Ferronato, 1200, 78557-267, Sinop, Mato Grosso, Brasil. <sup>2</sup>Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. <sup>4</sup>Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. <sup>5</sup>Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: adilsonpacheco@ufmt.br

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi determinar a evapotranspiração real (ET<sub>c</sub>), os coeficientes de cultivo (kc) e a eficiência do uso da água (EUA) da cultura do pimentão cultivado em plantio direto (PD) e plantio convencional (PC), na condição da baixada fluminense, Estado do Rio de Janeiro. O manejo da irrigação e a quantificação da demanda evapotranspirométrica foram realizados mediante o cálculo diário do balanço de água no solo, utilizando-se a técnica da TDR e dados coletados em estação meteorológica automática. Verificou-se que a ET<sub>c</sub> acumulada aos 181 dias após transplante (DAT) foi de 363 e de 335 mm, para PC e PD, respectivamente. Os kc's encontrados foram de 0,32; 1,18 e 0,77 e de 0,34; 1,05 e 0,86, para os sistemas PC e PD, nas fases de crescimento inicial (0-40 DAT), média (81-120 DAT) e final (181 DAT), respectivamente. Os valores encontrados de kc para a cultura do pimentão para o sistema PC foram semelhantes aos valores preconizados pela FAO, sendo, no entanto, não-recomendados para PD. Considerando-se a lâmina total aplicada (chuva e irrigação), os valores médios de EUA foram de 3,9 e 4,5 kg m<sup>-3</sup> para PC e PD, respectivamente.

**Palavras-chave:** manejo de irrigação, plantio direto, *Capsicum annuum* L.

**ABSTRACT.** Evapotranspiration, crop coefficients and water use efficiency of the bell pepper crop in different cropping systems. The objective of this study was to determine the crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), crop coefficients (kc) and water-use efficiency (EUA) of the bell pepper crop in the no till system (PD) and conventional tillage system (PC), in the Fluminense Valley, Rio de Janeiro State, Brazil. The irrigation was managed and the evapotranspiration demand quantified by calculating the daily soil water balance using the TDR technique and data collected in an automatic meteorological station. It was verified that the accumulated ET<sub>c</sub> at 181 days after planting (DAT) was 363 and 335 mm for PD and PC, respectively. The kcs obtained were 0.32, 1.18 and 0.77 and 0.34, 1.05 and 0.86, for the PD and PC systems, respectively, in the initial (0-40 DAP), middle (81-120 DAP) and final (181 DAP) growth phases, respectively. The kc values for the bell pepper crop presented by FAO were similar to the values found for the PC, but are not recommended for PD. Considering the total depth applied (rain and irrigation), the average values of water use efficiency were 3.9 and 4.5 kg m<sup>-3</sup> for PD and PC, respectively.

**Keywords:** irrigation management, no tillage, *Capsicum annuum* L.

## Introdução

A agricultura irrigada é considerada a atividade de maior consumo de água dentre os seus vários usos múltiplos existentes sendo, por isso, fundamental a adoção de mecanismos que favoreçam o aumento da eficiência do uso da água, sem que a produtividade das culturas seja afetada. Associada ao uso racional deste recurso, a busca por manejos que viabilizem a produção ecologicamente correta e sustentável de alimentos tem sido constante preocupação dos vários

segmentos da sociedade envolvidos no processo de produção.

Nos sistemas convencionais de produção de hortaliças, o crescente uso de insumos e a intensa mecanização têm proporcionado elevação dos custos de produção e impactos ambientais consideráveis, inviabilizando, em alguns casos, a atividade agrícola. Por conseguinte, surge a necessidade de adoção de sistemas de produção que envolvam também os aspectos ambientais e sociais e que busquem formas

de manejo que possibilitem a conservação da fertilidade e a manutenção da dinâmica da água no solo. A manutenção de resíduos culturais na superfície, aliada ao revolvimento mínimo do solo, pode levar à decomposição mais lenta e gradual da matéria orgânica, tendo como consequência alterações físicas, químicas e biológicas no solo, repercutindo em sua fertilidade e conseqüentemente na produtividade das culturas (REIS et al., 2007; MERCANTE et al., 2008).

Os sistemas de plantio direto apresentam vantagens como melhoria da estrutura do solo, aumento da infiltração e da retenção de água no solo, redução das perdas de água por evaporação e escoamento superficial, melhoria do desenvolvimento do sistema radicular e aumento da eficiência no uso de água pelas plantas, dentre outras (MAROUELLI et al., 2006). Segundo Freitas et al. (2004) e Castro et al. (2005), este sistema de plantio vem sendo implementado em grande escala no cultivo de hortaliças em função dos aspectos positivos a ele associados, tanto de ordem econômica para os produtores quanto para as propriedades do solo.

Independente do sistema de cultivo adotado, para um eficiente manejo da água de irrigação, é fundamental o conhecimento da disponibilidade de água no solo para as plantas, sendo esta quantificada pela demanda de água da planta e da atmosfera e pela intensidade de fluxo de água do solo para a raiz. Entretanto, o conhecimento apenas da necessidade total de água pela cultura não implica um eficiente manejo da irrigação, sendo imprescindível, portanto, o conhecimento das necessidades hídricas da cultura nos diferentes estádios ou fases fenológicas do seu ciclo (BEZERRA et al., 1998). Neste contexto, um parâmetro importante na estimativa do consumo de água de uma cultura é a evapotranspiração que, segundo Doorenbos e Kassam (1994), é dependente do conhecimento da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), que diz respeito às condições climáticas do local do estudo, conjuntamente com as características fisiológicas e morfológicas da cultura, representadas por meio do seu coeficiente de cultivo (kc), que incorpora características da cultura e efeitos da evaporação do solo, variando ao longo do seu ciclo em função da taxa de crescimento e, conseqüentemente, da variação da cobertura do solo (ALLEN et al., 1998). Souza e Gomes (2008) citam que a ET<sub>c</sub> pode ser determinada por diferentes métodos, dos quais o emprego do balanço de água no solo tem se intensificado nos últimos anos, pois consiste no

monitoramento do armazenamento e das entradas e saídas de água em um volume de solo, durante um determinado período de tempo.

Segundo Lima et al. (2006), o pimentão é bastante susceptível a deficiências hídricas, resultando em crescimento reduzido e desuniformidade dos frutos. Assim, a suplementação de água, por meio da irrigação na cultura do pimentão, constitui-se em um fator de aumento de produtividade e diminuição de riscos, influenciando na qualidade e quantidade dos frutos. O estágio mais sensível a escassez de água por essa cultura corresponde ao início da floração, devendo o solo se manter próximo a 80% da sua capacidade de armazenamento na profundidade do sistema radicular. Doorenbos e Kassam (1994) citam que a necessidade hídrica da cultura do pimentão é da ordem de 600 a 900 mm, podendo chegar a 1.250 mm para períodos longos de crescimento. No entanto, Dalmago et al. (2003), trabalhando com a cultura do pimentão (Híbrido VIDI F1) em ambiente protegido, encontraram evapotranspiração, por meio de lisímetros, de 136 mm, e esse baixo valor de ET<sub>c</sub> registrado foi explicado pelo curto período de duração do experimento e pela condução em estufa. Já Lima et al. (2006), estudando a cultivar de pimentão Yolo em casa-de-vegetação, verificaram um consumo total de água de 1.232,8 mm para um ciclo de 115 dias, sendo a ET<sub>c</sub> média diária de 10,7 mm dia<sup>-1</sup> em Recife, Estado do Pernambuco.

Em função do exposto e tendo em vista que os valores de kc para a cultura do pimentão, disponíveis na literatura, foram obtidos para condições climáticas diferentes das encontradas na região da baixada fluminense e, em sua maioria, em ambiente de casas-de-vegetação, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar a necessidade hídrica, os coeficientes de cultivo e a eficiência do uso da água na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), manejada a campo, em plantio direto e plantio convencional.

## Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), localizado no município de Seropédica, Estado do Rio de Janeiro (latitude 22°48'00"S; longitude 43°41'00"W; altitude de 33 m), no período de março a outubro de 2005. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006) e o clima, segundo Köppen, é classificado como Aw. Na Tabela 1, são apresentadas algumas características do solo da área de estudo.

**Tabela 1.** Características físicas do Argissolo Vermelho-Amarelo.

Prof. (cm)	$\emptyset_{cc}$	$\emptyset_s$	Ds	Argila		
	(cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )			(kg dm <sup>-3</sup> )	Argila	Arcia
10	0,235	0,463	1,203	170	740	90
20	0,218	0,438	1,603	160	750	90
30	0,212	0,393	1,719	170	730	100
40	0,190	0,358	1,737	180	730	90

$\emptyset_{cc}$  – umidade volumétrica correspondente do solo à capacidade de campo;  $\emptyset_s$  – umidade volumétrica do solo correspondente à saturação; Ds – densidade do solo.

O experimento foi conduzido a fim de se avaliar a necessidade hídrica da cultura do pimentão (*Capsicum annuum*) em dois sistemas de plantio, em sistema agroecológico, com parcelas experimentais de 170 m<sup>2</sup> de área disponível, sendo assim caracterizados: plantio convencional (PC), no qual o solo foi revolvido com enxada rotativa depois de retirada prévia da vegetação espontânea; plantio direto (PD), com implantação e condução da cultura em área anteriormente ocupada com o consórcio sorgo (*Sorghum bicolor*) e crotalária (*Crotalaria acroleura* L.). Neste último, após a roçada, o pré-cultivo foi mantido como cobertura, sem o revolvimento do solo quando da abertura de covas.

Foi utilizada a cultivar de pimentão híbrido Magali-R por ser a mais empregada na região, além de apresentar excelente uniformidade e alta produtividade. As mudas foram produzidas em estufa, utilizando-se bandejas de isopor de 128 células com substrato orgânico produzido no próprio SIPA, e o transplântio ocorrendo para o local definitivo aos 35 dias após sementeira. Em ambos os tratamentos, o espaçamento adotado foi de 1,0 m entre linhas de plantio e de 0,50 m entre plantas, ocupando área de 144 m<sup>2</sup> por parcela, totalizando 325 plantas.

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão convencional, com aspersores setoriais de bocais 3,6 mm equipados com válvula reguladora de pressão de 21,0 kPa, distanciados entre si de 12,0 m e posicionados nos quatro vértices das parcelas (regulados com ângulo de 90°) a fim de se proporcionar maior uniformidade na distribuição da água. Antes do transplântio das mudas, foram realizados testes, que possibilitaram obter lâminas médias de precipitação de 9,75 mm h<sup>-1</sup> e coeficientes de uniformidade de Christiassen (CUC) próximos a 88%.

O manejo da irrigação foi realizado por meio do balanço de água no solo (equação 1), com utilização da técnica TDR (reflectometria com domínio do tempo) no monitoramento da umidade do solo (SOUZA; MATSURA, 2004). Vale ressaltar que, em virtude de problemas operacionais observados no equipamento, o monitoramento efetivo do balanço de água no solo teve início a partir do 34º dia após transplântio (DAT) e, até esta data, a lâmina de irrigação foi estimada com base na evaporação do

tanque Classe A, utilizando coeficiente de cultivo proposto por Doorenbos e Kassam (1994) e coeficientes de tanque, devidamente corrigido conforme Allen et al. (1998) e Mendonça et al. (2007).

$$P + I \pm DS - ET \pm QZ \pm \Delta Az = 0 \quad (1)$$

em que:

P = precipitação pluviométrica, mm; I = irrigação, mm; DS = deflúvio superficial, mm; ET = evapotranspiração, mm; QZ = fluxo vertical (ascensão capilar ou drenagem profunda), mm; e  $\Delta Az$  = variação no armazenamento da água no solo, mm.

Para o uso da TDR, foram instaladas horizontalmente no perfil do solo cinco hastas de 0,15 m de comprimento em cada parcela, nas profundidades de 0,05; 0,10; 0,20; 0,30; 0,40 e 0,50 m. Antes de sua utilização, o equipamento foi calibrado para o solo presente nas áreas de cultivo, possibilitando, desta forma, a obtenção da umidade volumétrica a partir das leituras da constante dielétrica nas diferentes profundidades do perfil do solo. A cada irrigação, a lâmina aplicada foi determinada em função das leituras obtidas pelo equipamento, levando-se em consideração a necessidade hídrica para reposição do conteúdo de água no solo até a capacidade de campo ( $\emptyset_{cc}$ ), na camada ocupada efetivamente pelo sistema radicular. Em função de testes preliminares, para o cálculo final da lâmina foi adotada uma eficiência de aplicação de 80% para o sistema de irrigação utilizado. Em cada parcela experimental, foi realizado o balanço hídrico de água no solo (MOURA et al., 1994), sendo possível, desta forma, estimar a evapotranspiração efetiva diária da cultura nos dois diferentes sistemas de plantio empregados.

Neste balanço, foi considerada como precipitação efetiva a lâmina armazenada na profundidade efetiva do sistema radicular, determinada por amostragem de campo em intervalos de 14 dias ao longo do ciclo da cultura. Tendo em vista a locação em nível das parcelas, não foi observado escoamento superficial (DS) na área, sendo esta variável e, portanto, desprezada no balanço hídrico do solo.

A irrigação acumulada foi obtida pela soma das irrigações médias realizadas em cada parcela, em função do turno de rega estabelecido, e a drenagem profunda foi monitorada pela relação entre a quantidade de água aplicada e aquela presente na zona do sistema radicular.

Próxima ao local do experimento, foi instalada uma estação meteorológica automática, contendo os sensores de radiação global, temperatura do ar,

umidade relativa do ar, precipitação e velocidade do vento, cujo sistema de aquisição e armazenamento de dados foi programado para coleta de dados a cada 3 segundos e as médias e/ou totais a cada 30 min. (CARVALHO et al., 2006). Com base nos dados climáticos disponíveis, o modelo de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN et al., 1998) foi aplicado visando à obtenção da evapotranspiração da cultura de referência ( $ET_o$ ). Esta estimativa foi realizada diariamente, possibilitando-se a determinação do coeficiente de cultivo ( $k_c$ ) e a análise do comportamento do mesmo para os diferentes estádios fenológicos da cultura do pimentão.

O  $k_c$  foi determinado para as duas condições de plantio (convencional e direto) por meio da razão entre a evapotranspiração efetiva da cultura do pimentão ( $ET_c$ ) e a  $ET_o$ . Os valores calculados foram então plotados em gráficos (MIRANDA et al., 2006; MENDONÇA et al., 2007), permitindo a obtenção dos valores médios, para os estádios inicial, médio e final (ALLEN et al., 1998), denominados de  $ET_c$  gráfico, posteriormente comparados com os valores fornecidos pela FAO, segundo Doorenbos e Kassam (1994).

Foram avaliadas, ainda, as eficiências no uso da água (EUA), pela cultura do pimentão nos sistemas de plantio, utilizando-se as seguintes metodologias: a) cálculo da EUA em kg de pimentões frescos produzidos por  $m^3$  de água aplicada, levando-se em consideração a lâmina irrigada e a precipitação pluviométrica ocorrida (EUA); e b) cálculo da EUA em kg de pimentões frescos produzidos por  $m^3$  de água aplicada, levando-se em consideração somente a lâmina aplicada pela irrigação (EUA), conforme Ertek et al. (2006).

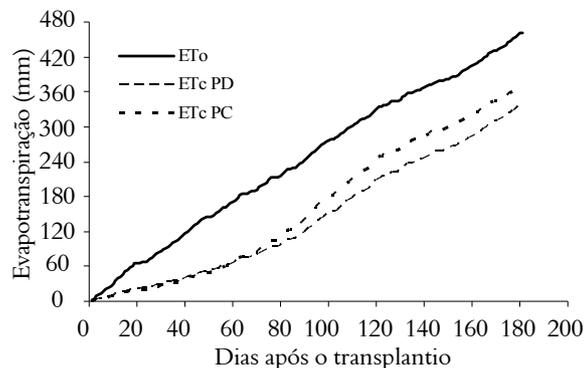
## Resultados e discussão

O monitoramento das variações da umidade e do fluxo da água no solo, associado à observação da variação dos elementos climáticos, possibilitaram conhecer e quantificar os componentes do balanço hídrico e estimar a evapotranspiração efetiva da cultura, e posteriormente, os coeficientes de cultivo.

### Evapotranspiração da cultura

Na Figura 1 são apresentados os valores acumulados da evapotranspiração efetiva da cultura do pimentão, cultivada nos sistemas de plantio convencional ( $ET_c$  PC) e direto ( $ET_c$  PD) e também da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ). A lâmina evapotranspirométrica acumulada até o 181<sup>o</sup> DAT atingiu 461 mm, 363 mm e 335 mm, para a  $ET_o$ ,  $ET_c$  PC e  $ET_c$  PD, respectivamente. Durante este período, é possível observar a menor  $ET_c$  no

sistema de plantio direto, provavelmente em consequência da manutenção dos resíduos vegetais dos pré-cultivos sobre a superfície do solo durante o desenvolvimento da cultura, minimizando a evaporação da água no solo.



**Figura 1.** Valores acumulados de evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e evapotranspiração da cultura do pimentão, nos sistemas de plantio convencional ( $ET_c$  PC) e direto ( $ET_c$  PD).

Os resultados obtidos corroboram com os encontrados por Bezerra e Mesquita (2000) que obtiveram evapotranspiração total média de 395,0 mm, na cultura do pimentão com a cultivar Califórnia, no período de 90 DAT, conduzido nos meses de julho a setembro em cultivo de campo do Nordeste brasileiro. Quanto à redução de demanda de irrigação com o uso de cobertura do solo no cultivo de hortaliças, Klar e Jadoski (2002), utilizando a tensiometria para manejo de irrigação na cultura do pimentão, encontraram lâminas de água aplicada de 322,6 e 627,8 mm, para as condições com e sem cobertura do solo, respectivamente, mantendo o potencial matricial em torno de 50 kPa. Shrivastava et al. (1994) verificaram 44% de redução do consumo de água com a utilização de *mulching* de polietileno em tomateiro irrigado.

### Coefficientes de cultivo

Na Figura 2 é apresentada a variação dos coeficientes de cultivo do pimentão ( $k_c$ ) ao longo do ciclo da cultura para os sistemas de plantio convencional e direto, calculados a partir dos valores de  $ET_o$  e  $ET_c$ .

Constatou-se que o ciclo da cultura apresentou fases distintas, as quais foram identificadas com as durações de 0-40, 41-80, 81-120 e 121-181 DAT. Com base nos dados mostrados na Figura 2, foram obtidos, para estas fases de desenvolvimento, valores médios de  $k_c$  que estão apresentados na Tabela 2, em conjunto com os valores médios para a cultura do pimentão, preconizados pela FAO (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

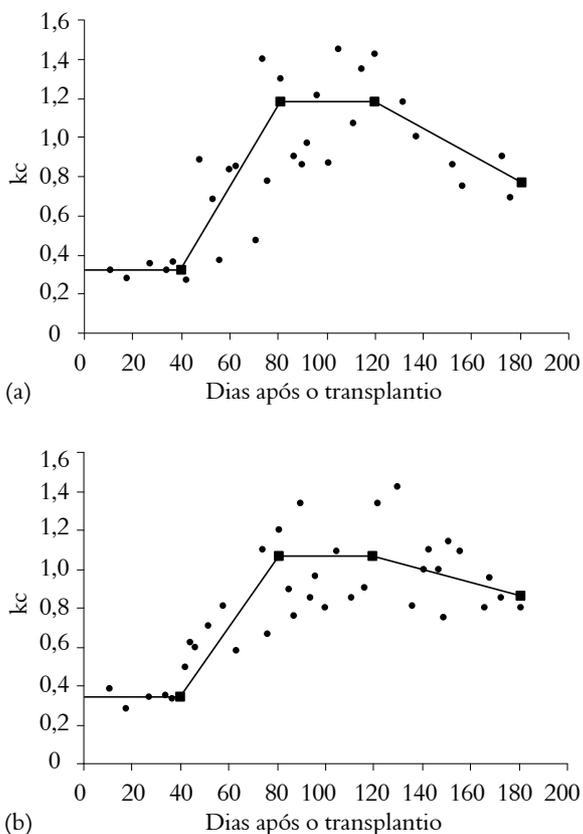


Figura 2. Curvas de kc para a cultura do pimentão, nos sistemas de plantio convencional (a) e direto (b).

Tabela 2. Valores de kc para a cultura do pimentão, obtidos pelo método gráfico para os dois sistemas de plantio e preconizados por Doorenbos e Kassam (1994).

Fases	Plantio convencional	Plantio direto	FAO-33
Inicial	0,32	0,34	0,40
Médio	1,18	1,05	0,95 a 1,10
Final	0,77	0,86	0,80 a 0,90

Observa-se que os valores obtidos para os dois sistemas de cultivo são relativamente próximos àqueles divulgados pela FAO. Os baixos valores de kc no início do experimento foram consequência da baixa evapotranspiração da cultura, resultante do baixo índice de área foliar (ASSIS; VERONA, 1991; MATZENAUER et al., 1998) e da cobertura do solo por *mulching*. Conforme Allen et al. (1998), em condições de campo, a relação entre a evaporação do solo desnudo e a ETo, em geral, varia de 25 a 40% e o kc inicial pode variar de 0,10 a 1,15, dependendo do intervalo entre irrigações, da magnitude do umedecimento e da demanda evaporativa da atmosfera.

Na fase inicial foi encontrado maiores valores de kc na condição de plantio direto, fato que está associado à absorção de água pela palhada de sorgo e crotalária, fazendo com que, inicialmente, uma

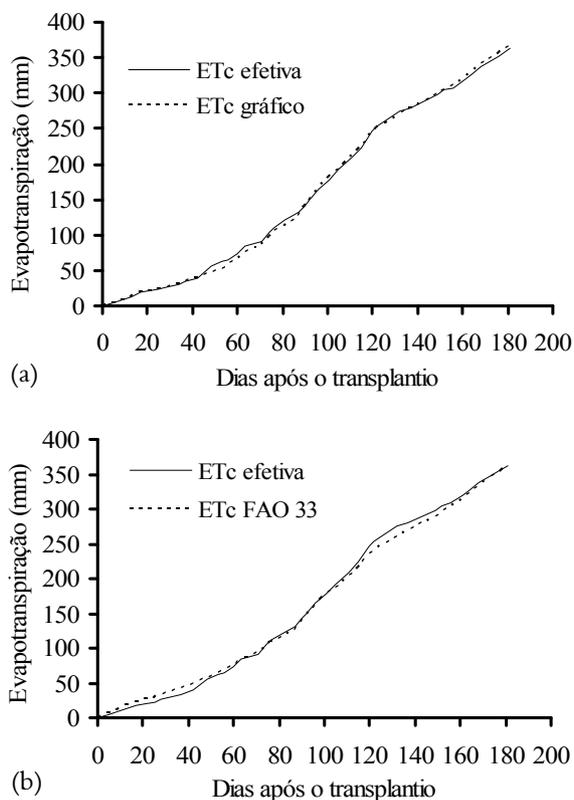
maior lâmina de irrigação fosse necessária para elevar o conteúdo de água no solo até a umidade correspondente à capacidade de campo. Na parcela em que foi adotado o sistema plantio direto, a produção média de biomassa do consórcio sorgo e crotalária, utilizado como pré-cultivo, foi de 18,1 t ha<sup>-1</sup>. Rosolem et al. (2003), estudando a retenção de água por diferentes espécies vegetais utilizadas como plantas de cobertura, concluíram que, após eventos de chuva simulada, a retenção de água pela palha atingiu 3,0 mm, quando foi utilizada uma cobertura equivalente a 8 t ha<sup>-1</sup> de matéria vegetal seca a 60°C.

Com exceção dos valores encontrados para a fase inicial, os resultados obtidos são semelhantes aos preconizados por Doorenbos e Kassam (1994) para as condições de campo.

Dalmago et al. (2003) estimaram os valores de kc para a cultura do pimentão conduzido em estufa, obtendo valores médios variando entre 0,04, logo após o transplantio, a 1,06, aos 115 DAT. Miranda et al. (2006) conduziram experimento nas condições do Nordeste brasileiro com o objetivo de determinar a ETc e o kc para a cultura da pimenta (*Capsicum frutescens* L.), por meio de lisimetria, obtendo ETc acumulada de 888 mm durante 300 dias de ciclo da cultura, com valor máximo de 5,6 mm dia<sup>-1</sup>. Esses mesmos autores constataram a ocorrência de duas fases de colheita durante o ciclo total da cultura, proporcionando valores de kc inicial, médio e final de 0,30; 1,22 e 0,65, respectivamente, para o primeiro ciclo de produção, e kc médio e final de 1,08 e 0,60, respectivamente, para o segundo.

A fim de se verificar a influência do uso dos coeficientes obtidos na estimativa da ETc para a cultura do pimentão, a evapotranspiração da cultura foi estimada, para os dois sistemas de cultivo, utilizando-se os valores apresentados na Tabela 1. Na Figura 3 são apresentadas as curvas acumuladas de ETc estimadas com base nos valores de kc obtidos pelo método gráfico (ETc gráfico) e pelos fornecidos por Doorenbos e Kassam (1994) (ETc FAO 33), para o sistema de plantio convencional, bem como a curva de ETc acumulada medida durante o experimento (ETc efetiva).

Analisando-se a Figura 3, percebe-se que o uso dos diferentes valores de kc proporcionaram valores de ETc comportamento semelhante durante o ciclo da cultura, quando comparados com os valores obtidos em campo. No entanto, nota-se que a curva correspondente à ETc estimada a partir de valores de kc calculados graficamente (Figura 3a) se apresentou mais adequada para representar a ETc efetiva quando comparada com a metodologia apresentada pela FAO (Figura 3b).



**Figura 3.** Comparação entre os valores acumulados de ETc efetiva e calculadas pelas metodologias do Gráfico (a) e FAO 33 (b), no sistema de plantio convencional.

A ETc estimada acumulada foi de 368,04 e 363,12 mm, respectivamente, quando se utilizaram kc obtidos pelo método gráfico e kc propostos pela FAO. Apesar de o valor final acumulado estar mais próximo ao observado em campo (363 mm), percebe-se, pelos dados da Tabela 3, que o uso dos coeficientes propostos pela FAO (ETc FAO 33) proporcionaram maiores desvios na estimativa da ETc. Para a ETc FAO 33, os desvios variaram de +10,56 mm, entre o período de 37 a 42 DAT, a -14,97 mm, no período de 126 a 132 DAT. Para a ETc gráfico, os desvios ficaram entre + 5,84 mm, no período de 176 a 181 DAT, e - 9,22 mm, no período de 48 a 53 DAT.

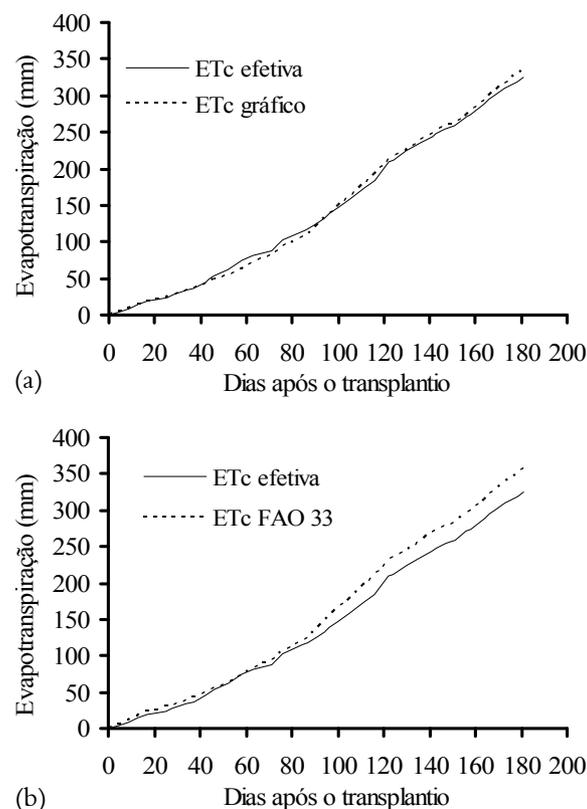
Análise semelhante foi realizada para o sistema de plantio direto (PD), sendo os resultados apresentados na Figura 4. Observa-se que para o PD, as curvas de ETc acumulada estimada pelas duas metodologias não apresentaram o mesmo comportamento entre si, indicando que os coeficientes de cultivo, disponíveis na literatura para a cultura do pimentão conduzida no sistema convencional, não são adequados para a estimativa da evapotranspiração neste sistema de plantio (Figura 4b). Por outro lado, pela Figura 4a, é possível constatar a qualidade dos valores de kc obtidos pelo método gráfico quando os valores de ETc

acumulados foram comparados com a ETc medida em campo. Apesar de haver oscilações, o comportamento da ETc estimada foi semelhante durante todo o ciclo da cultura.

**Tabela 3.** Diferenças percentuais e desvios entre a ETc efetiva e as estimadas pelas metodologias do gráfico e FAO 33, para os dois sistemas de cultivo adotados.

Metodologias	ETc (mm)	Max. Desvio + (mm)		Max. Desvio - (mm)	
		PAT*	PAT*	PAT*	PAT*
Plantio convencional					
ETc gráfico	368,04	5,84	176 - 181	- 9,22	48 - 53
ETc FAO 33	363,12	10,56	37 - 42	- 14,97	126 - 132
Plantio direto					
ETc gráfico	335,28	10,90	178 - 181	-12,10	52 - 58
ETc FAO 33	357,30	32,93	173 - 178	-2,28	52 - 58

\*PAT – período de ocorrência após transplantio.



**Figura 4.** Comparação entre os valores acumulados de ETc efetiva e calculadas pelas metodologias do Gráfico (a) e FAO 33 (b), no sistema de plantio direto.

Pelos dados da Tabela 3, é possível constatar que as ETc estimadas acumuladas foram de 335,28 e 357,30 mm, respectivamente, quando se utilizaram kc obtidos pelo método gráfico e kc propostos pela FAO. Apesar de maior subestimativa (-12,10 mm), verificada no período de 52 a 58 DAT, a estimativa da ETc a partir dos coeficientes obtidos pelo método gráfico proporcionou desvios menos discrepantes, comprovando o observado anteriormente. Por outro lado, a estimativa de ETc realizada com o emprego

dos coeficientes propostos pela FAO apresentou desvios de até 32,93 mm (no período de 173 a 178 DAT), superestimando em praticamente todo o ciclo da cultura.

#### Eficiência do uso da água

Com base no manejo da irrigação adotado durante o experimento, verificou-se que as lâminas totais aplicadas foram de 507,4 e 459,7 mm, para os sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente. Portanto, a diferença de 47,7 mm (9,4%) na lâmina total de água aplicada em relação aos dois sistemas de cultivo, representou uma economia, em média, de 2.524 L dia<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> de água durante o ciclo da cultura.

Na Tabela 4 são apresentados os valores de eficiência de uso da água além das produtividades acumuladas ao longo do ciclo da cultura do pimentão nos dois sistemas de plantio.

**Tabela 4.** Valores de eficiência do uso da água (EUA) e de produtividade para a cultura do pimentão, nos sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC).

DAT	Prod. acumulada (kg ha <sup>-1</sup> )		EUA <sup>1</sup> (kg m <sup>-3</sup> )		EUA <sup>2</sup> (kg m <sup>-3</sup> )	
	PC	PD	PC	PD	PC	PD
58	2.324	3.170	1,3	1,8	2,4	3,5
64	3.503	4.342	1,7	2,2	3,1	4,1
72	4.132	5.134	1,7	2,2	3,6	4,8
85	5.857	7.268	2,1	2,8	4,3	6,5
93	9.198	10.670	3,1	3,9	5,9	8,0
100	14.354	15.607	4,3	5,1	7,5	9,5
107	16.303	19.565	4,4	5,9	7,3	10,3
115	19.092	22.403	4,8	6,3	7,7	10,8
121	22.958	24.637	5,3	6,4	8,3	10,7
127	25.250	25.382	5,3	5,9	7,9	9,2
135	28.301	26.586	5,7	5,9	8,5	9,1
149	33.023	31.245	5,2	5,3	8,4	9,0
164	34.846	32.535	5,0	5,0	8,0	8,4
178	36.676	33.647	4,8	4,7	7,5	7,6
189	38.326	34.077	4,4	4,2	7,6	7,4
Máximo			5,7	6,4	8,5	10,8
Média			3,9	4,5	6,5	8,0

As produtividades acumuladas obtidas para a cultura do pimentão foram de 38.326 e 34.077 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para os sistemas de cultivo convencional e direto.

O valor máximo de EUA<sup>1</sup> obtido no plantio convencional foi de 5,7 kg m<sup>-3</sup> aos 135 dias após transplantio (DAT). No plantio direto o valor máximo foi de 6,4 kg m<sup>-3</sup>, sendo obtido aos 121 DAT. Analisando-se a média de todo o ciclo, foram obtidos valores de 3,9 e 4,5 kg m<sup>-3</sup>, para os sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente, que são superiores aos valores apresentados por Doorenbos e Kassam (1994) (1,5 a 3,0 kg m<sup>-3</sup>).

Os valores médios obtidos de eficiência no uso da água em função apenas da lâmina de irrigação aplicada (EUA<sup>2</sup>) foram de 6,5 e 8,0 kg m<sup>-3</sup>, nos

sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente. Considerando-se que a lâmina de água aplicada pela irrigação constitui importante parâmetro no cálculo de ambos os índices de eficiência, fica evidenciado o benefício do sistema de plantio direto em relação ao convencional, nas condições de realização deste trabalho.

#### Conclusão

Os valores de ETc acumulados para a cultura do pimentão foram de 363 e 334 mm para os sistemas convencional e plantio direto, respectivamente. Como valores de kc para a cultura do pimentão, nas condições da baixada fluminense, foram encontrados 0,32; 1,18 e 0,77 para o sistema convencional, e de 0,34; 1,05 e 0,86 para o sistema de plantio direto, nas fases inicial, média e final de desenvolvimento. A ETc acumulada da cultura estimada, a partir dos valores de kc preconizados pela FAO, apresentou resultados adequados para o sistema de plantio convencional, não sendo os mesmos recomendados para plantio direto. O uso do sistema plantio direto proporcionou aumento de 1,5 kg m<sup>-3</sup> na eficiência do uso água em comparação com o sistema de plantio convencional, levando-se em consideração a lâmina de água aplicada pela irrigação.

#### Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. (FAO, irrigation and drainage paper, 56).
- ASSIS, F. N.; VERONA, L. A. F. Consumo de água e coeficiente de cultura do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 665-670, 1991.
- BEZERRA, F. M. L.; ANGELOCCI, L. R.; MINAMI, K. Deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 119-123, 1998.
- BEZERRA, F. M. L.; MESQUITA, T. B. Evapotranspiração máxima e coeficientes da cultura do pimentão cultivado em lisímetros de drenagem. **Horticultura Brasileira**, v. 18, supl., p. 600-601, 2000.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V.; COSTA, J. R.; CRUZ, F. A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ, utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 14, n. 2, p. 108-116, 2006.
- CASTRO, C. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; CARVALHO, J. F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 495-502, 2005.
- DALMAGO, G. A.; HEELWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; LUZZA, J.; TAZZO, I. F.; TRENTIN, G.

- Evapotranspiração máxima e coeficiente da cultura do pimentão em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 33-41, 2003.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. (FAO, Estudos de irrigação e drenagem, 33).
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006.
- ERTEK, A.; SENSOY, S.; GEDIK, I. Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under field conditions. **Agricultural Water Management**, v. 81, n. 1-2, p. 159-172, 2006.
- FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, L. C. Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação da água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 85-91, 2004.
- KLAR, A. E.; JADOSKI, S. O. Efeitos da irrigação e da cobertura do solo por polietileno preto sobre as características morfológicas do pimentão. **Irriga**, v. 7, n. 3, p. 154-167, 2002.
- LIMA, P. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; LIRA JUNIOR, M. A.; SANTOS, F. X.; PEDROSA, E. M. R. Efeito do manejo da irrigação com água moderadamente salina na produção de pimentão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 73-80, 2006.
- MARQUELLI, W.; SILVA, H. R.; MADEIRA, N. R. Uso da água e produção do tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1399-1404, 2006.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A. Evapotranspiração da cultura do milho. II - Relações com a evaporação do tanque Classe 'A', com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1998.
- MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural (kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007.
- MERCANTE, F. N.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 4, p. 479-485, 2008.
- MIRANDA, F. R.; GONDIM, R. S.; COSTA, C. A. G. Evapotranspiration and crop coefficients for tabasco pepper (*Capsicum frutescens* L.). **Agricultural Water Management**, v. 82, n. 1-2, p. 237-246, 2006.
- MOURA, M. V. T.; MARQUES JÚNIOR, S.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Estimativa do consumo de água na cultura da cenoura (*Daucus carota* L.) v. Nantes Superior, para a região de Piracicaba, através do método do balanço hídrico. **Scientia Agrícola**, v. 51, n. 2, p. 284-291, 1994.
- REIS, G. N.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; CAVALIN NETO, J.; GROTTA, D. C. G.; CORTEZ, J. W. Manejo do consórcio com culturas de adubação verde em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, supl., p. 677-681, 2007.
- ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.
- SHRIVASTAVA, P. K.; PARIKH, M. M.; SAWANI, N. G.; RAMAM, S. Effect of drip irrigation and mulch on tomato. **Agricultural Water Management**, v. 25, n. 2, p. 179-184, 1994.
- SOUZA, J. L. M.; GOMES, S. Limites na utilização de um modelo de balanço hídrico decendial em função da capacidade de água disponível no solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 153-163, 2008.
- SOUZA, C. F.; OR, D.; MATSURA, E. E. A. Variable-Volume TDR Probe for measuring water content in large soil volumes. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 1, p. 25-31, 2004.

Received on October 21, 2008.

Accepted on March 17, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.