

Manejo da irrigação da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.)**Irrigation management of the chilli pepper (*Capsicum frutescens* L.)**

DOI:10.34117/bjdv6n6-582

Recebimento dos originais:08/05/2020

Aceitação para publicação:26/06/2020

Márcio Aurélio Lins dos Santos

Professor Associado, Doutor em Agronomia, Irrigação e Drenagem

Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Av. Manoel Severino Barbosa, S/N, Bom Sucesso, Arapiraca – AL Brasil

E-mail: mal.santo@arapiraca.ufal.br

Daniella Pereira dos Santos

Doutora em Engenharia Agrícola

Instituição: Autônoma

E-mail: daniellapsantos@hotmail.com

Cícero Gomes dos Santos

Professor Adjunto, Doutor em Agronomia, Ciência do Solo

Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Av. Manoel Severino Barbosa, S/N, Bom Sucesso, Arapiraca – AL Brasil

E-mail: cgomes@arapiraca.ufal.br

José Vieira Silva

Professor Associado, Doutor em Fitotecnia, Agronomia

Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Av. Manoel Severino Barbosa, S/N, Bom Sucesso, Arapiraca – AL Brasil

E-mail: vieira@arapiraca.ufal.br

Rony de Holanda Costa

Mestrando em Agricultura e Ambiente

Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Av. Manoel Severino Barbosa, S/N, Bom Sucesso, Arapiraca – AL Brasil

E-mail: ronyhag@hotmail.com

Samuel Barbosa Tavares dos Santos

Engenheiro Agrônomo

Empresa: Rural Produtos Agropecuários

E-mail: barbosa_samuel@hotmail.com

RESUMO

Objetivou-se avaliar modelos de evapotranspiração de referência e estimar os coeficientes de cultivo da pimenta. O experimento foi conduzido no período de 27/04 a 09/09/2015, na área experimental do Grupo Irriga do Campus Arapiraca da UFAL. Para encontrar o consumo hídrico da cultura da pimenta foi calculado o Kc da pimenta pela razão da ETc da pimenta pela ET0 (estimada pelos métodos de Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Radiação-

Solar, Blaney-Criddle e de Priestley-Taylor). Para comparação e análise dos métodos de ETo's foram utilizados critérios envolvendo o erro padrão de estimativa (EPE), erro padrão da estimativa ajustado (EPEa), coeficientes de correlação (r) de Pearson e de determinação (r^2), índice de desempenho (c) e do índice de concordância (d). Para as análises de correlação e de regressão linear entre os métodos de estimativas de ETo e os gráficos foi utilizado o software estatístico RStudio®. Os resultados mostraram que o consumo hídrico diário da cultura da pimenta foi de 4,32 mm dia⁻¹. O método de Radiação Solar apresentou o melhor desempenho na estimativa da ETo em relação ao método padrão-FAO Penman-Monteith. O Kc da pimenta, recomendado para a região semiárida, é 0,70; 1,16; 1,23 e 1,00, para as fases I, II, III e IV respectivamente, obtidos pelo método padrão-FAO. Na ausência de informações agrometeorológicas para se estimar a ETo pelo método padrão-FAO, recomendam-se os valores de Kc de 0,81; 1,22; 1,28 e 0,98, obtidos pelo método de ETo de Radiação-Solar. Também poderá usar a equação de ajuste obtida pela correlação entre as EToRS e EToPM, possibilitando o uso do KcPM.

Palavras-chave: lisímetros, evapotranspiração, coeficiente de cultivo.

ABSTRACT

The objective was to evaluate reference evapotranspiration models and to estimate pepper cultivation coefficients. The experiment was carried out from 27/04 to 09/09/2015, in the experimental area of Grupo Irriga, at Campus Arapiraca, UFAL. To find the pepper culture water consumption, the Kc was calculated by the ratio between the pepper's ETc and the ETo (estimated by the Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Radiation-Solar, Blaney-Criddle and Priestley-Taylor methods). For comparison and analysis of ETo's methods, criteria were used involving estimate standard error (EPE), adjusted estimate standard error (EPEa), Pearson's correlation coefficients (r) and determination (r^2), performance index (c) and the agreement index (d). For the correlation and linear regression analyzes between the ETo estimation methods and the graphs, the RStudio® software was used. The results showed that the daily pepper culture water consumption was 4.32 mm day⁻¹. The ETo estimate by the Solar Radiation method (EToRS) showed the best performance in relation to the standard FAO-Penman-Monteith method (EToPM). The pepper Kc, for phases I, II, III and IV and obtained by the standard method-FAO (KcPM), and recommended for the semiarid region were 0.70; 1.16; 1.23 and 1.00, respectively. In the absence of agrometeorological information to estimate ETo using the FAO standard method, the recommended Kc values for phases I, II, III and IV are 0.81; 1.22; 1.28 and 0.98, respectively, obtained by the ETo-Radiation-Solar method. KcPM can also be used from the adjustment equation obtained by the correlation between EToRS and EToPM.

Keywords: lysimeters, evapotranspiration, coefficient of cultivation.

1 INTRODUÇÃO

As pimentas do gênero *Capsicum* (do grego kapso significa arder ou picar) são diferenciadas das demais por apresentar um elevado nível de pungência, característica essa comum nos pimentões, pimentas doces, e pimentas picantes, diferente das pimentas do gênero *Piper*. A pungência dos frutos de pimenta é ocasionada por uma concentração em cerca de 90% dos principais pungentes capsaicina e seus análogos capsaicinóides (EMBRAPA, 2008).

A cultura atualmente deixa de ser considerada de segundo plano e passa a assumir maior importância na produção hortícola no país, isso ocorre devido a gama de produtos que possuem a pimenta (*Capsicum frutescens* L.) como matéria-prima, sendo comercializada In natura, conserva, páprica, pastas, geleias, molhos, em pó, desidratadas e ornamentais agregando maior valor ao produto contribuindo para a ampliação do setor (CAIXETA et al. 2014). Filgueira (2008) afirma que o aumento no consumo de pimentas deve-se a estudos que comprovaram que pimentas apresentam teores de vitamina A e C superiores aos encontrados no pimentão e demais olerícolas produzidas no Brasil.

O manejo adequado de irrigação é uma forma de controlar e estabelecer um suprimento hídrico, impedindo o estresse nas plantas que levam a perdas na produção. As variáveis fisiológicas das plantas permitem uma análise criteriosa do comportamento da planta a um tratamento dado, uma vez que as condições experimentais influenciam diretamente na produção da cultura. Para o manejo eficiente é necessário adotar métodos de estimativa de parâmetros meteorológicos como: evapotranspiração de referência (ET_o), evapotranspiração da cultura (ET_c), coeficiente de cultivo (K_c). Cada um com métodos específicos de determinação (COSTA, 2015).

Definindo a distribuição temporal das precipitações pluviométricas e ET_o em cada microclima, possibilita aos produtores realizar a tomada de decisão em seus projetos de irrigação, facilitando em um determinado período o manejo da água de irrigação. A estimativa da ET_o pode ser realizada através de modelos matemáticos tais como: Penman-Monteith entre outros, que descrevem matematicamente os processos biológicos e físicos envolvidos com o desenvolvimento das culturas. O modelo de Penman-Monteith foi padronizado pelo boletim FAO-56, é o método mais completo por exigir uma maior quantidade de dados de entrada, agrupando vários fatores climatológicos se adequando a para cada região (ALLEN et al, 1998).

Sendo assim, objetivou-se avaliar o desempenho de modelos de evapotranspiração de referência e encontrar os coeficientes de cultivo da pimenta malagueta cultivada em lisímetro de drenagem em região semiárida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 27 de abril a 09 de setembro de 2015, na área experimental do Grupo Irriga, do Campus Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas, em Arapiraca, região Agreste de Alagoas, na Latitude 09°44'06" S e Longitude 36°46'48" W, à altitude de 325 metros. A região é caracterizada como uma zona de transição, segundo os

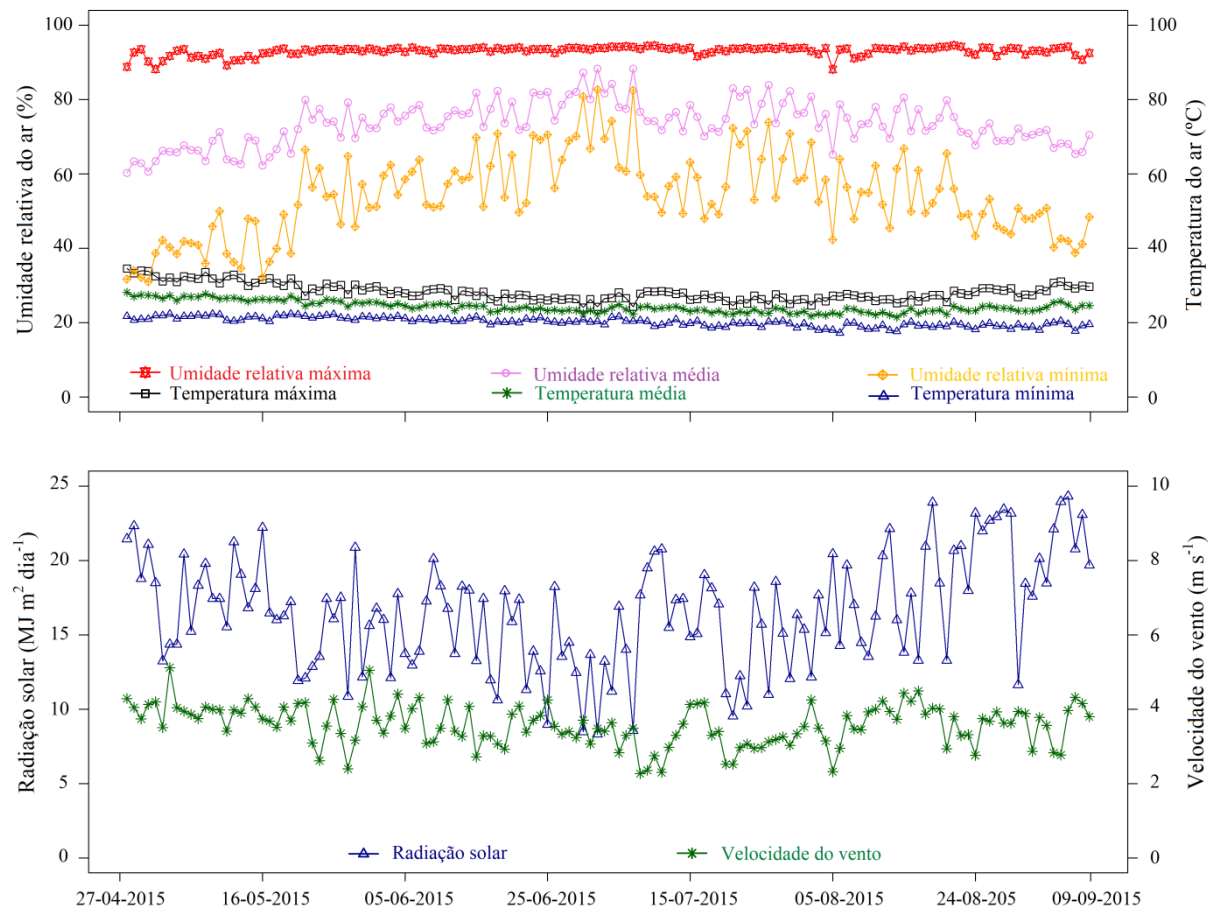
critérios de classificação de Koppen (1948) o clima é do tipo ‘As’ tropical com estação seca no verão. A região possui temperatura média em torno dos 25 °C em um regime pluviométrico anual médio de até 870 mm, distribuídos em poucos meses durante o ano, o que dificulta a prática de muitas culturas. O solo, segundo a Embrapa (2013), foi classificado como ARGILOSO VERMELHO Distrófico, classificação textural de areia franca, densidade volumétrica (ds) 1,44 g cm⁻³, porosidade total (P) 0,4436 m³ m⁻³, com declividade média inferior a 2%.

O consumo hídrico da cultura da pimenta foi encontrado a partir do coeficiente de cultivo da pimenta (Kc) calculando a razão da evapotranspiração da cultura da pimenta (ETc) pela evapotranspiração de referência (ETo). As variáveis agrometeorológicas (temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar) utilizadas para determinar a evapotranspiração de referência (ETo) foram obtidas da estação meteorológica do Campus de Arapiraca da UFAL, localizada a 20,0 metros da área experimental, onde consta de um pluviômetro para aferição do volume precipitado (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1. Dados de temperatura (máxima - T_{max} , média - T_{med} e mínima - T_{min}), umidade relativa do ar (máxima - UR_{max} , média - UR_{med} e mínima - UR_{min}), velocidade do vento (Vv) e radiação Solar (Rs) da área experimental do Grupo Irriga do Campus de Arapiraca, da UFAL, de 27 de abril a 09 de setembro de 2015

	T_{max}	T_{med}	T_{min}	UR_{max}	UR_{med}	UR_{min}	Vv	Rs
	----- (°C) -----			----- (%) -----			m s ⁻¹	MJ m ⁻²
Maior	34,56	22,39	28,14	94,60	82,70	88,30	5,12	24,31
Média	28,26	20,24	24,25	93,03	54,05	73,54	3,58	16,61
Menor	24,08	17,27	21,45	88,10	31,02	60,24	2,27	8,32

Figura 1. Dados de umidade relativa do ar (máxima, média e mínima), temperatura do ar (máxima, média e mínima), radiação solar e velocidade do vento da área experimental do Grupo Irriga do Campus de Arapiraca, da UFAL, de 27 de abril a 09 de setembro de 2015



Para estimativa de evapotranspiração de referência (ET_o) utilizou-se os dados meteorológicos por meio da análise comparativa dos modelos matemáticos padrão-FAO de Penman-Monteith (ET_oPM), Hargreaves-Samani (ET_oHS), Radiação Solar (ET_oRS), Blaney-Criddle (ET_oBC) e Priestley-Taylor (ET_oPT).

Para a estimativa da ET_o padrão-FAO pelo método de Penman-Monteith foi estimada utilizando a Equação 1 (Allen et al., 1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T + 273} \right) U_2 (e_a - e_s)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Onde: ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); R_n = saldo de radiação diário (MJ m⁻² dia⁻¹); G = fluxo total diário de calor do solo (MJ m⁻² dia⁻¹); T = temperatura média diária do ar (°C); U₂ = velocidade do vento média diária à altura de 2 m (m s⁻¹); e_s = pressão de saturação do vapor médio diário (kPa); (e_a - e_s) = déficit de saturação de vapor médio diário (kPa); Δ = declividade da curva da pressão do vapor em relação à temperatura (kPa °C⁻¹); γ = coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹).

A estimativa da ETo diária pelo método de Hargreaves-Samani, foi apresentado por Pereira et al (1997):

$$ETo = 0,0023 Ra (T_{med} + 17,8) \sqrt{T_{max} - T_{min}} \quad (2)$$

em que: ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Ra = Radiação extraterrestre (mm dia⁻¹); T_{med} = temperatura média diária (°C); T_{max} = temperatura máxima (°C) e T_{min} = temperatura mínima (°C).

No caso da estimativa da ETo pelo método da Radiação Solar, utilizou-se a proposta apresentada por Doorenbos & Pruitt (1977) que utiliza as Equações 3 e 4:

$$ETo = a + b W \frac{Rs}{\lambda} \quad (3)$$

$$b = b_0 + b_1 UR_{med} + b_2 U + b_3 UR_{med} U + b_4 UR^2 + b_5 U^2 \quad (4)$$

Onde: ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); a = coeficiente linear da reta (a = -0,3 mm dia⁻¹); b = coeficiente angular da reta (b₀ = 1,0656; b₁ = -0,0012795; b₂ = 0,044953; b₃ = -0,00020033; b₄ = -0,000031508; b₅ = -0,0011026); W = índice de ponderação dependente da temperatura média, sendo: W = 0,407 + 0,0145 T_{med} (para 0 °C < T_{med} < 16 °C); W = 0,483 + 0,01 T_{med} (para T_{med} ≥ 16 °C); Rs = radiação solar de ondas curtas recebida pela superfície terrestre em um plano horizontal, expressa em equivalente de evaporação (MJ m⁻² dia⁻¹); λ = calor latente de evaporação (MJ kg⁻¹); UR_{med} = umidade relativa média (%); U = velocidade média do vento à altura de 2 m (m s⁻¹); T_{med} = temperatura média (°C).

Para estimativa da ETo pelo método de Blaney-Criddle utilizou-se a versão mais conhecida que é a apresentada por Doorenbos & Pruitt (1977) modificada por Frevert et al. (1983), de acordo com as Equações 5, 6, 7 e 8:

$$ETo = A + B p (0,457 T_{med} + 8,13) \quad (5)$$

$$A = a_0 UR_{min} + a_1 - \frac{n}{N} \quad (6)$$

$$B = b_0 + b_1 UR_{min} + b_2 \frac{n}{N} + b_3 U_2 + b_4 UR_{min} \frac{n}{N} + b_5 UR_{min} U_2 \quad (7)$$

$$p = -3 \cdot 10^{-11} \cdot J^4 + 2 \cdot 10^{-8} \cdot J^3 - 4 \cdot 10^{-6} \cdot J^2 + 5 \cdot 10^{-5} \cdot J + C \quad (8)$$

Onde: ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); “A” e “B” = são coeficientes de ajuste (fator de correção), sendo: a₀ = 0,0043, a₁ = -1,41, b₀ = 0,81917, b₁ = -0,0040922, b₂ = 1,0705, b₃ = 0,065649, b₄ = -0,0059684 e b₅ = -0,0005967; p = fator de correção função da latitude e época do ano, J = dia juliano; C = coeficiente de latitude e época do ano (C = 0,26 para 270 ≤ J ≤ 330; C = 0,27 para 91 < J < 120, 210 < J < 270, J > 330; C = 0,28 para J ≤ 91, 151 ≤ J ≤ 210 e C = 0,29 para 120 ≤ J ≤ 150); T_{med} = Temperatura média do período (°C); UR_{min} = Umidade relativa mínima do período (%); U₂ = velocidade do vento média à altura de 2 m (m s⁻¹); n/N = razão da insolação do período pelo fotoperíodo (horas), sendo: n = insolação (h) que, por causa da ausência de medições em campo, considerou-se a equação de Angström-Preseott para sua estimativa; N = fotoperíodo (h).

O método físico de Priestley-Taylor (1972) desenvolvido na Austrália, utilizando a variável saldo de radiação (R_n), estimando a E_{To} considerando proveniente do termo aerodinâmico, ou seja, do poder evaporante do ar, é uma percentagem da E_{To} condicionada pelo termo energético, baseado no método original de Penman. Assim, mesmo levando em consideração o balanço de energia, esse método apresenta um componente empírico (Equação 8).

$$ET_c = \alpha \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \left(\frac{R_n - G}{\lambda} \right) \quad (8)$$

Onde: E_{To} = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); α = fator de ajuste universalmente conhecido como parâmetro de Priestley-Taylor, sendo: $\alpha = 1,26$; Δ = declividade da curva da pressão do vapor em relação à temperatura ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); γ = coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_n = saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); G = fluxo de calor do solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), com $G = 0$; λ = calor latente de evaporação (MJ kg^{-1}).

Para comparação e análise dos métodos de E_{To} 's foram utilizados critérios envolvendo o erro padrão de estimativa (EPE), erro padrão da estimativa ajustado (EPEa), coeficientes de ajustes das equações lineares e respectivos coeficientes de determinação (r^2) (Jensen et al. 1990). As correlações entre os métodos de estimativas de E_{To} foram realizadas pelas análises de correlação e de regressão linear utilizando-se o software estatístico RStudio®.

Para a exatidão dos métodos empíricos foi determinado o índice de desempenho (c), calculado pelo produto do coeficiente de correlação (r) de Pearson e do índice de concordância (d) de Willmott et al. (1985). A correlação foi realizada entre os métodos de Hargreaves-Samani, da Radiação Solar, de Blaney-Criddle e de Priestley-Taylor, em relação ao método padrão de Penman-Monteith, a fim de se observar a precisão dada pelo coeficiente de correlação (r) que está associado ao desvio entre valores estimados e medidos, indicando o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média. Os valores de “r” e de “c” encontrados foram classificados conforme Willmott et al. (1985).

Para determinação da evapotranspiração da cultura da pimenta foram realizadas aplicações de lâminas diárias de irrigação por meio de lisímetros de drenagem, mensurando quantidade de água fornecida nos lisímetros e drenada o excedente, tendo início sempre às 10:00 h e término às 11:00 h. A metodologia utilizando foi descrita por Alves et al. (2017), em que o solo foi saturado durante 24 horas, permitindo entrar na capacidade de campo, determinando a primeira lâmina diária (I), podendo-se aplicar as lâminas subsequentes, observando-se cuidadosamente o consumo diário ($L_a - L_d$). Para as lâminas subsequentes,

foram somadas ao consumo diário 50% deste, garantindo a drenagem diária e a lâmina aplicada diariamente. Para os cálculos, utilizaram-se as Equações 9 e 10.

$$I = La - Ld + 0,5 (La - Ld) \quad (9)$$

Onde: I = Irrigação diária aplicada (L); La = Lâmina aplicada diariamente nos lisímetros (L); Ld = Lâmina drenada diariamente dos lisímetros (L).

$$ETc = I + P - D \quad (10)$$

Onde: ETc = evapotranspiração da cultura (mm); I = lâmina de água aplicada por irrigação (mm); P = precipitação pluviométrica (mm); D = água drenada do lisímetro (mm).

Após a coleta dos dados de ETc, obtidos dos lisímetros de drenagem, e de ETo pelas equações empíricas para cada método, foi determinado o Kc para cada fase fenológica da cultura da pimenta.

O coeficiente de cultura (Kc) foi calculado pela razão entre a ETc e a ETo (Equação 11).

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (11)$$

Onde: Kc = coeficiente da cultura (adimensional); ETc = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹); ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados a distribuição pluviométrica, o comportamento das ETo's estimados pelos métodos de Penman-Monteith (método padrão-FAO), Hargreaves-Samani, Radiação Solar, Blaney-Criddle, Priestley-Taylor, bem como o consumo hídrico da cultura da pimenta (ETc) durante todo o seu ciclo. Constando que a precipitação total no período foi de 272,84 mm, com maior quantidade de chuva igual a 24,83 mm, no dia 04/06/2015. Ainda se pode observar que as maiores ETo e ETc ocorreram no início (outono) e final do ciclo (primavera), período de menor precipitação na região semiárida, inversamente acontece no período de inverno (meses chuvosos), no qual tiveram as menores.

Os valores mínimos da evapotranspiração da cultura da pimenta (ETc) com valores máximos equivalentes a 6,26 mm, a média observada foi de 4,32 mm dia⁻¹, ocorrendo um

consumo total das plantas cultivadas nos lisímetros de 587,84 mm. Inicialmente foram verificadas pequenas variações na demanda de água pela cultura, com valores sempre inferiores a EToPM durante os primeiros 30 dias após o transplante (DAT), aumentando o consumo gradativamente, com valores próximos da EToPM e superando após 60 DAT, atingindo um valor máximo de 6,26 mm, aos 108 DAT, entre as fases de crescimento vegetativo e floração e frutificação (Tabela 2 e Figura 2).

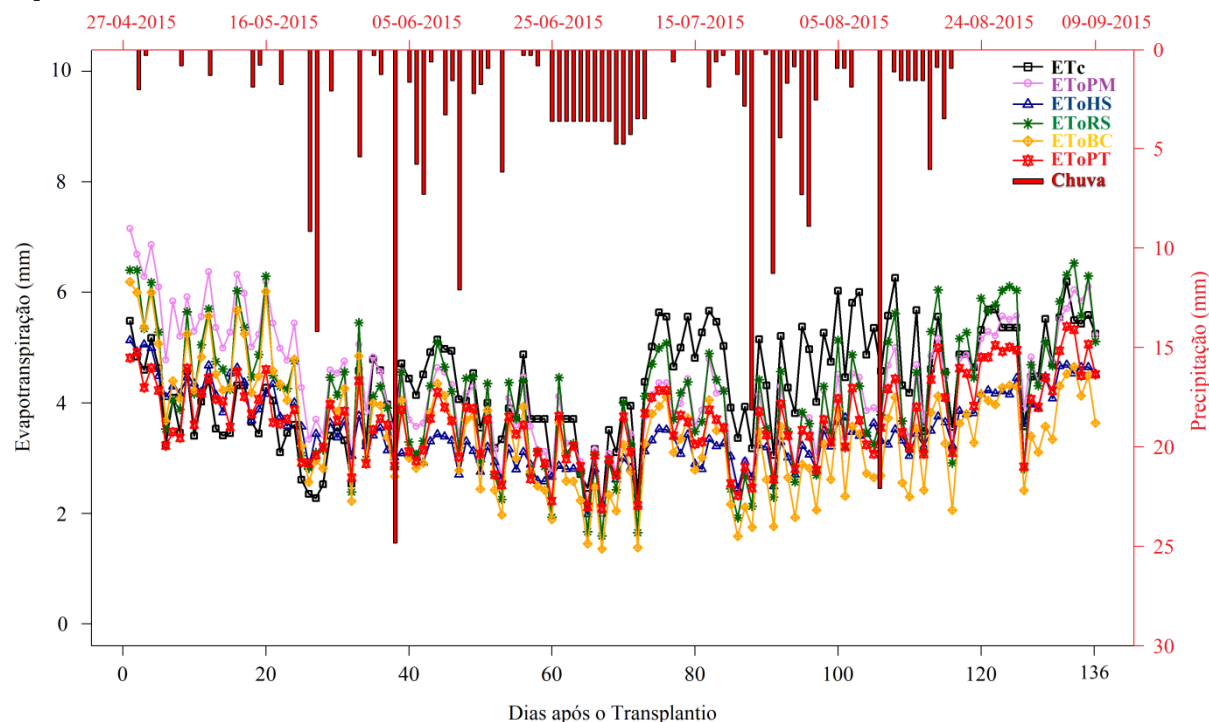
Observou-se que durante todo o ciclo da cultura a ETo estimada pelo método da Radiação Solar teve maior semelhança ao método padrão-FAO (Penman-Monteith), superestimando-o no final do ciclo, com a menor diferença total entre as ETo's (22,095 mm). Já o método de Blaney-Criddle teve semelhança com o método padrão-FAO no início do ciclo, mas subestimando-o no final, com a maior diferença das ETo's (115,10 mm). Para o método de Priestley-Taylor aconteceu o inverso, subestimando no início e se assemelhando no final do ciclo e uma diferença entre as ETo's de 87,51 mm. O método de Hargreaves-Samani subestimou o método padrão-FAO em todo o ciclo, com diferença de 112,46 mm entre as ETo's. O método de Penman-Monteith (padrão-FAO) teve valores máximos, mínimos, médio e total superior a todos os demais métodos, indicando que se tiver que usar qualquer um dos demais métodos terá que fazer ajustes equacionais (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 2. Evapotranspiração da cultura da pimenta (ETc), evapotranspiração de referência (ETo) estimados pelos métodos de: Penman-Monteith (EToPM); Hargreaves-Samani (EToHS); Radiação Solar (EToRS); Blaney-Criddle (EToBC); Priestley-Taylor (EToPT), no período de condução do experimento de 27/04/2015 até 09/09/2015

	ETc	EToPM	EToHS	EToRS	EToBC	EToPT
	----- (mm) -----					

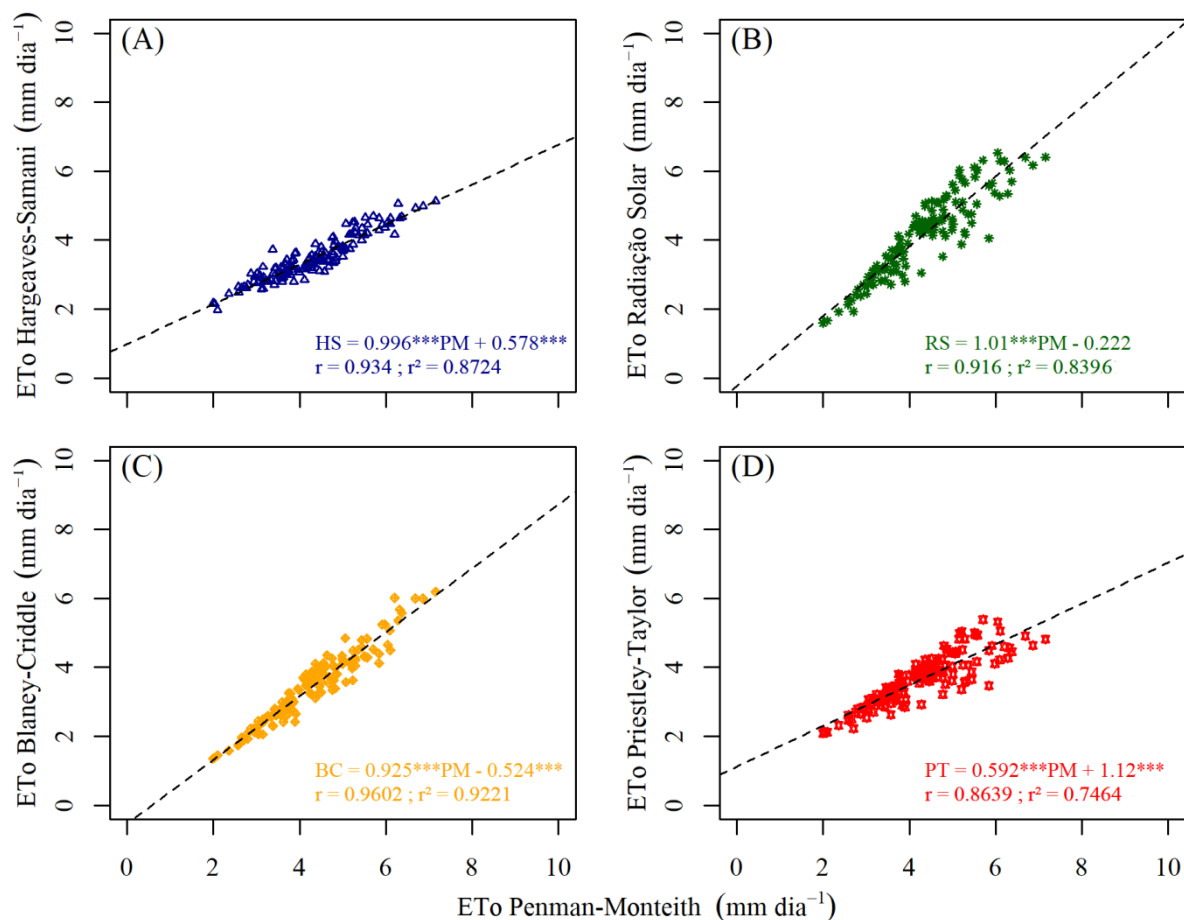
Máximos	6,26	7,15	5,13	6,53	6,19	5,38
Médio	4,32	4,32	3,49	4,15	3,47	3,68
Mínimo	2,00	1,99	1,98	1,59	1,35	2,09
Total	587,84	587,46	475,00	564,51	472,36	499,95

Figura 2. Precipitação (Chuva), evapotranspiração de referência (ET_o) estimados pelos métodos de: Penman-Monteith (ET_oPM); Hargreaves-Samani (ET_oHS); Radiação Solar (ET_oRS); Blaney-Criddle (ET_oBC); Priestley-Taylor (ET_oPT) e evapotranspiração da cultura da pimenta (ET_c), no período de condução do experimento de 27/04/2015 até 09/09/2015



Analisando-se os coeficientes angulares das retas obtidas com as comparações dos métodos, pode ser observado que os coeficientes angulares das equações obtidas pelas correlações Hargreaves-Samani (eixo Y) x Penman-Monteith (eixo X) e Priestley-Taylor (eixo Y) x Penman-Monteith (eixo X) apresentaram valores menores que 1 ($a \sim 0,6$), indicando que os valores contidos no eixo X, método padrão de Penman-Monteith, são superiores aos encontrados no eixo Y, métodos de Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor, respectivamente (Figuras 3A e 3D). Já os coeficientes angulares das equações obtidas pela correlação dos métodos de Radiação-Solar (eixo Y) e de Blaney-Criddle (eixo Y) com o método de Penman-Monteith (eixo X) apresentam valores próximos a 1, indicando que os valores de ET_o encontrados pelos métodos da Radiação-Solar e de Blaney-Criddle são próximos ao de Penman-Monteith (Figuras 3B e 3C).

Figura 3. Correlação entre os valores diários da evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}) estimados pelos métodos de Penman-Monteith, em relação aos métodos de Hargreaves-Samani (A), da Radiação Solar (B), de Blaney-Criddle (C) e de Priestley-Taylor (D)



Resultados semelhantes foram obtidos por Lima Junior et al. (2016), onde o método de Hargreaves-Samani subestima a ET_o , em relação à do método padrão, no Ceará. Santos et al. (2016), no Agreste Alagoano, constataram que estimativa pelo método de Hargreaves-Samani foi menor do que pelo método de Penman-Monteith. Já Tagliaferre et al. (2010), concluíram que o método de Priestley-Taylor subestimou os valores de evapotranspiração obtidos pelo método padrão de Penman-Monteith para as condições climáticas do Município de Eunápolis, BA. Moura et al. (2013), em Vitória de Santo Antão, PE, encontrou uma superestimativa do método de Blaney-Criddle em relação ao método padrão.

A ET_o estimada pelo método de Hargreaves-Samani apresentou valores altos do EPE, do EPEa, dos coeficientes de correlação (r) e determinação (r^2) e desempenho bom (d; c), indicando que as estimativas dos valores de ET_o obtidas por este método é preciso para estimar a ET_o para época e região de estudo. Este resultado pode ser explicado pela condição favorável para influenciar nos parâmetros de ajustamento da do método de Hargreaves-Samani, embora

este método não seja recomendado para regiões áridas. Lucena et al. (2016) no município de Bom Jesus, PI., quando compararam a ETo no período chuvoso constatou desempenho caracterizado como bom, com índices ($d = 0,99$; $c = 0,72$) para o método de Hargreaves-Samani.

Na Tabela 3, observaram-se valores de coeficientes de determinação (r^2) e de correlação (r) obtidos pelo método de Radiação-Solar classificado como muito alto e ótimo índice de concordância e desempenho (d ; c). Os valores dos coeficientes estatísticos apresentaram superestimativa dos valores de ETo para o método de Radiação-Solar em relação aos valores do método de Penman-Monteith. De acordo com os valores de EPE e EPEa, observou-se que os erros para o método de Radiação-Solar são os menores encontrados neste trabalho, o que demonstra ser esse o método que mais se aproxima do método de Penman-Monteith.

Tabela 3. Erro padrão de estimativa (EPE) e da estimativa ajustado (EPEa), coeficientes de determinação (r^2) e de correlação (r), índices de concordância (d) e de desempenho (c) entre os métodos de Hargreaves-Samani (EToHS), Radiação Solar (EToRS), Blaney-Criddle (EToBC) e Priestley-Taylor (EToPT) e o método padrão de Penman-Monteith (EToPM)

ETo(P-M) x ...	EPE	EPEa	r^2	r	d	c
EToHS	0,9737	0,9446	0,8724	0,9340	0,7358	0,6872
EToRS	0,5025	0,1699	0,8396	0,9163	0,9499	0,8704
EToBC	0,9003	0,8532	0,9221	0,9602	0,8391	0,8057
EToPT	0,8621	0,7793	0,7464	0,8639	0,7843	0,6776

Para ETo obtida pelos métodos de Blaney-Criddle e de Priestley-Taylor foram encontrados altos valores de coeficientes de correlação (r) e de determinação (r^2), sendo o método classificado com índice de desempenho muito bom e bom, respectivamente. Porém, quando analisados os erros, EPE e EPEa, foram encontrados valores elevados, o que indica que o método não é adequado para a região e período de estudo (Tabela 3). Para o método de Blaney-Criddle, Cavalcante Junior et al. (2010), em Mossoró, RN e Almeida et al. (2010), em Fortaleza, CE, obtiveram desempenho “ótimo” e excelente r^2 .

Na Tabela 4 e Figura 4, encontram-se os valores de Kc ao longo do ciclo fenológico da cultura da pimenta, obtidos pelas metodologias de estimativa da ETo de: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Radiação-Solar, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor, com os valores de Kc obtidos na fase inicial de 0,70; 0,91; 0,81; 0,83 e 0,96, respectivamente. Todos os Kc's dos demais métodos superestimou o método de Penman-Monteith (Padrão-FAO56), com destaque

de maior valor Priestley-Taylor. Para as demais fases o método de Blaney-Criddle foi superior aos demais, seguido de Hargreaves-Samani, Priestley-Taylor e Radiação-Solar.

Como a planta transpira menos no início do seu desenvolvimento, o K_c (inicial) é dominado pelos fatores ambientais, quando predomina a evaporação da água no solo, o que resultou em valores maiores de ETo e menores ETc , fazendo que o Kc inicialmente seja menor do que em outras fases. A partir da fase fenológica de desenvolvimento vegetativo, passando para o floração e frutificação, os valores de Kc elevaram-se (Tabela 4 e Figura 4).

Essas fases são caracterizadas por fotossíntese intensa, necessária para o crescimento dos tecidos e o armazenamento de carboidratos nos tecidos de reserva. Já na fase de maturação, o Kc decresceu, pois a planta encontra-se em desenvolvimento e não está mais armazenando energia, além de apresentar decréscimo da área foliar, o que resulta em menor consumo de água pela planta. Houve variação dos valores de Kc para cada fase fenológica, em função do método avaliado (SILVA et al., 2018).

A região estudada por Oliveira et al. (2003) difere bastante das condições da área de estudo deste trabalho e a análise dos resultados indicou que a maior diferença encontrada entre os Kc 's, comparados fase por fase, deu-se principalmente nas fases I e IV, já que, nessas fases o valor de Kc é dominado pelos fatores ambientais.

Os valores de Kc obtidos pelo método de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) de Penman-Monteith, apresentaram valores mais confiáveis, devido este ser o método padrão indicado pela FAO, sendo os valores da ETc da lisimetria mais próximos aos da $EToPM$, conferindo valores de Kc mais próximos aos encontrados por Chaves et al (2005). O mesmo autor ao realizar a estimativa do Kc para pimenteiras do gênero *Capsicum*, por meio de lisimetria de drenagem na Universidade Federal do Ceará (UFC), quando nos seus ensaios encontrou valores de Kc para a fase inicial 0,96 para os primeiros 25 DAT; 1,13 para a segunda fase dos 25 até 75 DAT; 1,29 para a fase de frutificação dos 75 aos 120 DAT, e finalizando com Kc médio de 1,24 dos 120 até 135 DAT para a fase de maturação e colheita.

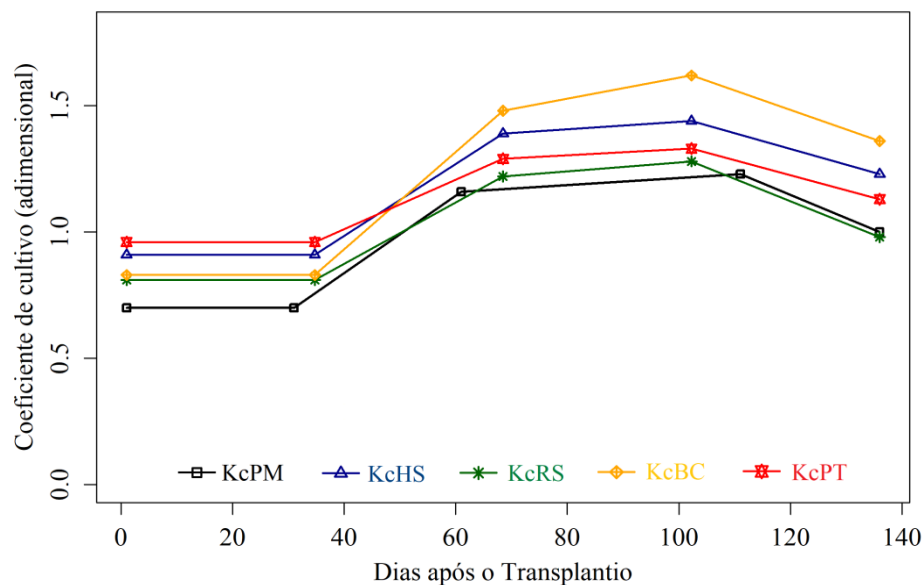
Em estudos sobre a cultura do pimentão verde Doorenbos e Kassam (2000), o Kc inicial foi de 0,95 a 1,10 nas fases que compreendem o desenvolvimento vegetativo e floração da cultura condicionando a frutificação, e decaindo para valores equivalentes a 0,80 até 0,95 no período de maturação e colheita.

Tabela 4. Fases e os respectivos Kc's para a cultura da pimenta propostos por Bezerra e Mesquita (2000); Doorenbos e Kassam (2000) e determinados por meio da razão $ET_c(ET_{lisimétrica})$ pelos métodos de Penman-Monteith (KcPM), de Hargreaves-Samani (KcHS), da Radiação Solar (KcRS), de Blaney-Criddle (KcBC) e de Priestley-Taylor (KcPT)

FASES	DAT	Kc _(autores)	KcPM	KcHS	KcRS	KcBC	KcBC
I	1 – 30	0,46	0,70	0,91	0,81	0,83	0,96
II	31 – 60	0,95 - 1,10	1,16	1,39	1,22	1,48	1,29
III	61 – 110	1,40	1,23	1,44	1,28	1,62	1,33
IV	111 – 136	0,80 - 0,95	1,00	1,23	0,98	1,36	1,13

Fases: I= inicial; II= desenvolvimento vegetativo; III= floração e frutificação e IV= maturação.

Figura 5. Coeficiente de cultivo para cultura da pimenta pelos métodos de estimativa da ETo de Penman-Monteith (KcPM), de Hargreaves-Samani (KcHS), da Radiação-Solar (KcRS), de Blaney-Criddle (KcBC) e de Priestley-Taylor (KcPT)



4 CONCLUSÕES

1. O consumo hídrico diária da cultura da pimenta, em período chuvoso, para região agreste alagoana, foi de 4,32 mm dia⁻¹;
2. O método de Radiação Solar apresentou o melhor desempenho na estimativa da evapotranspiração de referência, entre os demais métodos estudados, em relação ao de Penman-Monteith, sendo recomendado para determinação da ETo para período chuvoso em região semiárida;
3. O Kc da pimenta, recomendado para a região semiárida, é 0,70; 1,16; 1,23 e 1,00, para as fases I, II, III e IV respectivamente, obtidos pelo método padrão-FAO;
4. Na ausência de informações agrometeorológicas para se estimar a ETo pelo método padrão, recomendam-se os valores de Kc de 0,81; 1,22; 1,28 e 0,98, obtidos pelo método de

ETo de Radiação-Solar. Também poderá usar a equação de ajuste obtida pela correlação entre as EToRS e EToPM, possibilitando o uso do KcPM.

REFERÊNCIAS

Allen, R. G. et al. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56. Rome: FAO, 300p.

Almeida, B. M. et al. (2010). Comparação de métodos de estimativa da ETo na escala mensal em Fortaleza-CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.4, 93-98.

Alves, E. S. et al. (2017). Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. Revista Irriga, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 194-203.

Caixeta, F. et al. (2014). Physiological and biochemical alterations during germination and storage of habanero pepper seeds. African Journal of Agricultural Research, Joannesburgo, v.9, n.6, p.627-635.

Cavalcanti Junior, E. G. et al. (2010). Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Mossoró- RN. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.4, p.87-92.

Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. (1977). Guidelines for predicting crop water requirements. FAO: Irrigation and Drainage Paper, 24. Rome: FAO. 179p.

Doorenbos, J and Kassam, A. H. (2000). Efeito da água no rendimento das culturas. Trad. GHEYI, H. R.; SOUSA, A. A.; DAMASCENO, F. A. V.; MEDEIROS, J. F. FAO: Irrigação e Drenagem, 33. Campina Grande: UFPB, 221p.

Embrapa. (2013). Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas. Recife: Embrapa-Solos, 238p.

Embrapa. (2008). Pimentas *Capsicum*. Brasília: Embrapa hortaliças.

Köppen, W. (1948). Climatologia: Con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica. 479p.

Filgueira, F. A. R. (2008). Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV. 421p.

Frevert, D. K.; Hill, R. W. and Braaten, B. C. (1983). Estimation of FAO evapotranspiration coefficients. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.109, n.2, p.265-270.

Lima Junior, J. C. et al. (2016). Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, v. 7, 447-454.

Moura, A. R. C. et al. (2013). Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no estado de Pernambuco – Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.28, p.181-191.

Pereira, A. R.; Vila Nova, N. A. and Sedyama, G. C. (1997). Evapotranspiração. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários- Luiz de Queiros: FEALQ.183p.

Priestley, C. H. B. and Taylor, R.J.(1972). On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Revista Monthly Weather*. v.100, p.81-92.

Oliveira, R.A. et al (2003). Coeficientes de cultura da cenoura nas condições edafoclimáticas do Alto Paranaíba, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, 280-284.

Santos, C. S. dos. et al. (2016). Evapotranspiração de referência e coeficiente de cultivo da pimenteira no agreste alagoano. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.10, p.883-892, 2016.

Silva, J. C. et al. (;2018). Evapotranspiração e coeficiente de cultura da cenoura irrigada no agreste alagoano *Revista Ceres*, Viçosa, v. 65, n.4, p. 297-305.

Tagliaferre C. et al. (2010). Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis-BA. *Revista Caatinga*, v. 23, 103-111.

Willmott, C. J. et al. (1985). Statistics for evaluation and comparisons of models. *Journal of Geophysical Research*, v.90, p.8995-9005.