

COEFICIENTE DE CULTIVO PARA CENOURA SOB A PERSPECTIVA DE DIFERENTES MODELOS MATEMÁTICOS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

MÁRCIO AURÉLIO LINS DOS SANTOS¹; THAYSE VALÉRIA E SILVA²;
JULIANNA CATONIO DA SILVA³; DANIELLA PEREIRA DOS SANTOS⁴; CÉLIA
SILVA DOS SANTOS⁵

¹Professor do Curso Bacharelado em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca, Avenida Manoel Severino Barbosa, s/n, Bom Sucesso, 57309-005, Arapiraca, Alagoas, Brasil. E-mail: mal.santo@arapiraca.ufal.br

²Administradora Técnica de Vendas, Iharabras, Avenida Liberdade, 1701, 18087-170, Sorocaba, São Paulo, Brasil. E-mail: thaysevaleria15@gmail.com

³Doutoranda em Agronomia (Produção Vegetal), Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia, Universidade Federal de Alagoas - Centro de Ciências Agrárias, BR-104, 57100-000, Rio Largo, Alagoas, Brasil. E-mail: julianna_cds@hotmail.com

⁴Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - Campus Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: daniellapsantos@hotmail.com

⁵Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - Campus Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: celia_agron@hotmail.com

1 RESUMO

O coeficiente de cultivo (K_c) é um parâmetro essencial para o dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação e uso racional da água. Dessa forma, o objetivo neste trabalho foi determinar o coeficiente de cultivo da cenoura (*Daucus carota* L.) por meio de diferentes modelos matemáticos da evapotranspiração de referência no Agreste alagoano. O experimento foi realizado na área experimental do *Campus* da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Arapiraca-AL. Foram utilizados três lisímetros de drenagem, instalados em canteiro com dimensões de 3,5 x 1,0 m de comprimento e largura respectivamente com área total de 3,5 m². O K_c foi obtido pela relação entre a evapotranspiração da cultura (E_{Tc}) e a evapotranspiração de referência (E_{To}) estimada pelos métodos de Penman-Monteith, padrão-FAO (PM), Hargreaves-Samani (HS), Radiação Solar (RS), Blaney-Criddle (BC) e de Priestley-Taylor (PT). Os valores de K_c obtidos foram: K_{cPM} (0,61; 1,00; 1,26 e 0,99), K_{cHS} (0,63; 1,09; 1,27 e 0,94), K_{cRS} (0,65; 1,03; 1,36 e 1,06), K_{cBC} (0,69; 1,11; 1,52 e 1,18) e K_{cPT} (0,67; 1,08; 1,25 e 0,99) para as fases inicial, crescimento, intermediária e final, respectivamente. Na ausência de informações agrometeorológicas para se estimar a E_{To} pelo método padrão, recomendam-se utilizar os valores de obtidos pelo método de Blaney-Criddle.

Keywords: *Daucus carota*, lisimetria, dados climáticos, manejo da irrigação.

SANTOS, M. A. L.; SILVA, T. V.; SILVA, J. C.; SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S.
CARROT CROP COEFFICIENT FROM THE PERSPECTIVE OF DIFFERENT
MATHEMATICAL MODELS OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION

2 ABSTRACT

The crop coefficient (K_c) is an essential parameter for the design and management of irrigation systems and rational reasonable water. Thus, the aim of the present work was to determine the crop coefficient of the carrot (*Daucus carota* L.) through different mathematical models of the reference evapotranspiration in the Agreste alagoano. The experiment was performed in the experimental area of the Campus of the Federal University of Alagoas (UFAL), Arapiraca-AL, Brazil. Three lysimeters of drainage were used, installed on a bed with dimensions of 3.5 x 1.0 m in length and width, respectively, with a total area of 3.5 m². The K_c was obtained from the relationship between crop evapotranspiration (ET_c) and reference evapotranspiration (ET_o) estimated using the methods of Penman-Monteith-FAO (PM), Hargreaves-Samani (HS), Solar Radiation (SR), Blaney-Criddle (BC) and Priestley-Taylor (PT). The values of K_c obtained were K_{cPM} (0.61; 1.00; 1.26 and 0.99), K_{cHS} (0.63; 1.09; 1.27 and 0.94), K_{cSR} (0.65; 1.03; 1.36 and 1.06), K_{cBC} (0.69; 1.11; 1.52 and 118) and K_{cPT} (0.67; 1.08; 1.25 and 0.99) for the initial, growth, intermediate and final phases, respectively. In the absence of agrometeorological information to estimate ET_o by Penman-Monteith-FAO method, it is recommended to use the values obtained by Blaney-Criddle ET_o method.

Keywords: *Daucus carota*, lysimetry, climate data, irrigation management.

3 INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.), pertencente à família Apiaceae é originária do Sudoeste Asiático, região do Afeganistão (FILGUEIRA, 2008). É cultivada em larga escala nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Nordeste e Sul do Brasil (CARVALHO; SILVA; RESENDE, 2017). No Agreste alagoano, a produção de cenoura encontra condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, porém, sendo a água um recurso hídrico tão escasso e limitado nessa região, é indispensável o uso da irrigação a fim de se obter maiores incrementos na produtividade, uma vez que a precipitação é escassa ou irregular e a taxa de evapotranspiração é elevada (LUCENA et al., 2016).

A importância de identificar a quantidade e o momento correto de irrigação para a cenoura, assim como, para demais culturas, não é tarefa fácil, pois existem fatores, como as condições climáticas da região, balanço hídrico do solo e as características fisiológicas da planta devem ser considerados, visto que são importantes

no cálculo de lâminas de irrigação (CARVALHO; OLIVEIRA, 2012).

O manejo da irrigação depende principalmente do conhecimento da real necessidade da cultura, para isso, é de suma importância o uso do coeficiente de cultivo (K_c), o qual é obtido em função da evapotranspiração da cultura (ET_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o) e suas estimativas permitem determinar a quantidade de água a ser utilizada durante todas as fases de desenvolvimento da cultura (SILVA et al., 2018). É, portanto, um parâmetro essencial para o dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação e o uso racional da água (ALVES et al., 2017; DIVINCULA et al., 2019). Um dos métodos utilizados para determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c) é por meio de lisímetros, esses por sua vez, são considerados os principais equipamentos de medição direta da evapotranspiração e também na determinação do balanço hídrico, tendo como vantagens principais a promoção de estimativas confiáveis e leituras mais precisas. (MIRANDA et al., 2016).

O método de Penman- Monteith, parametrizado pela FAO (Organização para a Alimentação e Agricultura) (ALLEN et al., 1998), é recomendado para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀). Ele requer uma quantidade maior de elementos meteorológicos, que muitas vezes não estão disponíveis, ocasionando, assim, a busca por métodos de estimativa mais simples, que empreguem menor número de variáveis, como o de Hargreaves-Samani, da Radiação Solar, de Blaney-Cridle e de Priestley-Taylor (LUCENA et al., 2016).

Sendo assim, objetivou-se com o presente trabalho determinar o coeficiente de cultivo da cenoura através de diferentes modelos matemáticos da evapotranspiração de referência no Agreste alagoano.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na área experimental do Grupo Irriga, Campus de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) no município de Arapiraca-AL, com as seguintes coordenadas geodésicas (latitude 9° 45' 09" Sul, longitude 36° 39' 40" W e altitude de 264 metros). O clima na região é do tipo 'As' tropical, segundo a classificação de (KÖPPEN, 1949). A estação chuvosa inicia no mês de maio e se estende até a primeira quinzena de agosto, com precipitação pluvial média de 854 mm ano⁻¹, sendo os meses de maio a julho os mais chuvosos e setembro a dezembro os mais secos (XAVIER; DORNELLAS, 2010). O solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013).

Para determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c), foram utilizados três lisímetros de drenagem, construídos a partir de recipientes plásticos em formato circular com dimensões de 0,30 x 0,30 m de diâmetro

e profundidade respectivamente, que corresponde a uma área de 0,07 m². A instalação dos equipamentos iniciou-se com a escavação manual das trincheiras com dimensões de (0,50 x 0,50 m) sendo a retirada do solo efetuada em duas camadas de (0-15; 15-30 cm), à medida que essas camadas foram retiradas do solo, eram identificadas e armazenadas no local de uma forma que posteriormente pudessem ser reconstituídas as condições iniciais do solo.

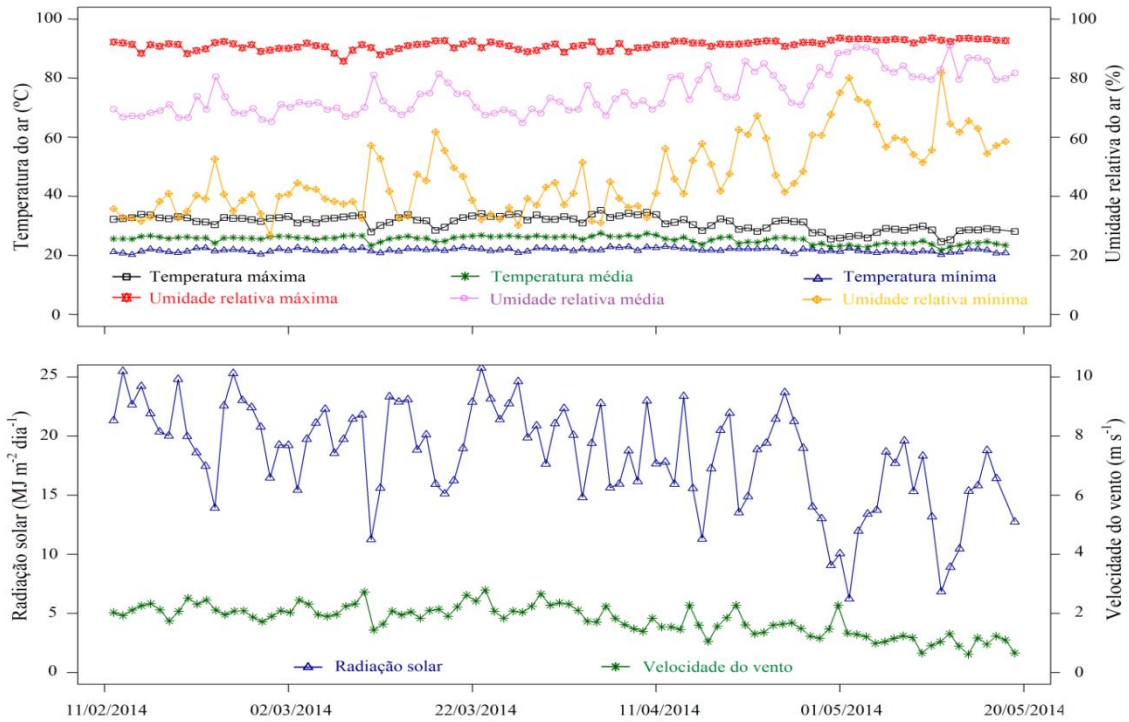
O experimento foi conduzido em um canteiro com dimensões de 3,5 x 1,0 m de comprimento e largura, respectivamente com área total de 3,5 m², onde foram instalados os três lisímetros de drenagem. O canteiro era composto por três linhas de plantas, espaçadas a 0,25 m. A instalação dos lisímetros procedeu-se na linha central que corresponde à 2ª linha. Para irrigação da área de cultivo da cenoura e fornecimento de água para o conjunto de lisímetros, foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com vazão de 1,0 L h⁻¹.

O plantio da cenoura (cultivar Brasília) foi realizado no dia 10 de fevereiro de 2014. Aos 30 dias após o plantio (DAP) foi realizado o desbaste de modo a espaçar as plantas a 5,0 cm entre si. Os lisímetros foram saturados durante 24 h e logo após os drenos foram abertos para a drenagem da água livre e desse modo o solo atingir a capacidade de campo, em seguida foi feito o plantio da cenoura e a primeira aplicação de água nos lisímetros.

4.2 Variáveis meteorológicas

A média das temperaturas mínima, média e máxima diária durante o período de cultivo foram de 21,80; 25,39 e 31,11 °C, respectivamente. A média das umidades relativas mínima, média e máxima corresponderam a 47,00; 75,08 e 91,29%, respectivamente. A média da velocidade do vento foi de 1,77 m s⁻¹ e a da radiação de 18,38 MJ m⁻² (Figura 1).

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.



4.3 Estimativa da Evapotranspiração de referência (ET_o)

Na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) foram utilizados os métodos de Penman-Monteith (padrão-FAO), de Hargreaves-Samani, da Radiação Solar, de Blaney-Cridle e de Priestley-

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T + 237} \right) U_2 (e_a - e_s)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que: 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

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

Taylor, a fim de fazer correlação entre o padrão-FAO e os demais.

4.3.1 Penman-Monteith

O modelo de Penman-Monteith (padrão-FAO) descrito por Allen et al. (1998), Equação 1:

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).

4.3.2 Hargreaves-Samani

O método de Hargreaves-Samani para estimativa da (ET_o) diária em mm dia⁻¹ (Equação 2) segundo Pereira, Vila Nova e Sediayama (1997):

Em que: ETo = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); Ra = Radiação extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); T_{med} = temperatura média diária ($^{\circ}\text{C}$); T_{max} = temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) e T_{min} = temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$).

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

Em que: ETo = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); a = coeficiente linear da reta ($a = -0,3 \text{ mm dia}^{-1}$); b = coeficiente angular da reta ($b_0 = 1,0656$; $b_1 = -0,0012795$; $b_2 = 0,044953$; $b_3 = -0,00020033$; $b_4 = -0,000031508$; $b_5 = -0,0011026$); W = índice de ponderação dependente da temperatura média, sendo: $W = 0,407 + 0,0145 T_{med}$ (para $0^{\circ}\text{C} < T_{med} < 16^{\circ}\text{C}$); $W = 0,483 + 0,01 T_{med}$ (para $T_{med} \geq 16^{\circ}\text{C}$); Rs = radiação solar de ondas curtas recebida pela superfície terrestre em um plano horizontal, expressa em equivalente de evaporação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); λ = calor latente de evaporação (MJ kg^{-1}); UR_{med} = umidade relativa média (%); U =

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

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

Em que: ETo = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); “A” e “B” = são coeficientes de ajuste (fator de correção), sendo: $a_0 = 0,0043$, $a_1 = -1,41$, $b_0 = 0,81917$, $b_1 = -0,0040922$, $b_2 = 1,0705$, $b_3 = 0,065649$, $b_4 = -0,0059684$ e $b_5 = -0,0005967$; 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 $270 \leq J \leq 330$; $C = 0,27$ para $91 < J < 120$, $210 < J < 270$, $J > 330$; $C = 0,28$ para $J \leq 91$, $151 \leq J \leq 210$ e $C = 0,29$ para $120 \leq J \leq 150$); T_{med} = Temperatura média do período ($^{\circ}\text{C}$); UR_{min} = Umidade relativa mínima do período (%); U_2 = velocidade do vento média à altura de

4.3.3 Radiação Solar

Para cálculo da estimativa da ETo pelo método da Radiação Solar, proposta apresentada por Doorenbos e Pruitt (1977), utilizou-se as Equações 3 e 4:

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

velocidade média do vento à altura de 2 m (m s^{-1}) e T_{med} = temperatura média ($^{\circ}\text{C}$).

4.3.4 Blaney-Criddle

Para determinar a estimativa da ETo por Blaney-Criddle, usou-se a versão de Doorenbos e Pruitt (1977) modificada por Frevert et al. (1983) de acordo com as Equações 5, 6 e 7, sendo o valor de “p tabelado” adaptado pelo coeficiente de latitude sul e época do ano (dia juliano), conforme Equação 8:

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

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

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

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

2 m (m s^{-1}); n/N = razão da insolação do período pelo fotoperíodo (horas), sendo: n = insolação (h) que, devido à ausência de medições em campo, considerou-se a equação de Angström-Prescott para sua estimativa e N = fotoperíodo (h).

4.3.5 Priestley-Taylor

O método físico de Priestley e Taylor (1972) desenvolvido na Austrália, utiliza a variável saldo de radiação (Rn) para estimar a ETo , considerando-a proveniente do termo aerodinâmico, ou seja, do poder evaporante do ar, sendo que uma percentagem da ETo é

condicionada por um termo energético baseado no método original de Penman. Assim, mesmo levando em consideração o balanço de energia, esse método apresenta um componente empírico (equação 9).

$$ETc = \alpha \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \left(\frac{Rn - G}{\lambda} \right) \quad (9)$$

Em que: ETo = 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 (kPa °C⁻¹); γ = coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹); Rn = saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹); G = fluxo de calor do solo (MJ m⁻² dia⁻¹), com G = 0 e λ = calor latente de evaporação (MJ kg⁻¹).

4.4 Determinação da evapotranspiração da cultura (ETc)

Para determinação da ETc da cenoura, foram realizadas aplicações de lâminas diárias de irrigação, sempre às 10:00 h da manhã, por meio de lisímetros de drenagem, mensurando a quantidade de água fornecida nos lisímetros e drenada o excedente. A ETc foi calculada por meio da metodologia descrita por Alves et al. (2017), Equação 10:

$$ETc = \frac{I + P - D}{A} \quad (10)$$

Em que: ETc = Evapotranspiração da cultura (L); P = Precipitação pluviométrica (L); I = Lâmina de água aplica por irrigação (L); D = Água drenada do lisímetro (L) e A = Área do lisímetro (m²).

4.5 Análise e comparação dos métodos de ETo

Para análise e comparação entre os métodos de ETo'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 correlação (r) e de determinação (r²) (JENSEN; BURMAN; ALLEN, 1990). O software estatístico RStudio[®] foi utilizado para as análises de correlação e regressão linear, e construir os seus respectivos gráficos entre os métodos de ETo analisados.

Foi determinado o índice de desempenho (c), calculado pelo produto entre o coeficiente de correlação de Pearson (r) e o 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 obter-se 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 encontrados para “r” e “c” foram classificados conforme Willmott et al. (1985).

4.6 Coeficiente de cultivo (Kc)

A partir dos valores da ETo e da evapotranspiração da cultura (ETc), foram determinados os coeficientes de cultivo para cada balanço hídrico nas condições experimentais através da relação entre a ETc, obtida pelo balanço de água nos lisímetros, e a ETo (Equação 11). Foi determinado um valor de Kc para cada fase fenológica da cultura cenoura.

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

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

Para efeito do cálculo dos coeficientes de cultivo da cenoura (valores médios), o ciclo da cultura foi dividido em

quatro fases fenológicas, definidas de acordo com a metodologia de Doorenbos e Pruitt (1975), da seguinte forma: fase inicial (0 a 20 dias); II) fase de crescimento (21 a 50 dias); III) fase intermediária (51 a 80 dias) e IV) fase final (81 a 99 dias).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

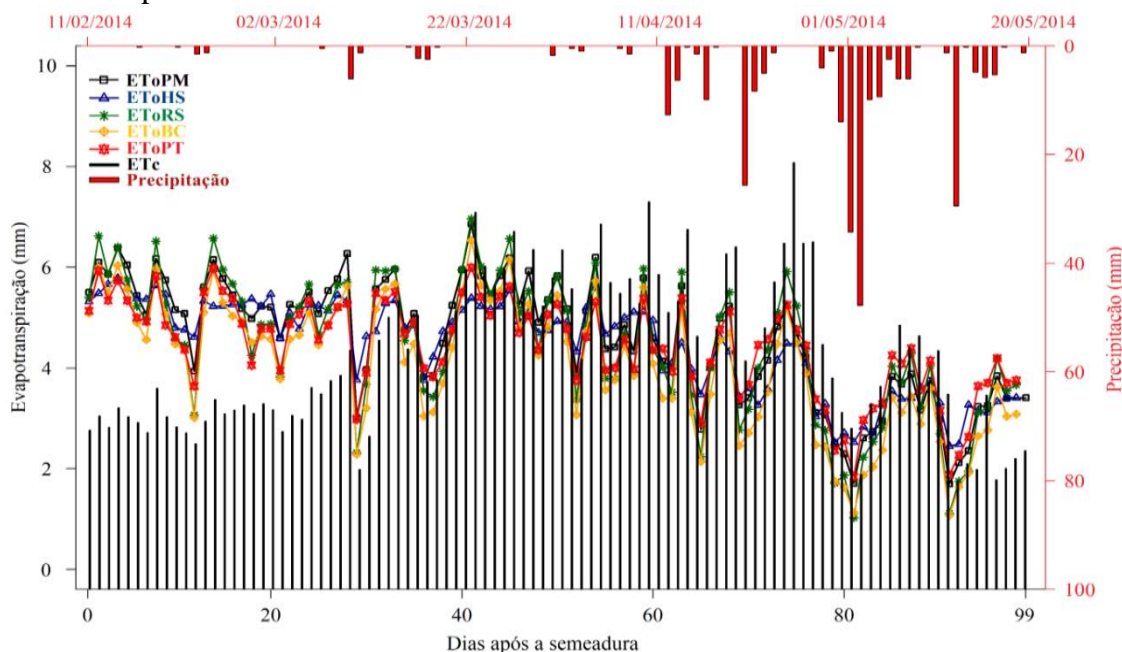
5.1 ETo e ETc no cultivo da cenoura

A estimativa da ETo pelos métodos de Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Radiação Solar, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor, a ETc e a distribuição pluviométrica para o período de 11 de fevereiro a 20 de maio de 2014, encontram-se na Figura 2. Observa-se que os valores da ETo estimados pelo método padrão-FAO de Penman-Monteith variaram entre 1,69 mm dia⁻¹ e 6,86 mm dia⁻¹ para o dia 12 de maio e 23 de março, respectivamente, apresentando um valor médio de 4,58 mm dia⁻¹. Observou-se que durante todo o ciclo da cultura a ETo estimada pelos métodos da Radiação Solar e Priestley-Taylor tiveram maiores semelhanças ao método padrão-FAO (Penman-Monteith), o primeiro superestimando-a no início do ciclo (com

diferença entre as ETo's totais de 13,89 mm, e o segundo no final do ciclo (com uma diferença de 15,89 mm). O método de Hargreaves-Samani superestimou o método padrão-FAO apresentando a menor diferença em todo o ciclo (13,88 mm entre as ETo's). Já o método de Blaney-Criddle teve a maior diferença com o método padrão-FAO (50,70 mm), subestimando-a em todo o ciclo.

O método de Penman-Monteith (padrão-FAO) teve menor valor máximo para ETo do que o método Radiação Solar e maior valor mínimo do que Hargreaves-Samani, sendo que o valor médio e o valor total da ETo foram superiores a todos os demais métodos, indicando, assim, que se tiver que usar qualquer um dos demais métodos, serão necessários ajustes equacionais (Figura 2). Os métodos de estimativa da ETo que utilizam apenas a temperatura do ar como variável climática limitam a representatividade das condições climáticas para efeito de estimativas da evapotranspiração de referência, pois conforme as condições de umidade e vento, a demanda hídrica atmosférica será diferente para os mesmos valores de temperatura do ar (CONCEIÇÃO, 2003).

Figura 2. Evapotranspiração: de referência (ETo) estimados pelos métodos de Penman-Monteith (EToPM); de Hargreaves-Samani (EToHS); de Radiação Solar (EToRS); de Blaney-Criddle (EToBC); de Priestley-Taylor (EToPT) e da cultura da cenoura (ETc) e distribuição pluviométrica (precipitação) no período de condução do experimento.



A evapotranspiração da cultura (ETc) da cenoura, cultivar Brasília, no Agreste alagoano foi de 425,45 mm (Tabela 2). Valores próximos dos encontrados por Rocha (2003), que registraram uma ETc de 466,92 mm para a cultura da cenoura (cultivar Brasília) em Viçosa, Minas Gerais. Na mesma região do presente estudo e com semelhante período pluviométrico, Silva et al. (2018) obteve consumo hídrico, medido com lisímetros de drenagem, de 421,00 mm para a cenoura (ciclo de 91 dias). Já Santos et al. (2009), nas condições edafoclimáticas do Agreste de Pernambuco, registraram um consumo médio hídrico da cultura da cenoura muito superior ao observado no presente estudo, cujo valor foi de 811,84 mm para um ciclo de 98 dias, esse alto valor pode ser explicado devido à alta ETo no período de cultivo, que apresentou maior escassez de chuva, condições climáticas que diferem das encontradas no período de realização deste trabalho (Figura 2).

Inicialmente, foram verificadas pequenas variações na demanda de água pela cultura, com valores sempre inferiores a EToPM durante os primeiros 30 dias após a semeadura (DAS), visto que neste período ocorre maior perda por evaporação devido ao percentual mínimo de cobertura do solo. Após 30 DAS, observou-se um aumento gradativo do consumo, com valores próximos da EToPM e superando-a após 50 DAS (Figura 2). Aos 50 DAS ocorre a fase de crescimento vegetativo e floração, nesse período a planta apresenta maior quantidade de folhas, aumentando, conseqüentemente, a área de cobertura do solo, dessa forma a perda de água pelo sistema ocorre principalmente pelo processo de transpiração, diferentemente da fase inicial, na qual o processo se dá principalmente por evaporação, voltando a diminuir após 90 DAS (fase de frutificação) (Figura 2). Segundo Bezerra e Mesquita (2000), a variação no consumo de água, em termos de ETc, verificada durante o desenvolvimento

da cultura pode ser associada unicamente às variações das condições climáticas.

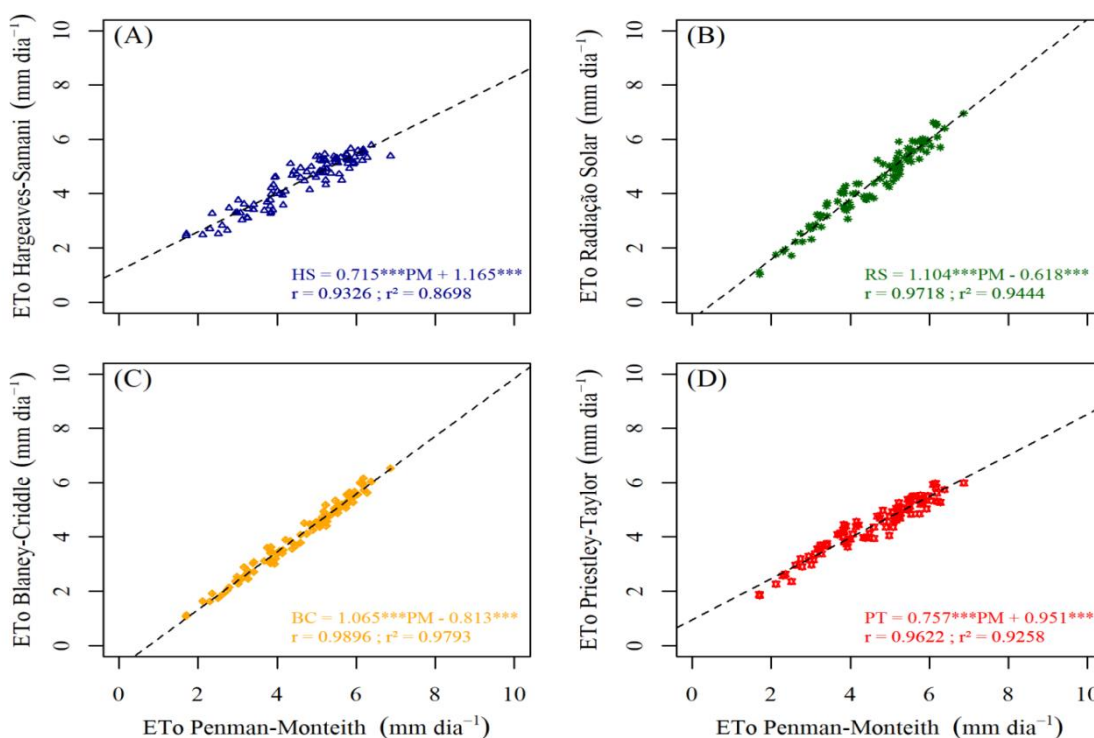
É importante destacar que neste período ocorreram os maiores índices de precipitações pluviométricas, com maior chuva de 47,75 mm (02/05/2014) e total de 277,11 mm. Ainda se pode observar que as maiores ETo e ETc ocorreram no início (último mês do verão), diminuindo com o início do outono e do período das chuvas na região semiárida.

5.2 Análise e comparação entre os métodos de evapotranspiração de referência (ETo)

A Figura 3 apresenta a análise de correlação realizada através da comparação entre os métodos Hargreaves-Samani, Radiação Solar, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor com o método padrão de Penman-Monteith

usados para o cálculo da ETo durante o período de cultivo da cenoura. Observando os resultados, verifica-se que os coeficientes angulares das retas obtidas pelas equações de ETo Hargreaves-Samani x ETo Penman-Monteith e ETo Priestley-Taylor x ETo Penman-Monteith apresentaram valores menores que 1 (a ~ 0,7), indicando que os valores contidos na ETo Penman-Monteith são superiores aos encontrados nos métodos de Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor (Figuras 3A e 3D). Já os coeficientes angulares das equações obtidas pelas correlações da ETo Radiação-Solar x ETo Penman-Monteith e ETo Blaney-Criddle x ETo Penman-Monteith apresentam valores superiores bem próximos a 1, indicando que os valores de ETo 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).



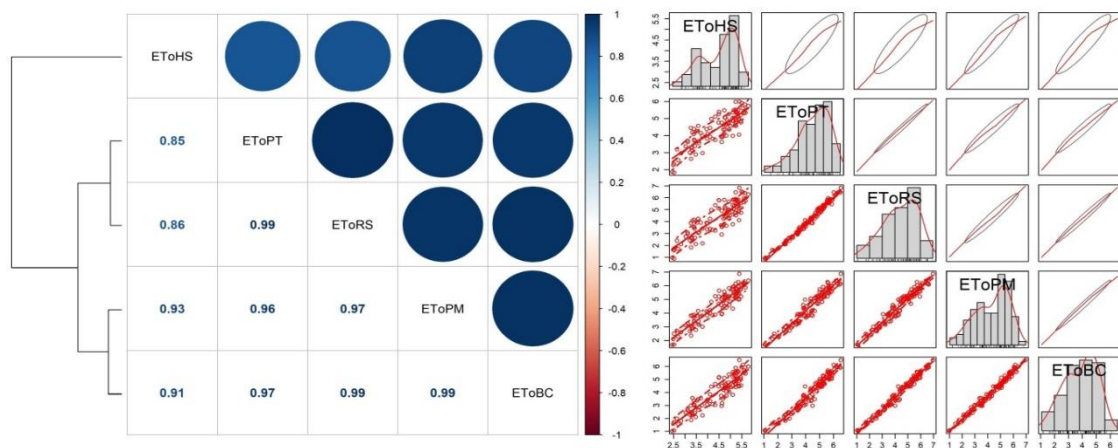
*** significativo ao nível de 0,01% pelo teste F.

Silva et al. (2018) avaliaram o coeficiente de cultura da cenoura no Agreste alagoano e encontraram valores de coeficientes angulares das retas semelhantes aos desta pesquisa, ao compararem os mesmos métodos de ETo aqui analisados, os autores obtiveram coeficientes angulares maiores que 1 para os métodos Radiação Solar, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor (sendo o último com valores bem próximo a 1) e menor que 1 para o método de Hargreaves-Samani. Semelhantemente, Santos et al. (2020), pesquisando o manejo de irrigação da pimenta malagueta na região Agreste de Alagoas, realizaram correlações com os mesmos métodos de ETo estudados nesta pesquisa, encontrando valores de coeficientes angulares das retas menores que 1 (subestimando) para os métodos

Hargreaves-Samani e Priestley-Taylor ($a \approx 0,6$) e valores maiores que 1 para os métodos Radiação-Solar e Blaney-Criddle. Portanto, verifica-se que os valores de ETo apresenta correlação entre os métodos, mesmo tendo sido analisados em épocas de cultivo distintas.

A Figura 4 apresenta a avaliação e a qualidade do ajuste, observados pela correlação entre os valores de ETo para os métodos Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Radiação Solar, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor, por meio da análise hierárquica de Cluster, coeficiente de correlação, dispersão, regiões de confiança, histograma, estimativa de densidade e elipses.

Figura 4. Agrupamento de Clueter, coeficiente de correlação, dispersão, regiões de confiança, histograma, estimativa de densidade, elipses dos valores da ETC (mm dia^{-1}) e ETo pelos métodos de Penman-Monteith, de Hargreaves-Samani, da Radiação Solar, de Blaney-Criddle e de Priestley-Taylor.



A previsão das métricas de correlação demonstram que o agrupamento de cluster indica que a melhor correlação encontrada entre os métodos foi entre Radiação Solar e Priestley-Taylor ($r^2 = 98,25\%$), seguida de Penman-Monteith (padrão-FAO) e Blaney-Criddle ($r^2 = 97,91\%$). Já Hargreaves-Samani ficou distante e isolado dos demais métodos, indicando que o método seria a última opção

de correlação. Os pontos dispersos juntamente com a linha de tendência, a região de confiança e as elipses indicam que os valores observados têm forte correlação positiva entre os valores dos métodos da ETo, confirmando os resultados obtidos com o agrupamento de cluster.

Na pesquisa realizada no Agreste alagoano por Santos et al. (2016), constatou-se que a estimativa pelo método de

Hargreaves-Samani foi menor do que pelo método de Penman-Monteith. Já no estudo desenvolvido no Ceará por Lima Junior et al. (2016), verificou-se que o método de Hargreaves-Samani subestima a ETo em relação à do método padrão-FAO de Penman-Monteith. Tagliaferre et al. (2010) observaram que o método de Priestley-Taylor subestimou os valores de evapotranspiração obtidos pelo método padrão-FAO para as condições climáticas do Município de Eunápolis- BA. Enquanto, no trabalho desenvolvido por Moura et al. (2013), em Vitória de Santo Antão-PE,

observou-se uma superestimativa do método de Blaney-Criddle em relação ao método padrão-FAO de Penman-Monteith.

Observa-se que os valores de EPE e EPEa foram menores que 0,55, indicando uma boa correlação entre os métodos de ETo Hargreaves-Samani, Radiação Solar, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor e o padrão-FAO (Penman-Monteith) (Tabela 1). Similarmente, os coeficientes de determinação (r^2) e correlação (r) e os índices de concordância (d) e desempenho (c) foram classificados como bons.

Tabela 1. Erro padrão de estimativa (EPE) e da estimativa ajustado (EPEa), coeficientes de determinação (r^2) e 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	0,4981	0,3737	0,8720	0,9338	0,9435	0,8811
EToRS	0,3697	0,1860	0,9452	0,9722	0,9789	0,9517
EToBC	0,5524	0,5200	0,9792	0,9895	0,9529	0,9429
EToPT	0,4214	0,3354	0,9274	0,9630	0,9612	0,9257

Silva et al. (2018), estudando na mesma região do presente estudo, observaram que a correlação da ETo do método de Hargreaves-Samani com padrão-FAO (Penman-Monteith) apresentou valores altos do EPE e do EPEa, com baixos valores dos coeficientes de correlação (r) e determinação (r^2), também apresentou desempenho sofrível (d ; c). Para o método da Radiação Solar foram encontrados altos valores de coeficientes de correlação (r) e de determinação (r^2), sendo o método classificado como de desempenho bom, mas para os erros (EPE e EPEa), foram encontrados valores elevados, o que indica que o método não foi adequado para a região e período de estudo. Já para o método de Blaney-Criddle, foi encontrado altos valores dos coeficientes de correlação (r) e de determinação (r^2), sendo o método classificado como de desempenho muito bom para os valores de “ d ” e de “ c ”. No

entanto, os autores afirmam que os maiores valores de coeficientes de correlação (r) e de determinação (r^2) foram obtidos pelo método de Priestley-Taylor em relação aos do método de Penman-Monteith e houve razoável precisão (r), assim como a exatidão (d), com os menores valores de EPE e EPEa, demonstrando ser esse o método que mais se aproxima do padrão-FAO.

Santos et al. (2020) encontraram valores altos de EPE, EPEa e coeficientes de correlação (r) e determinação (r^2) para a relação entre os métodos de Hargreaves-Samani e Penman-Monteith e desempenho bom (d ; c), indicando que as estimativas dos valores de ETo obtidas por este método é preciso para estimar a ETo para época e região de estudo. Este resultado pode ser explicado pela condição favorável para influenciar nos parâmetros de ajustamento do método de Hargreaves-Samani, embora este método não seja recomendado para

regiões áridas. 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 os métodos classificados, com índice de desempenho muito bom e bom, respetivamente. Porém, quando analisados os erros, EPE e EPEa, foram encontrados valores elevados, o que indica que os métodos não são adequados para a região e período de estudo.

5.3 Coeficiente de cultivo (Kc)

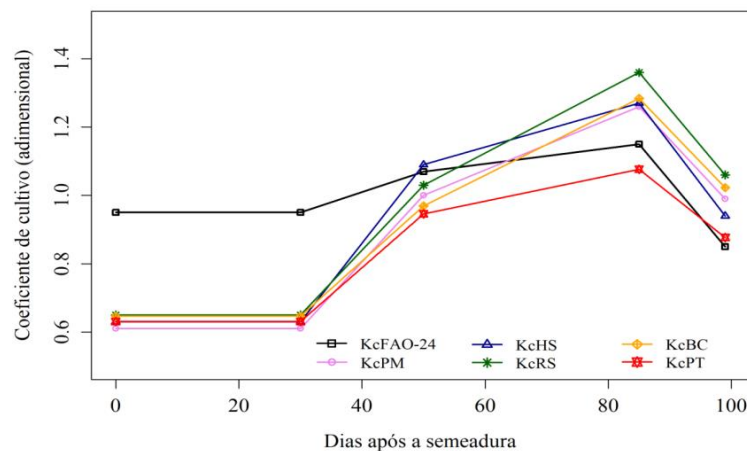
Na Tabela 2 e Figura 5, encontram-se os valores de Kc ao longo do ciclo fenológico da cultura, obtidos pela razão da ETC (lisimetria) e estimativa da ETo pelos métodos de: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Radiação Solar, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor. Nos ensaios de Silva et al. (2018), os valores de Kc obtidos na fase inicial foram semelhantes para todos os métodos, sendo encontrados os valores de: 0,46; 0,49; 0,44; 0,46 e 0,46, para, respectivamente, os métodos de Penman-Monteith (FAO-56), Hargreaves-Samani, Radiação Solar, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor, sendo os valores de Kc distintos nas demais fases e superiores ao deste estudo.

Tabela 2. Fases e os seus respectivos Kc's para a cultura da cenoura proposto pela FAO-24 e determinados por meio da razão ETC_(lisimétrica) pelos métodos de ETo Penman-Monteith (KcPM), de Hargreaves-Samani (KcHS), da Radiação Solar (KcRS), de Blaney-Criddle (KcBC) e de Priestley-Taylor (KcPT).

FASE	DAT	KcFAO	KcPM	KcHS	KcRS	KcBC	KcPT
I	1 – 30	0,95	0,61	0,63	0,65	0,69	0,67
II	31 – 50	1,07	1,00	1,09	1,03	1,11	1,08
III	51 – 85	1,15	1,26	1,27	1,36	1,52	1,25
IV	86 – 99	0,85	0,99	0,94	1,06	1,18	0,99

Fase: I= semeadura à germinação; II= desenvolvimento da cultura; III= formação das raízes e IV= maturação.

Figura 5. Kc da cultura da cenoura proposto pela FAO-24 e estimado pelos métodos da ETo de Penman-Monteith (KcPM), de Hargreaves-Samani (KcHS), da Radiação-Solar (KcRS), de Blaney-Criddle (KcBC) e de Priestley-Taylor (KcPT).



O Kc obtido pela relação da ETc (Lisimetria) e ETo (padrão-FAO, Penman-Monteith) apresentaram valores mais confiáveis que os encontrados por Silva et al (2018), que desenvolveram ensaios na UFAL, região Agreste de Alagoas, e através da relação entre a ETc (lisimetria de drenagem) e a ETo (Penman-Monteith), encontraram valores de Kc para cenoura de 0,46 (constante) para os primeiros 30 DAS (da sementeira à germinação); de 0,46 a 1,31 dos 30 aos 45 DAS (desenvolvimento da cultura); 1,31 (constante) dos 45 aos 80 DAS (formação das raízes), e finalizando com Kc decrescente de 1,31 a 1,09 dos 80 aos 90 DAS (fase de maturação e colheita).

Observa-se que os coeficientes de cultivo estimados pelos métodos deste estudo foram inferiores somente na fase inicial e no início da fase do desenvolvimento da cultura quando comparados aos valores propostos pela FAO-24, se assemelhando no final da fase de desenvolvimento da cultura e superiores nas fases de formação das raízes e maturação, ocorrendo variação dos valores de Kc para cada fase fenológica, em função do método avaliado. Silva et al. (2018) afirmam que essas fases de crescimento, desenvolvimento e formação das raízes 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.

As diferenças nas estimativas dos Kc's obtidos neste estudo e os sugeridos pela FAO-24 estão associadas ao efeito de advecção horizontal de calor, observados na área em que foi desenvolvido este estudo, o mesmo ocorre quando uma área úmida é circuncidada por uma área seca, com isso o transporte de energia da área seca para a úmida contribui para o aumento da

evapotranspiração. Os efeitos de advecção associados à demanda evaporativa da região influenciaram de forma significativa na evapotranspiração da cultura e, conseqüentemente, nos respectivos Kc's, o que torna necessário o ajuste desse parâmetro para cada localidade de estudo.

Ao comparar os coeficientes de cultivo estimados pelos métodos empíricos, nota-se que os valores obtidos pelos métodos empíricos estiveram próximos nas duas primeiras fases, porém o KcPM foi o menor dos métodos na primeira fase, e nas outras três fases, o KcPT foi o menor. Já na segunda fase, o KcPM foi menor do que os KcHS e KcRS que, por sua vez, na terceira e quarta fase foram menores do que os KcRS e KcBC. Essas diferenças podem ser explicadas pelas estimativas dos distintos métodos de ETo, já que o método de Penman-Monteith emprega um maior número de variáveis tendo como base: temperatura do ar, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar, o que torna sua estimativa mais confiável.

Os diferentes resultados obtidos, denotam que os valores de coeficiente de cultivo variam de acordo com o método utilizado nas estimativas tanto da ETc como da ETo e principalmente com as condições edafoclimáticas peculiar de cada região. Em regiões áridas como a do local deste estudo, mínimas variações na velocidade do vento proporcionam grandes variações na taxa de evapotranspiração, pois o vento remove o vapor de água do ar junto às plantas, favorecendo o aparecimento de um gradiente de pressão de vapor aumentando o poder evaporante no local.

Essas diferenças encontradas podem ser implicadas de maneira direta com o manejo da irrigação e uso racional da água, pois a utilização dos Kc's obtidos pelos métodos empíricos resultará em aplicações de lâminas de irrigação em maior ou menor quantidade, tendo em vista que todos apresentaram em algumas fases valores próximos e em outras fases valores distintos.

O uso dos kc's obtidos pelo método de Penman-Montheith resultará em maior aplicação de água para atender as necessidades hídricas das culturas, todavia se forem empregados os kc's obtidos pelos demais métodos poderá ser aplicada uma lâmina de água maior ou menor à necessária para o atendimento das necessidades hídricas da cultura.

No estudo desenvolvido na região do Alto Parnaíba-MG, Oliveira et al. (2003) obtiveram como Kc da cultura da cenoura, os valores de: 1,15 (fase inicial), 1,12 (fase de crescimento), 1,12 (fase intermediária) e 1,10 (fase final). A região estudada pelos autores difere bastante das condições da área de estudo deste trabalho, comparando os resultados desse estudo com os encontrados neste trabalho, observam-se diferenças em todas as fases (Tabela 2). Santos et al. (2009) obtiveram valores de Kc (lisimetria) para a

cultura da cenoura no Agreste de Pernambuco de 1,08-1,16 na fase inicial, 1,41-1,52 na fase de crescimento, 1,43-1,55 na fase intermediária e 1,40-1,52 na fase final, esses valores são superiores aos encontrados no presente estudo (Tabela 2). Dessa forma, percebe-se que fatores ambientais podem influenciar nas fases de Kc no cultivo da cenoura.

Trabalhando com a cultura da cenoura (cultivar Brasília) nas condições edafoclimáticas da região do Alto Parnaíba, Rocha (2003) obteve valores de Kc de 1,07, 1,14, 1,10 para os estádios de desenvolvimento II, III e IV, respectivamente. Esses resultados são semelhantes aos encontrados para alguns dos métodos empregados neste estudo para fases de desenvolvimento, formação das raízes e maturação (Tabela 2).

método padrão-FAO para região do Agreste alagoano, recomendam-se os valores de Kc de 0,69; 1,11; 1,52 e 1,18, obtidos pelo método de ETo de Blaney-Cridde, com o uso da equação de ajuste obtida pela correlação entre as EToBC e EToPM.

6 CONCLUSÃO

O Kc da cenoura, recomendado para a região do Agreste alagoano no final da época seca e início da época chuvosa, é de 0,61 (fase inicial); 1,00 (fase de crescimento); 1,26 (fase intermediária) e 0,99 (fase final), obtidos pela ETo estimada pelo método padrão-FAO;

Na ausência de informações agrometeorológicas para estimar a ETo pelo

7 AGRADECIMENTOS

Ao Grupo Irriga (Grupo de Pesquisa e Extensão em Manejo de Água para Irrigação).

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p.

ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. 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, 2017.

BEZERRA, F. M. L.; MESQUITA, T. B. Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultura do pimentão cultivado em lisímetro de drenagem. **Congresso brasileiro de olericultura**, Recife, v. 8, n. 1, p. 617-618, 2000.

CARVALHO, A. D. F.; SILVA, G. O.; RESENDE, F. V. Adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelo método REML/ BLUP. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 35, n. 1, p. 69-74, 2017.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Viçosa: UFV, 2012. 68 p.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Estimativa da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Serra Talhada, v. 11, n. 2, p. 229-236, 2003.

DIVINCULA, J. S.; SILVA, C. B.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, D. P.; SANTOS, L. W. Crop coefficient and water requirement of prickly pear in the agreste region of Alagoas state, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grade, v. 23, n. 1, p. 925-929, 2019.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements: Revised**. Roma: FAO, 1975. 144 p.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FREVERT, D. K.; HILL, R. W.; BRAATEN, B. C. Estimation of FAO evapotranspiration coefficients. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 109, n. 2, p. 265-270, 1983.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements**. New York: The American Society of Civil Engineers, 1990. 332 p.

KÖPPEN, W. **Climatologia: conune studio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1949. 478 p.

LIMA JUNIOR; ARRAES, F. D. D.; OLIVEIRA, J. B.; NASCIMENTTO, F. A. L.; MACÊDO, K. G. Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 1, p. 447-454, 2016.

LUCENA, F. A. P.; SILVA, E. M.; RIBEIRO, A. A.; SIMEÃO, M.; LUCENA, J. P. A. P. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência no município de Bom Jesus, PI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 1, p. 663-675, 2016.

- MIRANDA, W. L.; CARVALHO, L. G.; CASTRO NETO, P.; SANTOS, P. A. B. Utilização de lisímetro de drenagem para obtenção de Kc da mamoneira em plantio adensado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 1, p. 8-13, 2016.
- MOURA, A. R. C.; MONTENEGRO, S. M. L.; ANTONINO, A. C. D.; AZEVEDO, J. R. G.; SILVA, B. B.; OLIVEIRA, L. M. M. Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no estado de Pernambuco – Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2013.
- OLIVEIRA, R. A.; ROCHA, I. B.; SEDIYAMA, G. C.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; SILVEIRA, S. F. R. Coeficientes de cultura da cenoura nas condições edafoclimáticas do Alto Paranaíba, no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grade, v. 7, n. 2, p. 280-284, 2003.
- PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros, 1997. 183 p.
- PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 100, n. 1, p. 81-92, 1972.
- ROCHA, I. B. **Produção da cenoura (*Daucus carota* L.) irrigada nas condições edafoclimáticas da região do Alto Parnaíba**: Avaliação econômica e determinação do coeficiente de cultura. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- SANTOS, C. S.; SANTOS, D. P.; OLIVEIRA, W. J.; SILVA, P. F.; SANTOS, M. A. L.; FONTENELE, A. J. P. B. Evapotranspiração de referência e coeficiente de cultivo da pimenteira no Agreste Alagoano. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 1, p. 883-892, 2016.
- SANTOS, F. X.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, J. R.; SOUZA, E. R. Determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 304-310, 2009.
- SANTOS, M. A. L.; SANTOS, D. P.; SANTOS, C. G.; SILVA, J. V.; COSTA, R. H.; SANTOS, S. B. T. Manejo da irrigação da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 40954-40969, 2020.
- SILVA, J. C.; SILVA, C. B.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L.; OLIVEIRA, W. J.; REIS, L. G. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da cenoura irrigada no agreste alagoano. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 4, p. 297-305, 2018.
- TAGLIAFERRE, C.; JESUS SILVA, R. A.; ROCHA, F. A.; COSTA SANTOS, L.; SILVA, C. D. S. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis-BA. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 103-111, 2010.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; ROWE, C. M.; O'DONNELL, J. Statistics for evaluation and comparisons of models. **Journal of Geophysical Research**, Hoboken, v. 90, n. 1, p. 8995-9005, 1985.

XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C. Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, região Agreste de Alagoas. **Geografia**, Bela Vista, v. 14, n. 2, p. 49-64, 2010.