

## **ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ATRAVÉS DOS MÉTODOS PENMAN-MONTHEITH E DE HARGREAVES-SAMANI NA REGIÃO AGRESTE DO ESTADO DE ALAGOAS**

S. B.T. SANTOS<sup>1</sup>; J. C. SILVA<sup>2</sup>; D. F. LIMA<sup>2</sup>; C. B. SILVA<sup>2</sup>; D. P. SANTOS<sup>3</sup>; M. A. L. SANTOS<sup>4</sup>.

**RESUMO:** O objetivo da pesquisa foi determinar a Evapotranpiração de Referência através dos métodos de Penman-Monteith e de Hargreaves-Samani na região Agreste do estado de Alagoas. Os dados foram coletados da estação do INMET em Arapiraca, estes foram tabulados em planilhas do Excel, para aplicação nas equações citadas. Assim foram construídos gráficos para comparativo entre métodos. Assim o método de Hargreaves-Samani superestimou o método de Penman-Monteith durante todo período analisado.

Palavras-Chave: Radiação Solar; Temperatura; velocidade do vento.

## **ESTIMATE EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE THROUGH METHODS PENMAN-MONTHEITH AND HARGREAVES-SAMANI IN THE REGION OF AGRESTE ALAGOAS STATE**

**ABSTRACT:** The objective of the research was to determine the Reference Evapotranpiração by the methods of Penman-Monteith and Hargreaves-Samani in the Agreste region of the State of Alagoas. Data were collected from INMET season in Arapiraca, these were tabulated on Excel spreadsheets, for use in the aforementioned equations. So they were built charts for comparison between methods. So the Hargreaves-Samani method overestimated the Penman-Monteith method throughout the period.

Keywords: Solar radiation; temperature; wind speed.

## **INTRODUÇÃO**

A evapotranspiração é um processo simultâneo de perda de vapor de água, desde evaporação da água do solo passando pelo processo transpiratório das plantas. Muitos são os fatores que interferem no processo de evapotranspiração, sendo estes fatores ligados à planta, ao solo e ao clima. A temperatura do ar, precipitação, velocidade do vento, a radiação solar, a

---

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, CEP: 57309-005, Arapiraca, AL. Fone (82) 9621-2645. e-mail: barbosa\_samuel@hotmail.com.

<sup>2</sup> Graduandos em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, *Campus* de Arapiraca, Arapiraca, AL.

<sup>3</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Universidade Federal de Alagoas, *Campus* de Arapiraca, Arapiraca,AL.

umidade relativa do ar são elementos climáticos que interferem nos valores da ETo. A evapotranspiração de referência é considerada por SILVA (2005) como informação preciosa no manejo da água, permitindo assim o conhecimento do consumo hídrico das culturas.

Ela tanto pode ser determinada quanto estimada, no primeiro caso, faz-se uso de lisímetro, equipamentos que permite determinar de forma direta a ETo, através do balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera. Após rigorosas avaliações, verificaram que o método de Penman-Monteith modificado, introduzido pela FAO, é o que apresentava melhores estimativas nos diferentes tipos de climas testados, sendo por isso, desde então, recomendado como o método padrão para a estimativa da evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998). O mesmo também tem proposto que quando os dados não são suficientes para calcular a evapotranspiração de referência pelo método de PM FAO-56, então o método de Hargreaves (denominado como HG) pode ser utilizado. O objetivo do presente trabalho é determinar a Evapotranspiração de Referência através dos métodos de Penman-Monteith e de Hargreaves-Samani na região Agreste do estado de Alagoas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado utilizando-se dados da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referente ao mês de outubro de 2013. A estação está localizada no município de Arapiraca no agreste alagoano, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude: 9°45'00" Sul, longitude: 36°05' Oeste e altitude 264 m. O clima local é do tipo As segundo a classificação de Köppen, sendo caracterizado como tropical com estação seca. Os dados meteorológicos foram utilizados na análise comparativa dos métodos empíricos: Penman-Monteith e Hargreaves-Samani.

Método de Penman-Monteith (indicado pela FAO):

$$ETo = \frac{\delta}{\delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \frac{(Rn - G)}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \frac{900}{T + 273,15} U_2 \quad (1)$$

Em que:

ETo = evapotranspiração de referência, mm d<sup>-1</sup>;

δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa °C<sup>-1</sup>;

λ = calor latente de evaporação, MJ kg<sup>-1</sup>.

Rc = resistência do dossel da planta, s m<sup>-1</sup>;

ra = resistência aerodinâmica, s m<sup>-1</sup>;

Rn = saldo de radiação à superfície, kJ m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>;

$G$  = fluxo de calor no solo,  $\text{kJ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ;

$\gamma$  = constante psicrométrica,  $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;

$T$  = temperatura média do ar,  $^\circ\text{C}$ ;

$U_2$  = velocidade do vento a 2 m de altura,  $\text{m s}^{-1}$ ;

900 = fator de transformação de unidades,  $\text{kJ}^{-1} \text{kg K}$ .

Os componentes desta equação podem ser obtidos conforme descrito a seguir:

Pressão de saturação de vapor ( $e_s$ ):

$$e_s = \frac{e^\circ(T_{\max}) + e^\circ(T_{\min})}{2} \quad (2)$$

Em que:

$T_{\max}$  = temperatura máxima do ar,  $^\circ\text{C}$ ;

$T_{\min}$  = temperatura mínima do ar,  $^\circ\text{C}$ ;

$e^\circ(T)$  = pressão de saturação de vapor média,  $\text{kPa}$ ;

$$e^\circ(T) = 0,6181 \exp \frac{17,27 T}{T + 273,3} \quad (3)$$

Declividade da curva de pressão de vapor ( $\delta$ ):

$$\delta = \frac{4098 e_s}{(T + 237,3)} \quad (4)$$

Calor latente de evaporação ( $\lambda$ ) T:

$$\lambda = 2,501 - 2,361 \times 10^{-3} T \quad (5)$$

Constante psicrométrica ( $\gamma$ ):

$$\gamma = 0,0016286 \frac{P}{\lambda} \quad (6)$$

Em que:  $P$  [ $\text{kPa}$ ] é pressão atmosférica à altitude  $Z$  [ $\text{m}$ ], calculada pela equação:

$$P = 101,3 \left( \frac{293 - 0,0065 Z}{293} \right)^{5,25} \quad (7)$$

Pressão atual de vapor ( $e_a$ ):

$$e_a = e^\circ(T_w) - 0,0008 (T_d - T_w) \quad (8)$$

Método de Hargreaves-Samani:

$$ET_o = 0,0023 R_n (T + 17,8) \sqrt{T_{\max} - T_{\min}} \quad (9)$$

Em que:

$E_{To}$  = evapotranspiração de referência,  $\text{mm d}^{-1}$ ;

$R_a$  = saldo de radiação,  $\text{mm d}^{-1}$ ;

$T$  = temperatura média diária,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{\text{max}}$  = temperatura máxima,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{\text{min}}$  = temperatura mínima,  $^{\circ}\text{C}$ .

A determinação de  $R_a$  é feita pela equação 10:

$$(R_n = 37,586 d_r (\omega_s \sin \phi \sin \sigma_s + \cos \sigma_s \sin \omega_s)) \quad (10)$$

Em que:

$d_r$  = distância relativa Terra-Sol [rad];

$\omega_s$  = ângulo horário do pôr-do-sol [rad];

$\phi$  = latitude do lugar [rad];

$\delta_s$  = declinação solar [rad].

A determinação de  $d_r$  é feita de acordo com a equação:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (11)$$

$J$  é o número do dia do ano.

Para valores mensais,  $J$  pode ser determinado como:

$$J = \text{inteiro}(30,42 M - 15,23) \quad (12)$$

Em que  $M$  é o número do mês (1 a 12).

A equação a seguir estima o ângulo horário do pôr-do-sol.  $\text{Arccos}$

$$\omega_s = \arccos(\tan \phi \tan \sigma_s) \quad (13)$$

OBS: Na equação 12, para o Hemisfério Norte a latitude tem sinal positivo e, para o Hemisfério Sul, tem sinal negativo.

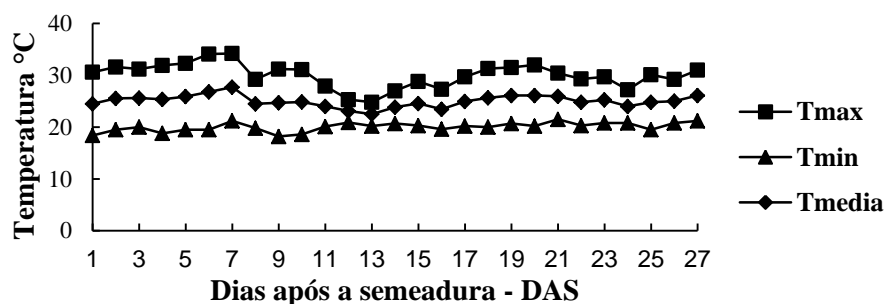
A declinação solar é determinada pela equação:

$$\delta_s = 0,4093 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,405\right) \quad (14)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

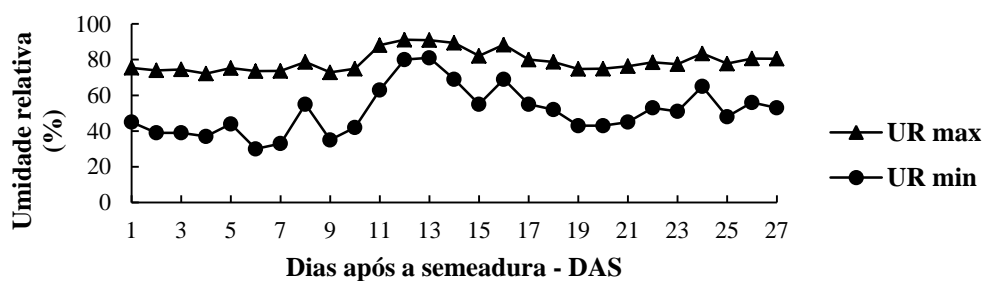
A figura 1 e 2 destaca os dados das temperaturas (máximas, médias e mínimas) e Umidade (máxima e mínima). Observa-se que a máxima temperatura deste período encontra-se aos 7 dias após a semeadura, chegando aos  $34^{\circ}\text{C}$ .

Figura 1: Temperaturas máximas, médias e mínimas referentes ao período de 01 a 27 de Outubro de 2013 para a região de Arapiraca.



Na figura 2 pode-se ver que à medida que a temperatura aumenta a umidade do ar diminui, comportando-se inversamente uma a outra.

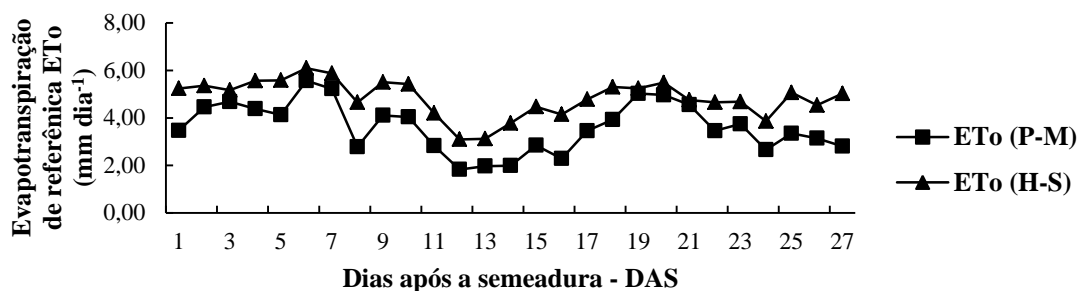
Figura 2 - Umidade relativa máxima e mínima referentes ao período de 01 a 27 de Outubro de 2013 para o município de Arapiraca.



Segundo Ayoade (2006) o valor da umidade relativa pode variar se houver mudança na temperatura do ar, mesmo que não tenha havido nenhum aumento ou diminuição do seu conteúdo de umidade. Sendo assim, a umidade tende a ser menor nos períodos de maior aquecimento do dia, mesmo se não houver variações na umidade absoluta.

A figura 3 ilustra os dados da Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), para o método de Penman-Monteith, os valores apresentam uma média de 3,61 mm dia<sup>-1</sup>, valor máximo de 5,57 mm dia<sup>-1</sup> e valor mínimo de 1,83 mm dia<sup>-1</sup>. Dos dia 10 a 14 DAS a evapotranspiração começou a decrescer, resultado de pequenas precipitações no período citado, voltando a aumentar posteriormente.

Figura 3 - Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) estimado pelos métodos de Hargreaves-Samani e Penman-Monteith no período de 01 a 27 de Outubro de 2013 para o município de Arapiraca.



Para o método de Hargreaves-Samani os valores da Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) apresentaram valor médio de 4,84 mm dia<sup>-1</sup>, valor máximo de 6,09 mm dia<sup>-1</sup> e valor mínimo de 3,09 mm dia<sup>-1</sup>. Em nenhum momento o método de Penman-Monteith comportou-se superior ao método de Hargreaves-Samani. Segundo ARAÚJO 2007, estimando a evapotranspiração de referência mensal para o município de Boa Vista, estado de Roraima, pôde observar que os métodos de Thornthwaite e Hargreaves-Samani superestimaram o método de Penman-Monteith, semelhante aos resultados obtidos neste trabalho.

## CONCLUSÕES

Os valores de Evapotranspiração de Referência obtido pelo método de Hargreaves-Samani superestimaram durante todo o período analisado, os valores obtidos pelo método de Penman-Monteith.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome; FAO, 1998. 370p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ARAÚJO, W. F.; COSTA, S. A. A; SANTOS, A. E. dos. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) para Boa Vista, RR. Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.20, n.4, p. 84-88, 2007.

AYOADE, J. O; SANTOS, M. J. Z. dos; BASTOS, S. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 11ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 144p

SILVA, V.P.R.; BELO FILHO, A.F.; SILVA, B.B.; CAMPOS, J.H.BC. (2005). **Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.4, p.547-553.

**MODALIDADE:** Agrometeorologia e mudanças climáticas.