

## **Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Tauá – CE**

### ***Comparison of three methods of estimation of reference evapotranspiration for the Tauá region – CE***

Francisco Thiago de Albuquerque Aragão<sup>1</sup>, Diego de Vasconcelos Lourenço<sup>2</sup>,  
Danyelle de Sousa Mauta<sup>3</sup>, Fernanda Helena Oliveira da Silva<sup>4</sup>, Francisco Marcus  
Lima Bezerra<sup>5</sup>

#### **RESUMO**

A atividade agrícola depende de recursos fundamentais do ambiente natural como a água, o solo e a disponibilidade dos recursos hídricos. Esses são fatores essenciais para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é de grande importância para a previsão da produção agrícola, Este trabalho teve por objetivo a comparação de três métodos de determinação da evapotranspiração de referência, método de Blaney – Criddle, método de Hargreaves – Samani e método da Radiação Solar com o método de Penman-Monteith, comparando a variação ocorrida durante o ano. Os dados foram coletados no portal do Instituto Nacional Meteorológico – INMET, no período de 1964 à 2015. Foram coletados dados de Velocidade Média do vento, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima, Umidade Relativa do ar e Isolação total diária. A estação meteorológica responsável pelos dados, está localizada na cidade de Tauá – CE. Com o auxílio do software Microsoft Excel®, foram tabulados os dados através das equações de cada método específico. Após comparação dos dados obtidos, afirmou-se que para a cidade de Tauá – CE os métodos que possuem maior proximidade com o método padrão pela FAO são os métodos da radiação e de Hargreaves - Samani, podendo estes substituírem o método de Penman – Monteith, quando não houver dados suficientes para estimativa do método padrão.

**Palavras-chave:** evapotranspiração; agricultura irrigada, semiárido.

<sup>1</sup>Mestrando em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

<sup>2</sup>Mestrando em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará.

<sup>3</sup>Mestranda em Fitotecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina.

<sup>4</sup>Mestranda em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

<sup>5</sup>Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará.

## **ABSTRACT**

*Agricultural activity depends on fundamental resources of the natural environment such as water, soil and the availability of water resources. These are essential factors for plant growth and development. The objective of this work was to compare three methods of determination of the reference evapotranspiration, Blaney - Criddle method, Hargreaves - Samani method and method of estimation of the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>). Solar radiation using the Penman-Monteith method, comparing the variation occurred during the year. The data were collected in the National Meteorological Institute (INMET) portal, from 1964 to 2015. Data were collected on Average Wind Speed, Maximum Temperature, Minimum Temperature, Relative Humidity and Daily Total Isolation. The meteorological station responsible for the data, is located in the city of Tauá - CE. With the help of Microsoft Excel® software, the data were tabulated through the equations of each specific method. After comparing the obtained data, it is stated that for the city of Tauá - CE the methods that have the closest proximity to the standard method by the FAO are the methods of the radiation and of Hargreaves - Samani, these being able to substituting the method of Penman - Monteith, when there is insufficient data to estimate the standard method.*

**Keywords:** *evapotranspiration; irrigated agriculture, semi-arid*

## **INTRODUÇÃO**

A atividade agrícola depende de recursos fundamentais do ambiente natural como a água, o solo e a disponibilidade dos recursos hídricos. Esses são fatores essenciais para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Os recursos hídricos estão cada vez mais escassos, tanto para a produção agrícola como para o consumo humano, tornando-se necessário um planejamento mais eficiente do aproveitamento da água, com desenvolvimento de métodos que permitam estimar volumes cada vez mais exatos para obtenção de ótima produção nos cultivos agrícolas (SYPPERRECK et al., 2008).

Nas regiões semiáridas onde a radiação solar é mais alta, aumentando assim a escassez dos recursos hídricos, os mesmos acabam sendo limitados e seriamente ameaçados pela excessiva exploração, é essencial a estimativa das necessidades hídricas com maior precisão (JABLON; SAHLI, 2008). As altas temperaturas, altas taxas de evaporação e baixa pluviosidade podem representar dificuldades para os

pequenos agricultores das zonas rurais do Nordeste do Brasil (ANDRADE et al., 2011).

Estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é de grande importância para a previsão da produção agrícola, para a resolução de problemas no domínio da hidrologia e meteorologia, para a gestão dos recursos hídricos e para a programação de irrigação. (GOCIC; TRAJKOVIC, 2010).

A estimativa da ET<sub>o</sub> pode ser realizada por vários métodos, mas de acordo com o ambiente o desempenho dos mesmos pode variar, já que todos eles têm algum conhecimento empírico (SENTELHAS et al., 2010). Porém, o método de Penman-Monteith, que é parametrizado pela FAO no seu manual 56, foi estabelecido como um padrão para a determinação da ET<sub>o</sub> (ALLEN et al., 1998).

Nos dias atuais, existe uma grande tendência à utilização de estações meteorológicas automatizadas que auxiliam na determinação da evapotranspiração de referência, o que conseqüentemente, tende a diminuir erros na lâmina de água a ser aplicada na cultura. Quando programadas, as estações podem utilizar o método Penman-Monteith para a determinação da ET<sub>o</sub>, entretanto a maior parte dos citricultores utiliza outros métodos e não dispõe desses equipamentos, impossibilitando-os de determinar a ET<sub>o</sub> pelo método-padrão. Portanto, equações de correção em relação ao método de Penman-Monteith (método-padrão da FAO) são desejáveis para que se possa minimizar os erros cometidos no cálculo da ET<sub>o</sub>.

Este trabalho teve por objetivo a comparação de três métodos de determinação da evapotranspiração de referência, método de Blaney – Criddle, método de Hargreaves – Samani e método da Radiação Solar com o método de Penman-Monteith, comparando a variação ocorrida durante o ano, trabalhando-se com dados médios mensais, com uma média histórica dos anos de 1964 até 2015 coletados através do portal do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, da cidade de Tauá, região semi-árida nordestina.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os dados foram coletados no portal do Instituto Nacional Meteorológico – INMET, no período de 1964 à 2015. Foram coletados dados de Velocidade Média do

vento, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima, Umidade Relativa do ar e Isolação total diária. A estação meteorológica responsável pelos dados, está localizada na cidade de Tauá – CE, instalada em uma área coberta com grama, com 10 m de bordadura e irrigada de forma manual, para que se evite a o déficit hídrico.

Após obtidos os dados, com o auxílio do software Microsoft Excel®, foram tabulados os dados através das seguintes equações:

### Método de Penman-Montheith (PM)

Para o cálculo da evapotranspiração de referência, ALLEN et al. (1998) propuseram a seguinte equação:

$$ET_{O(PM)} = \frac{0,409 \Delta (R_n - G) + \gamma \left( \frac{900}{T + 273} V (e_s - e) \right)}{(1) \Delta + \gamma (1 + 0,34 V)}$$

Onde:  $ET_{O(PM)}$  - evapotranspiração de referência pelo método de PM, em gramado, mm d<sup>-1</sup>;  $R_n$  - radiação líquida, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;  $G$  - fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;  $T$  - temperatura média do ar, °C;  $V$  - velocidade média do vento a 2 m de altura, m s<sup>-1</sup>; ( $e_s$  -  $e$ ) - déficit de pressão de vapor, kPa;  $\Delta$  - curva de pressão de vapor, kPa °C<sup>-1</sup>;  $\gamma$  - constante psicrométrica, kPa °C<sup>-1</sup>, e 900 - fator de conversão.

### Método da Radiação Solar (RS)

Citado por PEREIRA et al. (1997), é uma adaptação por DOORENBOS & PRUITT (1977) e DOORENBOS & KASSAM (1994) para o método de Makkink, substituindo os coeficientes a e b do método por um parâmetro C, em função da umidade relativa do ar e da velocidade do vento.

$$ET_{O(RS)} = C W Q \quad (2)$$

Onde:  $ET_0(RS)$  - evapotranspiração de referência pelo método da radiação solar, em gramado,  $mm\ dia^{-1}$ ;  $C$  - coeficiente angular de regressão  $ET_0 \times W Q$ , determinado em função da umidade relativa média do ar e da velocidade média do vento a 2 m de altura (DOORENBOS & KASSAM, 1979).  $W$  - fator que representa a parte fracional da radiação solar que é utilizada na  $ET_0$ , para diferentes valores de temperatura e altitude (DOORENBOS & KASSAM, 1979), e  $Q$  - radiação solar global medida,  $cal\ cm^{-2}\ dia$ .

O método de Blaney-Criddle foi implementado em planilha eletrônica, conforme descrito na publicação FAO-24 (Doorenbos & Pruitt, 1975). A aplicação do método de Blaney-Criddle foi feita considerando-se apenas os dados de temperatura máxima, mínima e média, visando-se simular uma situação de escassez de dados. A  $ET_0$  é determinada por meio da equação (Jensen et al., 1990):

$$ET_0 = a_{BC} + b_{BC} f$$

(3) Onde:  $a_{BC}$  - coeficiente linear da relação entre  $ET_0$  e  $f$ ,  $mm\ d^{-1}$ ;  $b_{BC}$  - coeficiente angular da relação entre  $ET_0$  e  $f$  - fator de uso consuntivo (o produto  $b_{BC} f$  tem unidade  $mm\ d^{-1}$ ).

<sup>1</sup>).

### **Método de Hargreaves e Samani**

Hargreaves e Samani (1985) desenvolveram uma equação simples que necessita apenas da temperatura do ar, e coeficientes dependentes da latitude do local e época do ano. Esta equação, conhecida como a equação de HargreavesSamani pode ser expressa da seguinte forma:

$$ET_0 = 0,0023 Q_o (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} (T_{méd} + 17,8) \quad (4)$$

Onde: ET<sub>0</sub>: evapotranspiração de referência (mm d-1); Q<sub>o</sub>: radiação extraterrestre (mm d-1); T<sub>máx</sub>: temperatura máxima (°C); T<sub>mín</sub>: temperatura mínima (°C) T<sub>méd</sub>: temperatura média diária (°C).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após tabulado os dados, foram encontrados resultados que se encontram na tabela 1.

**Tabela 1** – Resultados de evapotranspiração calculados por diferentes métodos para a cidade de Tauá - CE

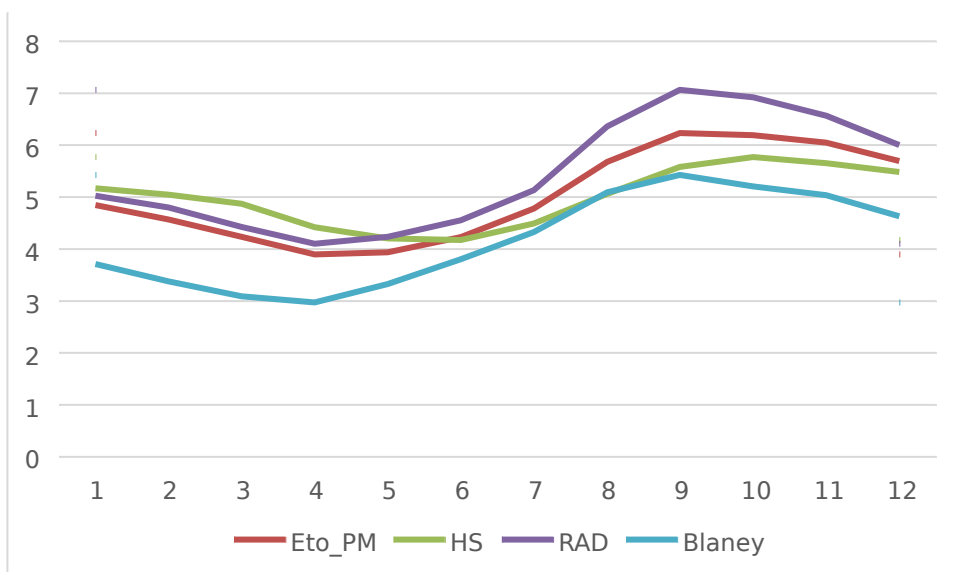
Mês	ET <sub>0</sub> PM	HS	RAD	Blaney
1	4,8486567	5,166485	5,027533	3,710732
2	4,5693761	5,049432	4,805911	3,379769
3	4,2359728	4,87034	4,428735	3,088578
4	3,8988257	4,41808	4,107345	2,97668
5	3,9419985	4,201121	4,240255	3,327241
6	4,2302831	4,172913	4,55776	3,80169
7	4,7827581	4,490878	5,135363	4,330478
8	5,6786617	5,062133	6,362553	5,096772
9	6,2337235	5,580043	7,070742	5,42996
10	6,1948228	5,769476	6,924355	5,202836
11	6,0483573	5,654301	6,567518	5,032924
12	5,6910553	5,481341	6,005291	4,628234

Fonte: Autor (2016)

Onde: ET<sub>0</sub> PM – Evapotranspiração de referência – método de Penman-Monteith; HS – Evapotranspiração pelo método de Hargreaves – Samani; RAD – Evapotranspiração pelo método da radiação; Blaney – Evapotranspiração pelo método de Blaney – Criddle

Através dos resultados obtidos, plotou-se um gráfico (Figura 1), para facilitar a visualização na comparação entre os métodos com o método de referência.

**Figura 1** – Gráfico com variações da evapotranspiração na comparação de diferentes métodos para a cidade de Tauá - CE



Fonte: Autor (2016)

Onde: ETo PM – Evapotranspiração de referência – método de Penman-Monteith; HS – Evapotranspiração pelo método de Hargreaves – Samani; RAD – Evapotranspiração pelo método da radiação; Blaney – Evapotranspiração pelo método de Blaney – Criddle;

Conforme a Figura 1, observa-se que das equações avaliadas, somente a de Blaney – Criddle apresentou índices de desempenhos não satisfatórios quando comparado ao método padrão, por gerar valores de evapotranspiração menor que os demais métodos. O método da radiação, superestimou o método padrão, porém, com um intervalo não tão distante do mesmo. Já o método de Hargreaves – Samani, apresentou valores inferiores ao método padrão, porém assim como o método da radiação, seu intervalo quando comparado ao método padrão, não houve uma diferença tão acentuada, podendo indicar ambos, como métodos de substituição ao método padrão na região de estudo. Ambos os métodos, possuem a vantagem de serem de fácil aplicação, por utilizarem uma quantidade menor de variáveis para obter suas respostas. Carvalho *et al.*, \*(2006) encontrou respostas semelhantes ao testarem diferentes métodos de evapotranspiração para Seropédica (RJ)

## CONCLUSÃO

Para a cidade de Tauá – CE os métodos que possuem maior proximidade com o método padrão pela FAO são os métodos da radiação e de Hargreves - Samani, podendo estes substituírem o método de Penman – Montheith, quando não houver dados suficientes para estimativa do método padrão.

## REFERÊNCIAS

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

ANDRADE, E. M.; RODRIGUES, M. M. A.; MENDONÇA, M. A. B.; CHAVES, L. C. G.; FEITOZA, R. M. Investigation of the maximum and minimum temperatures in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 2, p. 82-87, 2011.

BATISTA, W. R.M.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A. G. Determinação e comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Canindé do São Francisco-CE. **Revista da Fapese**, v.3, n. 2, p. 71-76, 2007.

CAMARGO, A. P. de; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89 – 97, 1997.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI., M.V. COSTA, J.R., CRUZ, F.AA. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica – RJ, utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 14, n.2, p. 187-195. 2006.

GOCIC, M.; TRAJKOVIC, S. Software for estimating reference evapotranspiration using limited weather data. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 71, p. 158-162, 2010.

JABLOUN, M.; SAHLI, A. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data application to Tunisia. **Agricultural Water Management**, v. 95, n. 6, p. 707-715, 2008.



SYPERRECK, V. L. G.; KLOSOWSKI, E. S.; GRECO, M.; FURLANETTO, C.



Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy, Maringá**, v. 30, supl., p. 603-609, 2008.