

## **MÉTODO DE HARGREAVES PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA**

**JOSÉ. E. P. TURCO<sup>(1)</sup>, PAULO. J.D.de. OLIVEIRA<sup>(2)</sup>, LUCAS. H. CHAVES<sup>(2)</sup>, LAYLA.G.S.LIMA<sup>(3)</sup>**

<sup>1</sup> Prof. Adjunto III - Departamento de Engenharia Rural –FCAV/UNESP, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP: 14884-900, Jaboticabal, SP, email: [jepturco@fcav.unesp.br](mailto:jepturco@fcav.unesp.br)

<sup>2</sup> Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo) FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP

<sup>3</sup> Mestranda em Agronomia (Ciência do Solo) FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Com este trabalho o objetivo foi avaliar um método simples de estimativa da evapotranspiração de referência (Hargreaves), comparado com o método de Penman-Monteith, recomendado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), como método padrão para estimativa da ETo. Para esse fim, foi instalada no Sítio Santo Antônio, localizado no município Monte Alto - SP, situado a 21° 14' 48" de latitude sul e 48° 33' 23" de longitude oeste e altitude de 735 m, uma estação meteorológica automatizada, onde foram obtidas medidas da radiação global, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. As análises dos resultados foram feitas para o período diário, utilizando-se análise de regressão modelo linear  $y = ax + b$ , no qual a variável dependente foi o método de Penman-Monteith e a variável independente as estimativas da ETo pelo método de Hargreaves. Foi utilizada uma metodologia que verifica a influência do desvio padrão diário da ETo na comparação dos métodos estudados, indicando que entre o método de Hargreaves e Penman-Monteith foi estabelecido uma relação linear. O resultado da análise de regressão indicou um bom ajuste para estimativa da ETo pelo método de Hargreaves na área do estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** irrigação, estações meteorológicas automatizadas, acurácia.

## **METHOD HARGREAVES FOR DETERMINING THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION**

**ABSTRACT:** The aim of this investigation was to evaluate a simple method to estimate reference evapotranspiration (Hargreaves), compared to Penman-Monteith method, that is considered standard by the Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). The research was developed on Sítio Santo Antônio located in the city of Monte Alto, SP, located at 21° 14' 48" south latitude and 48° 33' 23" west longitude and mean altitude of 735 m. An automated weather station was used and it was equipped with sensors to measure global, temperature, relative humidity, and wind speed. Analyzes of the results were made for the daily period, using linear regression model  $y = ax + b$ , where the dependent variable was the Penman-Monteith and the independent variable estimates of ETo by Hargreaves method. Methodology was used to verify the influence of the standard deviation of daily ETo in the comparison of the methods studied, indicating that the methods of Hargreaves and Penman-Monteith established a linear relationship. The result of the regression analysis indicated a good fit for the estimation of ETo to the method of Hargreaves to location studied.

**KEYWORDS:** irrigation, automated weather station, accuracy.

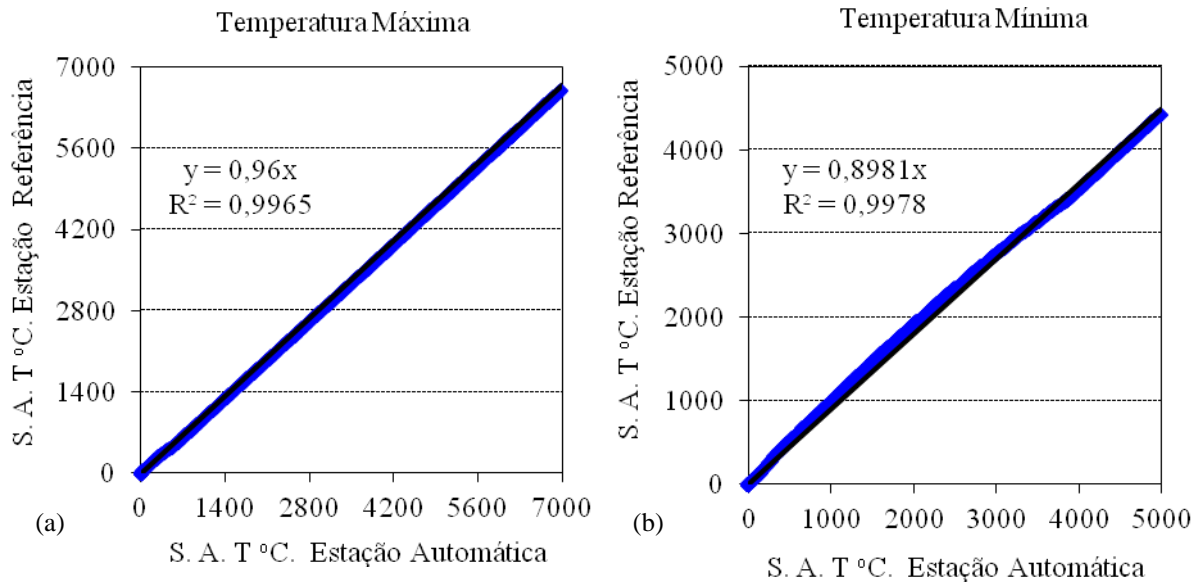
**INTRODUÇÃO:** Uma alternativa para o manejo da irrigação é por meio da estimativa da evapotranspiração de referência (ETo). Antes de aplicar um método para determinado local, é necessário verificar o desempenho deste método e, quando necessário, fazer calibrações a fim de

minimizar erros de estimativa (PEREIRA et al., 2009). É de grande importância o conhecimento dos métodos mais simples de estimativa da evapotranspiração de referência que demandam dados de fácil obtenção e baixo custo (BONOMO, 1999). Alguns modelos de estimativa da evapotranspiração de referência são precisos, no entanto, requer quantidade expressiva de elementos meteorológicos, como o método PM-FAO. Os produtores rurais em manejo de projetos de irrigação nem sempre dispõem desses dados meteorológicos para utilização de métodos mais complexos de estimativa da  $ET_0$ , sendo necessária a utilização de métodos mais simples (CONCEIÇÃO, 2010). No entanto, tais métodos devem ser calibrados para locais específicos, de modo a fornecerem resultados mais confiáveis (MOHAWESH, 2010). Os métodos baseados na temperatura do ar têm sido frequentemente usados e recomendados, devido à simplicidade dos cálculos e por exigirem poucos dados de entrada e de fácil obtenção (KHOOB, 2008). Entre os métodos que podem ser usados com apenas dados de temperatura, destacam-se Hargreaves e Blaney-Criddle (TRAJKOVI, 2009). Tais métodos podem apresentar correções locais de caráter diário, semanal, mensal ou sazonal que também podem afetar a precisão da estimativa do método. O método de Hargreaves superestima a  $ET_0$  e o método de Blaney-Criddle subestima a  $ET_0$  em locais de clima úmido, conforme observado por Mendonça et al. (2003). A confiabilidade da estimativa da evapotranspiração de referência, pelos métodos simplificados pode ser definida pelo seu grau de aproximação com o valor estimado pelo método padrão PM-FAO.

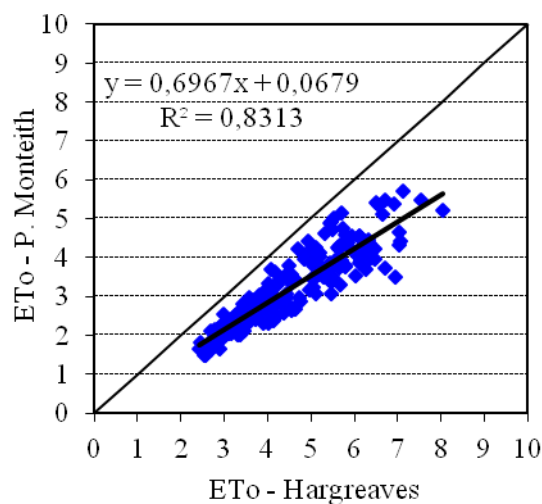
**MATERIAL E MÉTODOS:** A pesquisa conduzida no ano de 2015 na área experimental do Sítio Santo Antônio, localizado no município Monte Alto - SP, situado a 21° 15' 40" de latitude sul e 48° 29' 47" de longitude oeste e altitude média de 735 m. O clima é tropical de altitude com verão quente e chuvoso e inverno seco, com precipitação média anual de 1441 mm. Na área experimental foi plantada grama batatais (*Paspalum notatum* Flüggé), cobrindo totalmente o solo. Os dados meteorológicos foram obtidos em uma estação meteorológica da marca Campbell Scientific, instalada na área experimental. A estação automatizada da Campbell Scientific possui os seguintes sensores: temperatura e umidade relativa do ar, modelo HMP45C Vaisala; velocidade do vento, modelo 03001 RM Young Co; radiação solar global, modelo CM3 Kipp & Zonen. Os sensores de radiação solar, temperatura do ar e umidade relativa do ar foram colocados a 1,5 m acima da superfície gramada e o sensor de velocidade do vento a 2 m da superfície gramada. As determinações diárias da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foram obtidas utilizando-se o método de Penman-Monteith (Allen et al., 2006) e o método de Hargreaves (1994). Para ser avaliada a integridade dos dados meteorológicos para estimativa diária da  $ET_0$  foi aplicada a técnica descrita por Allen et al. (1996). A análise dos resultados foi feita para o período diário, utilizando-se análise de regressão e considerando o modelo linear ( $y = ax + b$ ), na qual a variável dependente foi o método de Penman-Monteith (PM) e as estimativas da  $ET_0$  pelo método de Hargreaves a variável independente. Para verificar a influência do desvio padrão diário da  $ET_0$  na comparação dos métodos estudados foi aplicada uma metodologia descrita por Vuolo (1996).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Nota-se nas Figuras 1a e 1b os registros de temperatura máxima e mínima da estação meteorológica da marca Campbell Scientific, sendo comparados aos valores obtidos da estação de referência, na forma acumulativa segundo a técnica da análise de dupla massa. A inclinação da reta apresentada nos gráficos de praticamente 45° indica uma boa estimativa dos dados. As Figuras 2 mostra a correlação entre os valores diários da  $ET_0$ , obtidos com o método de Hargreaves em relação ao método de Penman-Monteith, para região do município de Monte Alto - SP. Essas comparações fornecem a base para avaliar os valores diários da  $ET_0$ , obtidos pelo método de Hargreaves em relação aos obtidos pelo método de Penman-Monteith. Se os valores diários da  $ET_0$  obtidos pelo método de Penman-Monteith forem semelhantes aos obtidos pelo método de Hargreaves a linha de regressão deveria sobrepor-se à reta  $y = x$ , e os pares de pontos deveriam estar próximos à linha de regressão. Se a linha de regressão estiver afastada da reta  $y = x$ , e os pares de pontos estiverem próximos à linha de regressão, isso significa que os valores obtidos pelo método de Hargreaves apresentam diferença aceitável em relação aos obtidos pelo método de Penman-Monteith, ou seja, a equação pode ser utilizada com precisão para fazer a correção dos valores obtidos pelo método Hargreaves em relação aos obtidos pelo método de Penman-Monteith. Verifica-se na Figura 2 que a linha de regressão obtida pelos valores da  $ET_0$  obtidos pelo método de Hargreaves em

relação aos obtidos pelo método de Penman-Monteith superestimam a ETo. Ainda analisando a Figura 2, observa-se que não ocorre dispersão dos pares de pontos ao redor da linha de regressão, expressando uma boa equação de correlação, confirmado pelo valor do coeficiente de determinação  $R^2$  (0,8313).



**Figura 1.** Soma acumulativa das temperaturas máxima e mínima da estação meteorológicas da marca Campbell Scientific comparada a estação de referência.



**Figura 2.** Correlação entre os valores diários da ETo, obtidos com o método de Hargreaves, no ano de 2015, em relação ao método de Penman-Monteith, para região do município de Monta Alto – SP.

**CONCLUSÕES:** A equação obtida pode ser utilizada para fazer a correção dos valores diários da ETo obtidos pelo método Hargreaves em relação aos obtidos pelo método de Penman-Monteith.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 122, n. 2, p. 97-106, 1996.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiration del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio FAO Riego y Drenaje Paper, 56).
- BONOMO, R. **Análise da Irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. 1999. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. Evapotranspiração de referência com base na radiação solar global estimada pelo método de Bristow-Campbell. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 619-626, 2010.
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; MANDELLI, F. Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 303-307, 2005.
- HARGREAVES, G.H. Defining and using reference evapotranspiration. **J. Irrig. Drain. Eng.**, v.120, n.6, p.1132-1139, 1994.
- KHOOB, A. R. Comparative study of Hargreaves's and artificial neural network's methodologies in estimating reference evapotranspiration in a semiarid environment. **Irrigation Science**, New York, v. 26, n. 3, p. 253-259, 2008.
- MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.
- MOHAWESH, O. E. Spatio-temporal calibration of Blaney-Criddle Equation in Arid and Semiarid environment. **Water Resources Management**, Amsterdam, v. 24, n. 10, p. 2187-2201, 2010.
- PEREIRA, D. R.; YANAGE, S. N. M.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; SILVA, L. A. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2488-2493, dez. 2009.
- TRAJKOVIC, S.; KOLAKOVIC, S. Evaluation of reference evapotranspiration equations under humid conditions. **Water Resource Management**, Amsterdam, v. 23, n. 14, p. 3057-3067, 2009.
- VUOLO, J.E. **Fundamentos da teoria de erros**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1996. 249p.