

## **CORREÇÃO DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO O SUPLEMENTO SOLVER DA MICROSOFT EXCEL**

Thaís Rayane Gomes da Silva<sup>1</sup>, Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior<sup>2</sup>, Rony de Holanda Costa<sup>3</sup>,  
Laylton de Albuquerque Santos<sup>4</sup>, Samuel Barbosa Tavares dos Santos<sup>5</sup> e Allan Cunha Barros<sup>6</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se corrigir a equação de Hargreaves-Samani para estimativa de Evapotranspiração de Referência utilizando o suplemento Solver da Microsoft Excel. Os dados de ETo utilizados foram da cidade de Arapiraca – AL, no período de março de 2008 a dezembro de 2011. Obteve-se os parâmetros empíricos a (0,0023), b (0,5) e c (17,8) onde foram utilizados no suplemento Solver da Microsoft Excel. A correlação entre a equação de Hargreaves-Samani corrigida com a equação de Penman-Monteith apresentaram os seguintes parâmetros: a (0,00325), b (0,65711) e c (-1,63956). Com isso, é necessária a correção da equação de Hargreaves-Samani para ajustar as estimativas de Evapotranspiração de Referência de acordo com os dados climatológicos disponíveis na região estudada.

**PALAVRAS-CHAVE:** ETo, Penman-Monteith, variável.

## **CORRECTION OF THE HARGREAVES-SAMANI EQUATION FOR REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATE USING THE MICROSOFT EXCEL SOLVER SUPPLEMENT**

**ABSTRACT:** The objective was to correct the Hargreaves-Samani equation for estimation of reference evapotranspiration using the Microsoft Excel Solver supplement. The ETo data used were from the city of Arapiraca - AL, from March 2008 to December 2011. The empirical parameters were obtained at (0.0023), b (0.5) and (17.8) where were used in the Microsoft

<sup>1</sup> Acadêmica de Agronomia, UFAL, CEP 57309-005. Arapiraca, AL. Fone (82) 981183770. E-mail: tsgomes4@gmail.com

<sup>2</sup> Mestrando em Agronomia, Unesp, Jaboticabal, SP.

<sup>3</sup> Mestrando em Agricultura e Ambiente, UFAL, Arapiraca, AL.

<sup>4</sup> Mestrando em Agricultura e Ambiente, UFAL, Arapiraca, AL.

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, UFAL, Arapiraca, AL

<sup>6</sup> Prof. Doutor, Depto de Irrigação, UFAL, Arapiraca, AL.

Excel Solver add-in. The correlation between the Hargreaves-Samani equation corrected with the Penman-Monteith equation presented the following parameters: a (0.00325), b (0.65711) and c (-1.63956). Thus, it is necessary to correct the Hargreaves-Samani equation to adjust the reference evapotranspiration estimates according to the climatological data available in the studied region.

**KEYWORDS:** ETo, Penman-Monteith, variable.

## INTRODUÇÃO

As equações de estimativa da ETo são baseadas em dados meteorológicos. Algumas são de fácil aplicação, enquanto outras são mais complexas. O método Penman-Monteith FAO 56 foi adotado como o método padrão para estimativa da ETo por ser o mais completo, pois necessita obter dados de temperatura, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento (ALLEN, 1998).

A literatura apresenta uma grande variedade de métodos alternativos de estimativa da ETo que utilizam apenas dados de temperatura. Um exemplo é o método de Hargreaves e Samani (1985), este método é sugerido por Allen et al. (1998) como método alternativo quando apenas dados de temperatura estiverem disponíveis.

As estimativas imprecisas da ETo podem levar ao uso ineficiente da água, modelos inadequadamente calibrados e a estimativas não confiáveis de recarga de água subterrânea. Allen et al. (1998) enfatizaram a necessidade de calibração local do método, que apresenta a tendência de superestimar a ETo em climas úmidos e de subestimar em regiões com velocidade do vento alta.

Na literatura, há diversas formas de calibração do método Hargreaves-Samani, sendo que sua eficiência varia com a região e o método de calibração (RAVAZZANI et al., 2012). A correção da equação de Hargreaves-Samani foi dada por meio do Solver. O Solver é um suplemento do Microsoft Excel utilizado para teste de hipóteses. É usado para encontrar um valor ideal (máximo ou mínimo) para uma fórmula em uma célula, conforme restrições ou limites, sobre os valores de outras células de fórmula em uma planilha. O Solver trabalha com um grupo de células, chamadas variáveis de decisão ou simplesmente de células variáveis, usadas no cálculo das fórmulas nas células de objetivo e de restrição. O Solver ajusta os valores nas células variáveis de decisão para satisfazer aos limites sobre células de restrição e produzir o resultado que você deseja para a célula objetiva (MICROSOFT, 2017).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi corrigir e avaliar o método Hargreaves-Samani para estimativa de Evapotranspiração de Referência utilizando o suplemento Solver da Microsoft Excel.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados para calcular a ETo foram da cidade de Arapiraca – AL, no período de março de 2008 a dezembro de 2011. Foram utilizados os seguintes dados: temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa máxima (UR max), umidade relativa mínima (UR min), umidade relativa média (UR med), valores de vento e Rs. Além desses valores, foram adicionados a planilha a data (dd/mm/aaaa) e número de dias julianos (DJ). A latitude de -9,80417 e a altitude de 241 m.

Foram utilizadas as equações de Penman-Monteith (P-M) e Hargreaves-Samani (H-S). Para H-S obteve-se a equação corrigida e a equação não corrigida. A estimativa da evapotranspiração diária pelo método padrão FAO Penman-Monteith, foi estimada pela Equação 1 (ALLEN et al., 1998):

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

Hargreaves e Samani (1985) propuseram a seguinte equação para estimativa da ETo, Equação 2:

$$E_{To} = 0,0023 \times R_a \times (T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{0,5} \cdot (T_{m\acute{e}d} + 17,8)$$

Com a correção da equação, obteve-se: a (0,00325), b (0,65711) e c (-1,63956). Desta forma, tem-se a equação de H-S corrigida, Equação 3:

$$E_{To} = 0,00325 \times R_a \times (T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{0,65711} \cdot (T_{m\acute{e}d} - 1,63956)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Figura 1, o método de evapotranspiração de referência (ETo) de Hargreaves-Samani (H-S) superestima os valores encontrados por Hargreaves-Samani não

corrigida, de janeiro até abril e de setembro até dezembro. Este método apresenta valores próximos ao de P-M. E P-M superestima H-S não corrigido de janeiro até abril e de julho até dezembro.

Observa-se que para o método P-M, os valores extremos da ETo máxima foi de 7,35 mm d<sup>-1</sup> e da ETo mínima foi de 3,14 mm d<sup>-1</sup>. Para o método H-S a ETo máxima foi de 5,70 mm d<sup>-1</sup> e a ETo mínima de 3,11 mm d<sup>-1</sup> e para H-S corrigida, os valores extremos da ETo máxima foi de 6,51 mm d<sup>-1</sup> e da ETo mínima foi de 3,11 mm d<sup>-1</sup>.

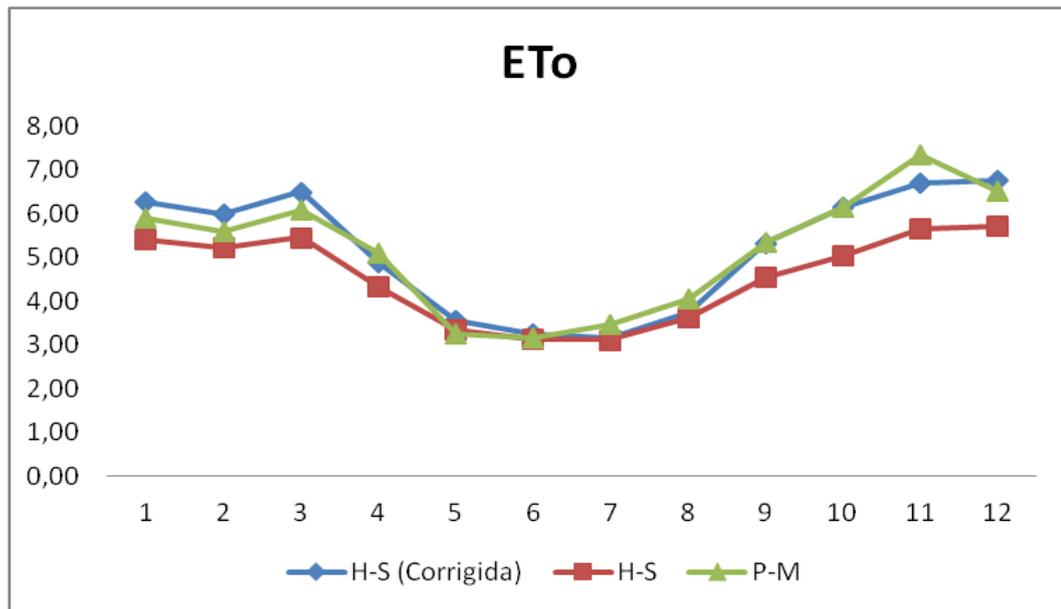


Figura 1. Evapotranspiração de Referência (ETo) em função de diferentes métodos.

A figura 2 mostra os modelos de evapotranspiração de referência de Penman-Monteith (P-M) e Hargreaves-Samani (H-S) corrigido, comparando com a figura 3, que também usa o modelo de P-M e H-S não corrigido, não houve grandes diferenças entre eles quando leva em consideração o R<sup>2</sup>.

Lisboa et al. (2011), analisando o método Hargreaves-Samani sem calibração, obtiveram R<sup>2</sup> igual a 0,84 para a região Norte de MG. Cunha et al. (2013) observaram que o R<sup>2</sup> foi de 0,74 ao avaliarem o método Hargreaves-Samani para Chapadão do Sul, MS.

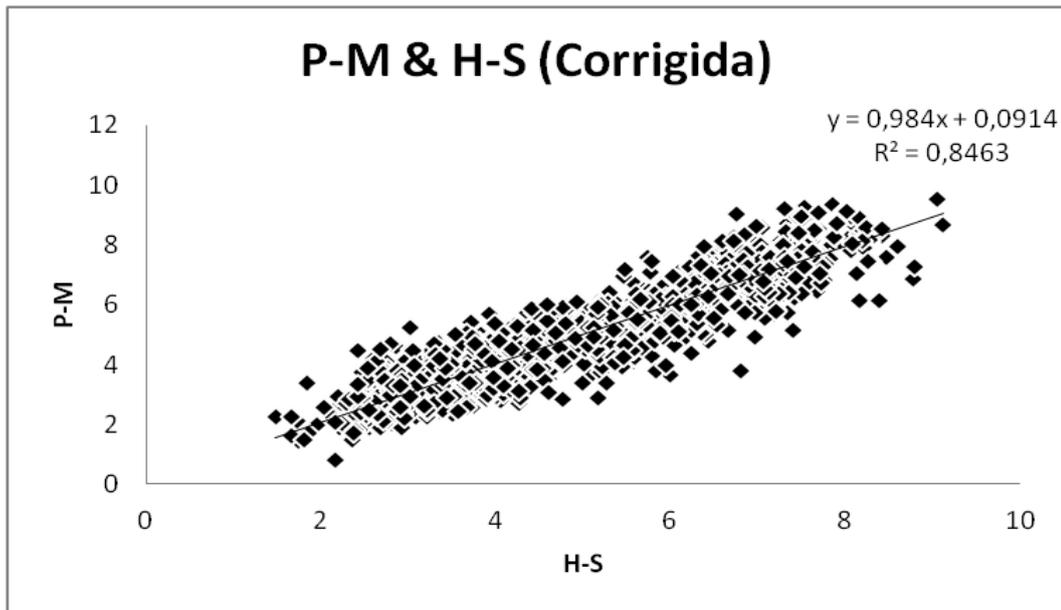


Figura 2. Análise de regressão linear da estimativa de ETo referente aos métodos de P-M e H-S corrigida.

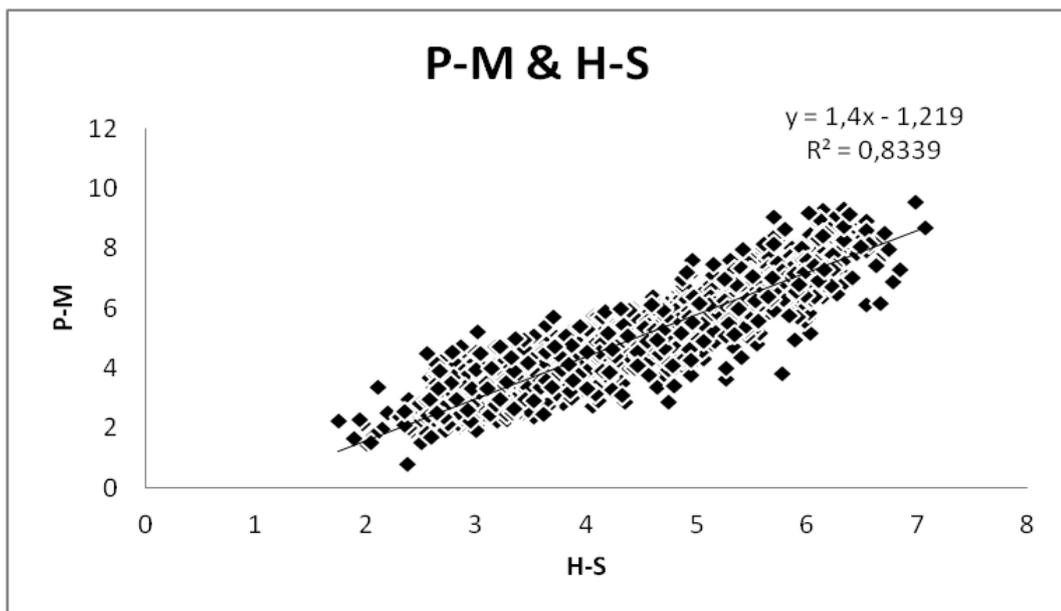


Figura 3. Análise de regressão linear da estimativa de ETo referente aos métodos de P-M e H-S.

## CONCLUSÕES

A calibração do método Hargreaves-Samani proporciona uma melhoria no desempenho do método para os dados meteorológicos disponíveis na região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Roma: FAO, 1998.

CUNHA, F. F. da; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. de. **Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul - MS**. Engenharia na Agricultura, v.21, p.159–172, 2013.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, v.1, p.96–99, 1985.

LISBOA, T. M.; BATISTA, C. H.; AQUINO, L. A. de; SILVA, H. R. F. de; MELO, V. L. de; SANTOS JUNIOR, V.C. Tanque evaporimétrico alternativo e equações para estimativa da evapotranspiração de referência na região Norte de MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada - RBAI**, v.5, p.54–62, 2011.

MICROSOFT. **Definir e resolver um problema usando o Solver**. Disponível em:<<https://support.office.com/pt-br/article/Definir-e-resolver-um-problema-usando-o-Solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>>. Acesso em: 30 de outubro de 2017.

RAVAZZANI, G.; CORBARI, C.; MORELLA, S.; GIANOLI, P.; MANCINI, M. Modified Hargreaves-Samani Equation for the Assessment of Reference Evapotranspiration in Alpine River Basins. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.138, p.592–599, 2012.

REIS, M. C.; BASSI, A. B. M. S. A segunda lei da termodinâmica. **Química Nova**, v.35, p.1057–1061, 2012.