

## CALIBRAÇÃO DO MODELO DE HARGREAVES-SAMANI PARA A ESTIMATIVA DA EVATRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM IPAMERI-GO

THALLITA DE S. FERREIRA<sup>1</sup>, LUCAS B. FERREIRA<sup>2</sup>,  
FERNANDO F. CUNHA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFV/Viçosa MG, Fone: (31) 3899-1921, thallita.ferreira@ufv.br

<sup>2</sup> Eng° Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa-MG, Fone: (31) 3899-1921

<sup>3</sup> Eng° Agrônomo, D.S. Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa-MG, Fone: (31) 3899-1913

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar diferentes metodologias de calibração do método de Hargreaves-Samani (HS) para estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em Ipameri-GO. O estudo foi desenvolvido com base nos dados meteorológicos diários referentes aos anos de 1990 a 2016, retirados do INMET. No processo de calibração utilizaram-se três metodologias distintas, todas baseadas na calibração utilizando os parâmetros “a” e “b” determinados pela regressão linear com os dados de ET<sub>o</sub> obtidos pelo método padrão Penman-Monteith e pela equação de Hargreaves-Samani. Foram obtidas equações de calibração para uso em qualquer época do ano e específicas para cada estação e mês do ano. Para a equação original, calibração geral, por estações do ano e mensal, os desempenhos (classificação do índice de confiança) foram mediano, bom, bom e bom, respectivamente. Logo, para as condições de Ipameri-GO recomenda-se o uso da equação de HS calibrada de forma geral ou com base nas estações do ano, pois estas estimam a ET<sub>o</sub> com melhor performance que a equação original ou com calibração mensal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, desempenho

### CALIBRATION OF THE HARGREAVES-SAMANI MODEL FOR THE REFERENCE EVATRANSPIRATION ESTIMATE IN IPAMERI-GO

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate different calibration methodologies of the Hargreaves-Samani (HS) method to estimate reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) in Ipameri-GO. The study was developed based on the daily meteorological data referring to the years 1990 to 2016, taken from INMET. In the calibration process three different methodologies were used, all based on the calibration using the parameters "a" and "b" determined by the linear regression with ET<sub>o</sub> data obtained by the Penman-Monteith standard method and by the Hargreaves-Samani equation. Calibration equations were obtained for use at any time of year and specific for each season and month of the year. For the original equation, general calibration, by seasons and monthly, the performances (confidence index rating) were median, good, good and good, respectively. Therefore, for the conditions of Ipameri-GO it is recommended to use the calibrated HS equation in general or based on the seasons of the year, since they estimate ET<sub>o</sub> with better performance than the original equation or with monthly calibration.

**KEYWORDS:** Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, performance

**INTRODUÇÃO:** Dentre todos os recursos necessários para o crescimento e desenvolvimento, a água é o mais abundante e também o mais limitante (MATOS et al., 2016). A estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) por meio de equações matemáticas é o processo mais comum e mais usual de obtenção da perda de água em áreas vegetadas, assim, são necessários dados climático-fisiológicos para sua aplicação (BARROS et al., 2009). Como a água constitui um dos principais insumos destinados à produção de alimentos, o conhecimento da evapotranspiração é fundamental no planejamento agrícola, pois é largamente utilizada na estimativa da demanda de água pela planta (KASHYAP, PANDA, 2001). Em cenários de crise hídrica, como nos dias atuais, o manejo racional da água na agricultura é necessário. Desta forma, métodos de estimativa da ET<sub>0</sub> que necessitam de poucos elementos climáticos, como o de Hargreaves-Samani (1985), são cada vez mais utilizados em regiões onde não há a disponibilidade de todos os elementos utilizados no método padrão Penman-Monteith FAO 56 (DA SILVA et al., 2011). Muitos métodos empíricos para estimar a ET<sub>0</sub> foram desenvolvidos para diversas localidades, e como o Brasil possui clima muito diverso e inúmeras localidades, não há uma equação única para todos os tipos de climas. Assim, as equações requerem uma calibração local (CUNHA et al., 2016). Sendo assim, objetivou-se, avaliar diferentes metodologias de calibração do método de Hargreaves-Samani para estimativa da ET<sub>0</sub> em Ipameri-GO, de modo a determinar o método com melhor desempenho.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi desenvolvido com base nos dados meteorológicos diários referentes aos anos de 1990 a 2016 (n=6011), retirados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação de Ipameri-GO, localizada na Latitude 17° 42' 36" S, Longitude 48° 9' 36" W e Altitude 773 m. As variáveis utilizadas foram: temperatura máxima e mínima do ar (°C), umidade relativa média (%), velocidade do vento (m s<sup>-1</sup>) e insolação acumulada (horas). Para a análise da base de dados foram retirados todos os dias que continham falhas em alguma das variáveis utilizadas. As metodologias de estimativa de ET<sub>0</sub> aplicadas na presente pesquisa foram a de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) e a de Hargreaves-Samani (HARGREAVES; SAMANI, 1985). Para calibração da equação de Hargreaves-Samani utilizaram-se três metodologias distintas, sendo todas baseadas na calibração utilizando os parâmetros “a” e “b” determinados a partir de regressão linear com os dados de ET<sub>0</sub> obtidos pelo método padrão (PM) e pelo método de Hargreaves-Samani. Na primeira metodologia foi realizada uma calibração geral (Geral), utilizando todos os dados para obtenção dos parâmetros de calibração; na segunda fez-se uma calibração com base nas estações do ano (Estações), obtendo parâmetros de calibração para cada estação; na terceira a calibração foi feita com base em cada mês do ano (Mensal), produzindo parâmetros de calibração para cada mês. Para comparar o desempenho das calibrações entre si e entre a equação original, utilizaram-se os seguintes indicadores estatísticos: raiz quadrada do erro médio (RMSE), índice de concordância de Willmott (d), coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e o índice de confiança (c). O melhor método de calibração foi aquele que apresentou o índice de confiança (c), proposto por CAMARGO e SENTELHAS (1997), equivalente ao produto do coeficiente de correlação (r) pelo índice de concordância de Willmott (d) (WILLMOTT et al., 1985), mais próximo a unidade (concordância perfeita) e distante de zero (inexistência de concordância). O desempenho de “c” foi classificado como os referidos autores: “ótimo” para valores de “c” maiores que 0,85; “muito bom” para valores entre 0,76 e 0,85; “bom” para valores entre 0,66 e 0,75; “mediano” para valores entre 0,61 e 0,65; “sofrível” para valores entre 0,51 e 0,60; “mau” para valores entre 0,41 e 0,50 e “péssimo” para valores iguais ou inferiores a 0,40.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 estão apresentados os indicadores estatísticos para as equações calibradas (geral, estações e mensal) e original.

TABELA 1. Índices estatísticos e desempenho das calibrações do método de Hargreaves-Samani (HS). **Statistical indices and calibration performance of the Hargreaves-Samani (HS) method.**

| Índices estatísticos                           | HS       | HS Calibrado |                 |        |
|------------------------------------------------|----------|--------------|-----------------|--------|
|                                                | Original | Geral        | Estações do ano | Mensal |
| Coefficiente de correlação (r)                 | 0,8221   | 0,8221       | 0,8257          | 0,7925 |
| Coefficiente de determinação (R <sup>2</sup> ) | 0,6758   | 0,6758       | 0,6819          | 0,6281 |
| Índice de concordância (d)                     | 0,7660   | 0,8959       | 0,8981          | 0,8755 |
| Raiz quadrada do erro médio (RMSE)             | 1,0607   | 0,7041       | 0,6937          | 0,7775 |
| Índice de confiança (C)                        | 0,6297   | 0,7366       | 0,7416          | 0,6938 |
| Desempenho                                     | Mediano  | Bom          | Bom             | Bom    |

Para as calibrações geral, por estações do ano e mensal o desempenho foi classificado como bom, já a equação original apresentou desempenho mediano. Os coeficientes de determinação apresentaram valores bem próximos, de modo a supor que todas as calibrações tivessem o mesmo comportamento. Porém, a simples adoção do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) como o único critério de definição da qualidade de métodos não é adequado, uma vez que este método não estabelece o tipo e a magnitude das diferenças entre um valor padrão e um valor previsto por modelos de estimativa (BARROS et al., 2009). Logo, analisar o índice de concordância de Wilmott (d), raiz quadrada do erro médio (RMSE) e o índice de confiança (c) amparam a compreensão dos resultados. As calibrações: geral, por estações do ano e mensal da equação de Hargreaves-Samani apresentaram desempenho superior a equação original. Tal comportamento corrobora com Feng et al. (2017), que sugerem que melhores estimativas de ET<sub>0</sub> podem ser obtidas mediante a calibração da equação de Hargreaves-Samani. A calibração geral e por estações do ano foram as que estimaram mais satisfatoriamente a ET<sub>0</sub>, uma vez que apresentaram maiores valores de índice de confiança e produziram um menor erro em relação ao método de Penman Monteith. O método de calibração mensal apresentou desempenho “bom”. No entanto, foi inferior a calibração por estações do ano e geral, o que possivelmente ocorreu devido a variabilidade climática existente entre o mesmo mês em anos diferentes, o que por sua vez, levou a um mau ajuste da regressão linear e conseqüentemente dos parâmetros “a” e “b”. Os coeficientes linear (a) e angular (b) das calibrações de melhor desempenho podem ser visualizados na Tabela 2, sendo a ET<sub>0</sub> calibrada calculada como o produto da ET<sub>0</sub> pelo método de Hargreaves-Samani original pelo coeficiente angular somado ao coeficiente linear.

TABELA 2. Coeficientes de correção da equação de Hargreaves-Samani pelos métodos geral e por estação anual para estimativa da evapotranspiração de referência em Ipameri-GO. **Correction coefficients of the Hargreaves-Samani equation by the general and annual methods for estimation of reference evapotranspiration in Ipameri-GO.**

| Métodos       | Coeficientes |             |        |
|---------------|--------------|-------------|--------|
|               | Linear (a)   | Angular (b) |        |
| Geral         | -2,1917      | 1,2886      |        |
| Estação anual | Primavera    | -4,1087     | 1,5768 |
|               | Verão        | -3,8879     | 1,5918 |
|               | Outono       | -2,3916     | 1,4611 |
|               | Inverno      | -2,3244     | 1,3726 |

**CONCLUSÕES:** Para as condições de Ipameri-GO recomenda-se o uso da equação de Hargreaves-Samani calibrada de forma geral ou com base nas estações do ano, pois estas estimam a evapotranspiração de referência com melhor performance que a equação original ou com calibração mensal.

**AGRADECIMENTOS:** À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro.

#### **REFERÊNCIAS:**

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BARROS, V.R.; SOUZA, A.P.; FONSECA, D.C.; SILVA, L. B.D. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.198-203, 2009.
- 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.
- CUNHA, F. F.; CASTRO, M. A.; CORREIA, C. C. S. A. Calibração de equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência em Cassilândia-MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. 2016.
- DA SILVA, M. G., de OLIVEIRA, J. B., LÊDO, E. R. F., ARAÚJO, E. M., & ARAÚJO, E. M. Estimativa da ETo pelos métodos Penman-Monteith FAO 56 e Hargreaves-Samani a partir de dados de Tx e Tn para Sobral e Tauá no Ceará. **Acta Tecnológica**, v. 5, n. 2, p. 52-68, 2011.
- FENG, Y., JIA, Y., CUI, N., ZHAO, L., LI, C., GONG, D. Calibration of Hargreaves model for reference evapotranspiration estimation in Sichuan basin of southwest China. **Agricultural Water Management**, v.181, n.1, p.1-9, 2017.
- HARGREAVES, G. L.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. Basin. **Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE**, New York, v. 111, n. 1, p. 113-124. 1985.
- KASHYAP, P.S.; PANDA, R.K. Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop-coefficients for potato crop in a sub-humid region. **Agricultural Water Management**, v.50, n.1, p.9-25, 2001.
- MATOS, F. S.; FELICIO, R.; DA SILVEIRA, P. S.; GUIMARÃES, R. R.; SANTOS, P. G. F.; NASCENTE, A. C. S; CUSTÓDIO, J. P. C.; DA SILVA, L. M. Produtividade de cultivares de mandioca sob déficit hídrico. **Agri-environmental Sciences**, v. 2, n. 1, p. 15-24, 2016.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.