

AJUSTE DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES SAMANI PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO MUNICÍPIO DE JANUÁRIA, MG

MARCO AUGUSTO OLIVEIRA MOTA¹, MATHEUS MENDES REIS², MARIANA MENDES SILVA³, ÉRIKA MANUELA GONÇALVES LOPES⁴

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Campus Januária, Januária - MG, maom1@aluno.ifnmg.edu.br.

² Engenheiro Agrícola e Ambiental, Professor EBTT Doutor, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Campus Januária, Januária - MG.

³ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Campus Januária, Januária - MG.

⁴ Engenheira Agrônoma, Doutora em Produção Vegetal, Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, Montes Claros - MG.

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: O método de estimativa da ET_0 recomendado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) é a equação de Penman-Monteith (FAO 56 – PM), que exige diversas variáveis meteorológicas. Outro método de estimativa da ET_0 é a equação de Hargreaves Samani (HS), que exige apenas os dados de temperatura do ar, porém para utilizar de maneira adequada é fundamental um ajuste regional. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a equação de HS ajustada para o município de Januária-MG. As variáveis meteorológicas diárias necessárias para o cálculo de ET_0 foram obtidas da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) durante 1993 a 2023. A equação de HS foi ajustada por regressão tendo como parâmetro comparativo a equação de referência FAO 56 – PM. Em seguida, os dados estatísticos: RRMSE, r, R^2 , NS e RMSE foram utilizados para avaliar o desempenho de HS ajustado e HS original. O modelo HS ajustado apresentou maior precisão global, quando comparado com HS original. Além disso, HS ajustado superestimou a ET_0 em 4,3%, enquanto HS original superestimou a ET_0 em 13,7%. Este trabalho concluiu que o modelo de HS ajustado pode ser utilizado como alternativa para estimar o valor de ET_0 .

PALAVRAS-CHAVE: agrometeorologia, irrigação, regressão.

ADJUSTMENT OF THE HARGREAVES SAMANI EQUATION FOR ESTIMATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN JANUÁRIA, MG

ABSTRACT: The method recommended by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) for estimating ET_0 is the Penman-Monteith equation (FAO 56 – PM), which requires several meteorological variables. Another method for estimating ET_0 is the Hargreaves Samani equation (HS), which only requires air temperature data; however, for proper use, regional adjustment is essential. Therefore, the aim of this study was to evaluate the HS equation adjusted for the municipality of Januária-MG. The daily meteorological variables needed for ET_0 calculation were obtained from the meteorological station of the National Institute of Meteorology (INMET) during the period from 1993 to 2023. The HS equation was adjusted by regression using the FAO 56 – PM equation as a comparative parameter.

Subsequently, statistical data including RRMSE, r , R^2 , NS, and RMSE were used to evaluate the performance of adjusted HS and original HS. The adjusted HS model showed higher overall accuracy compared to the original HS. Additionally, the adjusted HS overestimated ET_0 by 4.3%, while the original HS overestimated ET_0 by 13.7%. This study concludes that the adjusted HS model can be used as an alternative to estimate the value of ET_0 .

KEYWORDS: agrometeorology, irrigation, regression.

INTRODUÇÃO: A evapotranspiração de referência (ET_0) é um importante fator para determinar a água necessária para a cultura, sendo um dos principais fatores para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Segundo Allen et al. (1998), o método de cálculo da ET_0 recomendado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) é a equação de Penman-Monteith (FAO 56 – PM). Para realizá-lo, é necessário a disponibilidade dos seguintes dados meteorológicos: umidade relativa do ar, velocidade dos ventos, radiação solar ou insolação, e temperaturas máxima e mínima do ar. O método de Hargreaves Samani (HS) é uma alternativa à equação de PM quando o conjunto de dados requerido pelo modelo FAO 56 – PM não está totalmente disponível (ALLEN et al., 1998). No entanto, esse modelo superestima a ET_0 sob condições de alta umidade relativa e subestima sob condições em que a velocidade do vento é superior a 3 m/s (ALLEN et al., 1998; DIDARI; AHMADI 2018; DROOGERS; ALLEN, 2002). Nessa situação, a calibração local de modelos empíricos ou a criação de equações locais é necessária. O objetivo deste trabalho é avaliar a precisão dos métodos de Hargreaves Samani (HS) e HS ajustado em estimar a evapotranspiração diária de referência (ET_0) apenas com dados de temperatura do ar como entrada. Para isso, esses dois métodos foram comparados ao método de Penman-Monteith (FAO 56 – PM).

MATERIAL E MÉTODOS: O local de estudo foi o município de Januária-MG (15°26'46,82"S; 44°22'17.54"O; e 482 m), localizada na região semiárida brasileira. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como Aw, tropical quente com inverno seco e verão chuvoso. As variáveis meteorológicas diárias (temperatura do ar máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}), a umidade relativa média (RH), a velocidade do vento (U) e a duração de luz solar foram obtidas da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) durante 1993 a 2023. A equação de Penman-Monteith (FAO 56 – PM) (Equação 1), recomendada pela FAO (ALLEN et al., 1998), foi utilizada para estimar os dados de ET_0 utilizados como alvo na calibração e avaliação dos modelos HS e HS ajustado.

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U)} \quad (1)$$

em que, ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); R_n é o saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); T é a temperatura média diária do ar ($^{\circ}\text{C}$); U é a velocidade do vento (m s^{-1}); e_s é a pressão de vapor saturado (kPa); e_a é a pressão de vapor atual (kPa); Δ é a inclinação da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$); e γ é a constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$). Devido à falta de dados de R_s , esse parâmetro foi estimado (Equação 2) por meio dos dados de duração de luz solar (ALLEN et al., 1998).

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a \quad (2)$$

em que, R_s é radiação solar ou de ondas curtas ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); n é a duração da luz do sol (h); N é a duração máxima possível da luz do sol ou da luz do dia (h); R_a é radiação extraterrestre

(MJ m⁻² dia⁻¹); a_s e b_s são constantes, com valor de 0,25 e 0,50, respectivamente, recomendadas pela FAO-56 (ALLEN et al., 1998). O modelo de Hargreaves Samani (HS) (Equação 3) foi proposto inicialmente por (HARGREAVES; SAMANI, 1985) e requer apenas dados de temperatura do ar para estimativa da ET₀.

$$ET_0 = 0,0023R_a (T_{max} - T_{min})^{0,5} (T + 17,8) \quad (3)$$

em que, T_{max} e T_{min} são as temperaturas máxima e mínima do ar (°C), respectivamente, e R_a é a radiação extraterrestre (mm d⁻¹). Os dados de radiação extraterrestre (R_a) foram calculados com base em dados de latitude (Equação 4).

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{SC} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \cos(\omega_s)] \quad (4)$$

em que, R_a é radiação extraterrestre (MJ m⁻² d⁻¹), G_{SC} é a constante solar (0,0820 MJ m⁻² min⁻¹), d_r é a distância relativa inversa Terra-Sol, ω_s é o ângulo da hora do pôr do sol (rad), φ é a latitude (rad) e δ é a declinação solar (rad). O modelo de HS ajustado foi obtido por meio de regressão (Equação 5). Essa é uma prática aceita e comumente empregada (FENG et al., 2017; SHIRI et al., 2014).

$$ET_0^{PM} = a + bET_0^{HS} \quad (5)$$

em que, ET₀^{PM} é a ET₀ estimada por FAO-56 PM; ET₀^{HS} é a ET₀ estimada por HS; e a e b são coeficientes de regressão. O erro médio quadrático relativo (RRMSE), o coeficiente de correlação de Pearson (r), o coeficiente de determinação (R²) e o coeficiente Nash-Sutcliffe (NS) foram utilizados para avaliar o desempenho dos modelos de HS e HS ajustado, quando comparados com o modelo de referência (FAO 56 – PM). RRMSE e RMSE são adimensionais e apresentam o ajuste perfeito com resultado igual a 0. Os coeficientes NS, r e R² são adimensionais e apresentam o ajuste perfeito com resultado igual a 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A equação algébrica que melhor estima a ET₀ pelo modelo HS ajustado é apresentada na Figura 1.

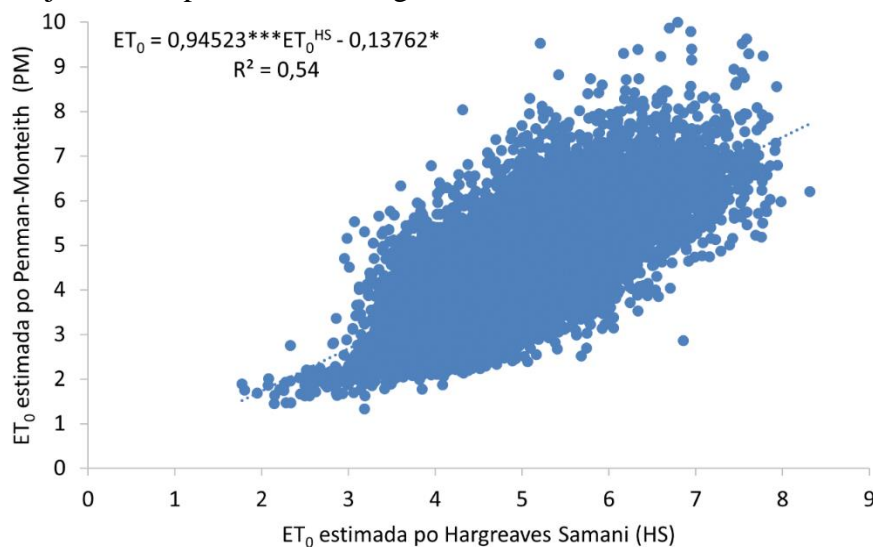


FIGURA 1. Modelo de HS ajustado obtido por meio de regressão linear. ET₀^{HS} – ET₀ estimada por HS; *, *** Significativo aos níveis de significância de 0,05 e 0,001 pelo teste t, respectivamente.

A Tabela 1 apresenta o desempenho médio global dos modelos gerados com dados meteorológicos de Januária, durante o período de estudo. O modelo HS ajustado apresentou maior precisão global, com NS de 0,542, RMSE de 0,869 e RRMSE de 0,188, quando comparado com HS original. Além disso, HS ajustado superestimou a ET_0 em 4,3%, enquanto HS original superestimou a ET_0 em 13,7 %, outro indicativo que HS ajustado contribuiu para a obtenção de ET_0 diária mais próximos do modelo de referência (FAO 56 – PM). Os parâmetros de desempenho global r e R^2 não diferiram entre os dois modelos (Tabela 1).

Tabela 1. Desempenho global dos valores de ET_0 estimados pelos modelos HS e HS ajustado.

Modelos	r	R²	NS	RMSE	RRMSE	Super/subestimação (%)
HS	0,736	0,542	0,433	0,966	0,210	13,7
HS ajustado	0,736	0,542	0,542	0,869	0,188	4,3

CONCLUSÕES: Os resultados deste trabalho permitiram concluir que o uso do modelo de regressão linear para ajustar a equação de HS aumentou a precisão na determinação da evapotranspiração de referência (ET_0). Além disso, o modelo de HS ajustado pode ser uma alternativa para determinação de ET_0 nas situações de ausência dados meteorológicos necessários para utilização do modelo de referência de Penman-Monteith (FAO 56 – PM).

REFERÊNCIAS:

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Roma: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: Editora UFV, 2006.

DIDARI, S.; AHMADI, S.H. Calibration and evaluation of the FAO56-Penman-Monteith, FAO24-radiation, and Priestly-Taylor reference evapotranspiration models using the spatially measured solar radiation across a large arid and semi-arid area in southern Iran. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 136, p. 441-455, 2018.

DROOGERS, P.; ALLEN, R.G. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 16, p. 33–45, 2002.

FENG, Y.; PENG, Y.; CUI, N.; GONG, D.; ZHANG, K. Modeling Reference Evapotranspiration Using Extreme Learning Machine and Generalized Regression Neural Network Only with Temperature Data. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 136, p. 71–78, 2017.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 96–99, 1985.

SHIRI, J.; NAZEMI, A. H.; SADRADDINI, A. S.; LANDERAS, G.; KISI, O.; FARD, A. F.; MARTI, P. Comparison of Heuristic and Empirical Approaches for Estimating Reference Evapotranspiration from Limited Inputs in Iran. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 108 p. 230–41, 2014.