

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA COM REQUERIMENTO MÍNIMO DE DADOS PARA A BACIA DO RIO DOCE

MARCUS A. BRAIDO PINHEIRO¹, KÊNIA G. OLIVEIRA PEREIRA², JOÃO C. FERREIRA BORGES JÚNIOR³

¹ Eng^o Agrônomo, mestrando em ciências agrárias UFSJ – Campus Sete Lagoas – MG, Fone: (27) 99942.8349, marcus-andre.b.p@hotmail.com

² Bolsista de IC da FAPEMIG, Discente do curso de Engenharia Agrônômica, UFSJ/CSL, Sete Lagoas – MG.

³ Eng^o Agrícola, Professor Doutor, Depto. de Ciências Agrárias, UFSJ/CSL, Sete Lagoas – MG.

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

RESUMO: A evapotranspiração subsidia diversas tomadas de decisão no manejo de recursos hídricos, seja em cultivo irrigado ou de sequeiro. O presente trabalho teve por objetivo o estudo comparativo de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (Hargreaves-Samani, Hargreaves-Samani calibrado localmente pela minimização do Erro Absoluto Médio-EAM e um novo método proposto) com o método padrão Penman-Monteith (FAO56) para as condições meteorológicas dos municípios próximos ao Rio Doce no estado de Minas Gerais. Foram utilizados um conjunto de dados diários de estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET entre 1961 e 2015, de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e insolação. A comparação dos métodos avaliados com o método padrão foi realizada utilizando-se o erro absoluto médio (EAM), o coeficiente de correlação (r), a raiz quadrada do erro quadrático médio (REQM), o índice de concordância de Willmott (d), o índice e confiança (c) e a eficiência do modelo (EF). Desta forma, o melhor desempenho foi obtido com o novo método proposto, apresentando desempenho superior em todos os indicadores de comparação aplicados.

PALAVRAS-CHAVE: FAO Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Manejo de recursos hídricos.

ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION WITH MINIMUM DATA REQUERIMENT FOR THE RIVER DOCE BASIN

ABSTRACT: Evapotranspiration subsidizes a number of decision making in the management of water resources, whether in irrigated or rainfed agriculture. The objective of this study was to compare three methods of estimating the reference evapotranspiration (Hargreaves-Samani, Hargreaves-Samani locally calibrated by minimizing the mean absolute error - MAE and a new proposed method) using the Penman-Monteith (FAO56) standard method for the meteorological conditions of the municipalities near the river Doce in the state of Minas Gerais. A set of daily data from conventional meteorological stations of the Instituto Nacional de Meteorologia - INMET between 1961 and 2015, of maximum and minimum temperature of the air, relative humidity of the air, speed of the wind and insolation was used. The mean absolute

error (MAE), correlation coefficient (r), root mean square error (RMSE), Willmott concordance index (d), confidence index (c) and efficiency of the model (EF) were used to compare the evaluated methods with the standard method. In this way, the best performance was obtained with the proposed method, presenting superior performance in all applied comparison indicators.

KEYWORDS: FAO Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Water resource management.

INTRODUÇÃO: O Brasil possui cercar de 6,2 milhões de hectares de área irrigada segundo uma estimativa da Agencia Nacional de Aguas - ANA (2015). Os usos consultivos da água referem-se aos usos que retiram a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades, espacial e temporalmente. Deste uso, a irrigação contribui com 54% do total (ANA, 2013). A Bacia Hidrográfica do Rio Doce possui área de drenagem de 86.715 quilômetros quadrados, dos quais 86% estão no Leste Mineiro e 14% no Nordeste do Espírito Santo. Nas sub bacias do Rio Doce o percentual de uso de água na irrigação é variável, alcançando valores entre 15% a 87% de uso (CBH DOCE, 2016).

A irrigação é, basicamente, uma operação agrícola para atendimento das necessidades de água das culturas, tendo extrema importância nos sistemas de produção em regiões que possuem ocorrências de secas regulares. Para seu melhor uso, a estimativa de evapotranspiração torna-se um processo determinante para fins de manejo e projeto (CAMARGO e PEREIRA, 1990). Por definição, a evapotranspiração de referência, E_{To} , é a taxa de evapotranspiração de uma superfície de referência, coberta por uma cultura hipotética, com altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s m^{-1} e albedo de 0,23, com nenhuma restrição de umidade, crescendo de forma ativa e cobrindo completamente a superfície do solo (ALLEN et al., 1998). O objetivo deste trabalho foi avaliar e calibrar o método Hargreaves-Samani e um método proposto frente ao método FAO Penman-Monteith considerando séries históricas de dados meteorológicos das estações pertencentes a bacia do Rio Doce no estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo é composta pela bacia do Rio Doce no estado de Minas Gerais. Empregaram-se dados meteorológicos em base diária entre o período de 1961 a 2015, disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), de quatro estações meteorológicas convencionais caracterizadas na Tabela 1. Os dados meteorológicos utilizados foram de: temperatura máxima (T_{max} , °C), mínima (T_{min} , °C) e média (T_{med} , °C), que foi a média entre a temperatura máxima e a mínima; horas de brilho solar diário (n, h); velocidade do vento média diária a dois metros de altura (U_2 , m s^{-1}) e umidade relativa do ar média diária (UR, %).

Tabela 1. Caracterização das estações meteorológicas convencionais

Cidade	Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Conjunto de dados (dias)
Aimorés	1	-19,49°	-41,07°	82,74	13661
Conceição do Mato Dentro	2	-19,02°	-43,43°	652,00	15777
Caratinga	3	-19,73°	-42,13°	609,65	14987
Viçosa	4	-20,76°	-42,86°	712,20	15287

Os dados foram tabulados na planilha eletrônica Microsoft Office Excel 2016, em que se procedeu a uma análise de consistência. Nesta análise foram eliminadas todas as linhas nas quais faltava no mínimo um dado dos quatro parâmetros meteorológicos necessários ao cálculo da E_{To} pelo método FAO Penman-Monteith.

Ocorrida a verificação, procedeu-se o cálculo da ETo diária pelo método FAO Penman-Monteith, conforme descrito por ALLEN et al. (1998), pelo modelo de Hargreaves-Samani (HARGREAVES & SAMANI, 1985) e pelo novo método proposto, conforme Equações 1 e 2 respectivamente. A calibração consistiu na modificação dos coeficientes A_{HS} e C_{HS} e do expoente B_{HS} do método Hargreaves-Samani e nos coeficientes A_{MP} , B_{MP} , C_{MP} , D_{MP} e E_{MP} do novo método proposto, obtendo-se valores que proporcionassem a minimização de EAM, por meio do uso da ferramenta Solver da planilha eletrônica Microsoft Office Excel 2016.

$$ET_{O_{HS}} = A_{HS} R_a (T_{max} - T_{min})^{B_{HS}} (T_{med} + C_{HS}) \quad (1)$$

$$ET_{O_{MP}} = A_{MP} T_{max} R_a \left[B_{MP} (T_{max} - T_{min})^3 + C_{MP} \left(\frac{T_{min}}{T_{max}} \right)^2 + D_{MP} T_{med} + E_{MP} \right]^2 \quad (2)$$

em que,

R_a – Radiação no topo da atmosfera ($mm\ d^{-1}$);

Além do EAM, para comparação do desempenho dos métodos testados em relação ao método padrão FAO Penman-Monteith, foram utilizadas as seguintes estatísticas e indicadores: a raiz quadrada do erro quadrático médio (REQM), o índice de concordância (d), o índice de confiança (C), o coeficiente de correlação (r) e o coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe's, conforme WILLMOTT et al., (2012), CAMARGO & SENTELHAS (1997) e WILLMOTT & MATSUURA (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os coeficientes das equações de Hargreaves-Samani calibrado e do Método Proposto estão listados nas Tabela 2. Para fins de precisão na apresentação dos resultados, os coeficientes e expoentes do método Hargreaves-Samani calibrado foram truncados em 6, 3 e 4 casas decimais para A_{HS} , B_{HS} e C_{HS} , respectivamente; para o Método Proposto foram truncados em 6 casas decimais para os coeficientes A_{MP} , B_{MP} e D_{MP} e 3 casas decimais para os coeficientes C_{MP} e E_{MP} .

Tabela 2. Coeficientes e expoente do método de Hargreaves-Samani calibrado e coeficientes do Método Proposto.

Cidade	Hargreaves-Samani calibrado			Método Proposto				
	A_{HS}	B_{HS}	C_{HS}	A_{MP}	B_{MP}	C_{MP}	D_{MP}	E_{MP}
Aimorés	0,002381	-4,844	0,6938	0,001163	-0,000064	-2,678	0,057457	2,433
C. do Mato Dentro	0,002493	2,725	0,5316	0,000837	-0,000021	-1,744	0,037337	2,928
Caratinga	0,002676	-2,59	0,6449	0,001106	-0,000045	-2,231	0,058567	2,414
Viçosa	0,002325	1,232	0,6154	0,000918	-0,000031	-2,055	0,046971	2,811

Na tabela 3 verifica-se a comparação dos métodos Hargreaves-Samani original e calibrado e o método proposto com o método FAO Penman-Monteith. A calibração do método HS demonstrou reduções de 56,12% (Aimorés), 47,41% (Conceição do Mato Dentro), 64,86% (Caratinga) e 59,03% (Viçosa). Isto demonstra que com a calibração, os erros foram reduzidos significativamente na região de estudo. BORGES JÚNIOR et al. (2017) avaliaram o método HS e HS calibrado em diferentes escalas temporais para o município de Sete Lagoas-MG, tendo verificado que em qualquer base temporal, a calibração da equação reduziu expressivamente os valores de EAM, tornando o método mais exato.

Observa-se que após cálculo do método proposto, verificou-se pequenas melhoras em relação ao método HS para o EAM.

Tabela 3. Comparação dos métodos de HS, HS calb. e MP com o método padrão FAO-PM.

	Aimorés			Caratinga			C. do Mato Dentro			Viçosa		
	HS	HSc	MP	HS	HSc	MP	HS	HSc	MP	HS	HSc	MP
EAM	0,95	0,42	0,41	0,83	0,44	0,43	1,18	0,41	0,41	0,94	0,39	0,38
REQM	1,10	0,54	0,53	0,97	0,58	0,57	1,30	0,55	0,55	1,07	0,51	0,51
r	0,90	0,91	0,91	0,88	0,88	0,89	0,87	0,87	0,87	0,90	0,90	0,90
d	0,83	0,95	0,96	0,84	0,94	0,94	0,75	0,93	0,93	0,82	0,95	0,95
C	0,75	0,87	0,87	0,74	0,83	0,83	0,66	0,81	0,81	0,74	0,85	0,85
EF	0,30	0,83	0,84	0,38	0,78	0,79	-0,34	0,76	0,76	0,17	0,81	0,81

Com relação aos valores de REQM, observa-se que houve um comportamento parecido com o observado pelo EAM. No entanto, verifica-se que o coeficiente de relação de Pearson (r) não demonstrou melhora após calibração e cálculo do novo método proposto. Os índices (d), (C) e EF demonstraram melhoras quando a equação HS foi calibrada e quando o MP foi calculado. Os três índices aproximaram seus valores de 1, demonstrando uma melhora na concordância, confiança e eficiência dos métodos respectivamente.

CONCLUSÃO: Constatou-se que os métodos Hargreaves-Samani calibrado e método proposto proporcionaram melhorias em todas as estações estudadas quando comparados com o método padrão FAO Penman-Monteith.

REFERÊNCIAS:

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. **Irrigation and Drainage Paper No. 56**, FAO, n. 56, p. 300, 1998.
- BORGES JÚNIOR, J. C. F.; OLIVEIRA, A. L. M.; ANDRADE, C. L. T. DE; PINHEIRO, M. A. B. Equação de Hargreaves-Samani calibrada em diferentes bases temporais para Sete Lagoas, MG. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 1, p. 38–49, 2017.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília: ANA, 2013, 432 p.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2015**. Brasília: ANA, 2015c, 88 p.
- CAMARGO, Â. 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**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CAMARGO, Â. P.; PEREIRA, A. R. **Prescrição de rega por modelo climatológico**. Campinas: Fundação Cargill, 1990. 27p.
- CBH DOCE. **A Bacia do Rio Doce**, Governador Valadares -MG, 2016. Disponível em: < <http://www.cbhdoce.org.br/institucional/a-bacia>>. Acesso em: 26 abr. 2017.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. **American Society of Agricultural Engineering**, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985.
- WILLMOTT, C. J.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. **Climate Research**, v. 30, n. 1, p. 79-82, 2005.
- WILLMOTT, C. J.; ROBESON, S. M.; MATSUURAA, K. Short Communication: A Refined Index of Model Performance. **International Journal of Climate**, v. 32, n.1, p. 2088-2094, 2012.