

ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA COM REQUERIMENTO MÍNIMO DE DADOS PARA O TRIÂNGULO MINEIRO, MG

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: Um dos aspectos primordiais para obtenção de alta eficiência na irrigação é a acurácia na estimativa da evapotranspiração de referência. Propõe-se no presente trabalho a comparação dos métodos Hargreaves-Samani, Hargreaves-Samani calibrado localmente por meio da minimização do Erro Absoluto Médio (EAM) e um novo método proposto de estimativa de evapotranspiração de referência com o método padrão Penman-Monteith (FAO56) para a mesorregião do triângulo mineiro no estado de Minas Gerais. Foram utilizados dados de temperatura máxima e mínima do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e horas de brilho solar de estações convencionais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em séries históricas de 54 anos de dados. Para comparação entre os métodos utilizou-se o erro absoluto médio (EAM), coeficiente de correlação (r), raiz quadrada do erro quadrático médio (REQM), índice de concordância de Willmott (d), índice e confiança (c) e eficiência do modelo (EF). Verificou-se dentre estes indicadores que o Método Proposto se destacou para todas as estações presentes nesta região de estudo.

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

ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION WITH MINIMUM DATA REQUERIMENT FOR THE TRIÂNGULO MINEIRO, MG, BRAZIL

ABSTRACT: One of the most important aspects to obtain high efficiency in irrigation is the accuracy in the estimation of reference evapotranspiration. It is proposed in the present work the comparison of the Hargreaves-Samani, locally calibrated Hargreaves-Samani methods through the minimization of the Mean Absolute Error (MAE) and a new proposed method of estimating reference evapotranspiration using the Penman-Monteith standard method (FAO56) for the mesoregion of the Triângulo Mineiro in the state of Minas Gerais. Maximum and minimum air temperature, wind velocity, relative humidity and sunshine hours of conventional stations belonging to the National Institute of Meteorology (INMET) were used in a historical series of 54 years of data. 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) where used to compare the methods. It was verified among these indicators that the Proposed Method was highlighted for all stations present in this study region.

KEYWORDS: FAO Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Irrigation management.

INTRODUÇÃO: O Brasil possui uma das maiores áreas irrigada do mundo. De acordo com dados dos censos agropecuários realizados pelo IBGE entre 1960 a 2006 e da ANA (2014), a irrigação no Brasil tem crescido a taxas médias anuais entre 4,4% e 7,3% desde a década de 1960. A mesorregião do Triangulo Mineiro possui uma área de 90.545 km². Sua estrutura econômica é baseada na produtividade de grãos, café, pecuária e agroindústrias (IBGE, 2013). A irrigação na região tem forte influência do uso de pivôs central, esse método de irrigação corresponde por cerca de 54,76% do volume de água utilizado no uso consultivo (ANA, 2016). Dada a escassez dos recursos hídricos, a utilização da água em áreas irrigadas deve ser o mais efetivo possível. A determinação do consumo de água pelas culturas passa a ser um requisito fundamental para o sucesso da irrigação, isto pode ser realizado através de estimativas de evapotranspiração. Desta forma, a FAO propôs a evapotranspiração de referência (ET_o), definida como a taxa de evapotranspiração de uma superfície de referência com altura de 0,12 m, uma resistência de superfície de 70 s m⁻¹ e um albedo de 0,23, considerando como superfície de referência uma cultura hipotética com altura uniforme, sem restrições de água, crescendo ativamente e sombreando completamente o 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 ao Triângulo Mineiro no estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado no Triângulo Mineiro no estado de Minas Gerais. Utilizaram-se dados meteorológicos em base diária no período de 1961 a 2015, a disponibilização dos dados ocorreu pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), de seis estações meteorológicas convencionais caracterizadas na Tabela 1. Foram utilizados dados de temperatura máxima (T_{max}, °C), mínima (T_{min}, °C) e média (T_{med}, °C); horas de brilho solar diário (n, h); velocidade do vento média diária a dois metros de altura (U₂, 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)
Araxá	1	-19,60°	-46,94 °	1023,61	14.189
Capinópolis	2	-18,71 °	-49,55 °	620,60	12.853
Frutal	3	-20,03 °	-48,93 °	543,67	4.009
Ituiutaba	4	-18,95 °	-49,52 °	560,00	6.969
Patos de Minas	5	-18,51 °	-46,43 °	940,28	17.015
Uberaba	6	-19,73 °	-47,95 °	737,00	16.409

Os dados foram tabulados na planilha eletrônica Microsoft Office Excel 2016, foram realizadas análises de consistência. Nesta análise houve eliminação de todas as linhas nas quais no mínimo um dado dos quatro parâmetros meteorológicos necessários ao cálculo da ET_o pelo método FAO Penman-Monteith era faltoso.

Após a verificação, realizou-se o cálculo da ET_o 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. Logo após, realizou-se a calibração, em que consistiu-se 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, através 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 ($mm\ d^{-1}$);

Para comparação do desempenho dos métodos testados em relação ao método padrão FAO Penman-Monteith, foram utilizados o erro absoluto médio (EAM), 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 expoente e coeficientes das equações de Hargreaves-Samani calibrado (HSc) e do Método Proposto (MP) estão listados nas Tabela 2. Com o objetivo de obter precisão na apresentação dos resultados, os coeficientes e expoentes do método Hargreaves-Samani calibrado foram arredondados em 6, 3 e 4 casas decimais para A_{HS} , B_{HS} e C_{HS} , respectivamente; para o Método Proposto foram arredondados 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}
Araxá	0,001	0,7836	8,476	0,000935	-0,000089	-3,364	0,046952	3,519
Capinópolis	0,002	0,686	8,591	0,000921	-0,000112	-3,714	0,047824	3,615
Frutal	0,002	0,5892	6,000	0,000946	-0,000100	-3,085	0,042207	3,403
Ituiutaba	0,002	0,5779	1,657	0,000616	-0,000066	-3,058	0,049521	3,730
Patos de Minas	0,001	0,7575	18,636	0,002008	-0,000068	-2,356	0,023742	2,574
Uberaba	0,002	0,6875	5,357	0,000695	-0,000091	-3,817	0,052157	3,962

Observa-se nas Tabelas 3 e 4, o resultado das estatísticas utilizadas para comparação dos métodos. Verifica-se que houve uma redução no EAM quando o método HS foi calibrado, a redução variou de 25,92% a 61,05%. A mesma redução foi observada quando o Método Proposto foi calculado, demonstrando-se até um pouco superior ao método HSc. ALENCAR et al. (2011), avaliando diferentes métodos de estimativa da ETo para região de Uberaba, verificaram que o método HS obteve o pior desempenho dentre os métodos avaliados.

Verifica-se também, que o REQM se comportou de forma parecida com o EAM, com redução nos seus valores após a calibração. Melhoras no (d), (C), e (EF) também foram observadas, com destaque para o EF na estação de Ituiutaba, no método HS o valor foi de -0,47 e quando houve a calibração esse valor se elevou a 0,69.

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

	Araxá			Capinópolis			Frutal		
	HS	HSc	MP	HS	HSc	MP	HS	HSc	MP
EAM	0,73	0,54	0,53	0,86	0,59	0,56	0,89	0,47	0,45
REQM	0,91	0,69	0,68	1,07	0,75	0,74	1,06	0,60	0,59
r	0,77	0,80	0,81	0,76	0,78	0,79	0,85	0,86	0,86
d	0,82	0,89	0,89	0,79	0,88	0,88	0,81	0,92	0,93
C	0,63	0,72	0,72	0,60	0,69	0,70	0,69	0,79	0,80
EF	0,36	0,63	0,64	0,21	0,61	0,62	0,17	0,73	0,75

Tabela 4. Comparação dos métodos de HS, HS calb. e MP com o método padrão FAO-PM.

	Ituiutaba			Patos de Minas			Uberaba		
	HS	HSc	MP	HS	HSc	MP	HS	HSc	MP
EAM	1,18	0,46	0,44	0,81	0,52	0,51	0,87	0,56	0,54
REQM	1,32	0,61	0,60	0,98	0,68	0,67	1,04	0,73	0,72
r	0,83	0,83	0,84	0,76	0,80	0,80	0,78	0,80	0,81
d	0,73	0,91	0,91	0,80	0,88	0,89	0,81	0,89	0,89
C	0,60	0,76	0,76	0,61	0,70	0,71	0,63	0,71	0,72
EF	-0,47	0,69	0,70	0,22	0,63	0,64	0,27	0,64	0,65

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:

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2013**. Brasília: ANA, 2014, 432 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - 2014**: relatório síntese / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2016.
- ALENCAR, L. P. DE; DELGADO, R. C.; ALMEIDA, T. S.; WANDERLEY, H. S. Comparação de diferentes métodos de estimativa diária da evapotranspiração de referência para a região de Uberaba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 337-343, 2011.
- 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.
- 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.
- 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.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
- 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.