

ANÁLISE DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM SETE LAGOAS, MG, EM LONGA SÉRIE DE DADOS

JOÃO C. F. BORGES JÚNIOR¹, ANTONIO J. STEIDLE NETO², CAMILO L. T. ANDRADE³, PRISCILLA T. NASCIMENTO⁴, IVALDO M. BOGGIONE⁵

¹ Eng^o Agrícola, Prof. Adjunto, Campus Sete Lagoas, UFSJ, Sete Lagoas - MG, Fone: (31) 3771.3305, jcborges@ufs.edu.br

² Eng^o Agrícola, Prof. Dr., Campus Sete Lagoas, UFSJ, Sete Lagoas - MG

³ Eng^o Agrícola, Pesquisador Dr., Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG

⁴ Estudante de Graduação no Curso de Agronomia, Campus Sete Lagoas, UFSJ, Sete Lagoas - MG

⁵ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Campus Sete Lagoas, UFSJ, Sete Lagoas - MG

Apresentado no
XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2013
04 a 08 de Agosto de 2013 - Fortaleza - CE, Brasil

RESUMO: Técnicas para estabelecimento do manejo de irrigação ou zoneamento para cultivos irrigados ou de sequeiro requerem dados de evapotranspiração de referência, ETo. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o desempenho dos métodos FAO-24 Radiação, Priestley-Taylor, Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle, para estimativa da ETo em base diária para Sete Lagoas, MG, comparando-se com o método padrão FAO Penman-Monteith. Os métodos requerem diferentes bases de dados, o que pode ser crítico quanto à aplicabilidade. Utilizou-se dados de uma série histórica original dos anos de 1927 a 2010, em base diária, da Estação Meteorológica do INMET-Embrapa Milho e Sorgo. Após análise de consistência de dados, obteve-se o total de 30.395 dias de dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa, insolação e velocidade de vento, processados com o programa REF-ET, versão 3.1.08 (2012). Na comparação, empregou-se as estatísticas erro absoluto médio (EAM), coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d) e índice de confiança (C). Considerando EAM, d e C, os métodos foram ranqueados na seguinte ordem (do melhor para o pior): Blaney-Criddle, Priestley-Taylor, FAO-24 Radiação e Hargreaves-Samani. Para este último método, que requer menor base de dados, há perspectiva de melhoria no desempenho por meio de calibração.

PALAVRAS-CHAVE: Erro absoluto médio, índice de concordância de Willmott, requerimento de irrigação

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ANALYSIS IN SETE LAGOAS, MG, BRAZIL, AT LONG DATA SERIES

ABSTRACT: Techniques for establishment of irrigation management or zoning for rainfed or irrigated crops require data of reference evapotranspiration, ETo. This study aimed to evaluate the performance of the methods FAO-24 Radiation, Priestley-Taylor, Hargreaves-Samani and Blaney-Criddle, to estimate ETo on a daily basis to Sete Lagoas, MG, Brazil, by comparison with the standard method FAO Penman-Monteith. The methods require different data base, which can be critical for the applicability. We used data from an original historical series for the years 1927 to 2010, on a daily basis, from the Meteorological Station of INMET-EMBRAPA Milho e Sorgo. After a consistency analysis, we obtained a total of 30,395 days of data for maximum and minimum temperature, relative humidity, sunshine hours and wind speed, processed with the REF-ET software, version 3.1.08 (2012). For methods comparison, it was employed the statistics mean absolute error (MAE), the correlation coefficient (r), index of agreement (d) and confidence index (C). Considering MAE, d and C, the methods were ranked in the following order (from best to worst): Blaney-Criddle, Priestley-Taylor, FAO-24 Radiation and Hargreaves-Samani. For the latter method, which requires smaller data base, there is the prospect to improve performance through calibration.

KEYWORDS: mean absolute error, index of agreement of Willmott, irrigation requirement

INTRODUÇÃO: É notável o potencial da agricultura irrigada em promover avanços econômicos e sociais em diferentes regiões do mundo. Contudo, a irrigação deve ser praticada com elevada eficiência, haja vista a crescente relação entre demanda e disponibilidade hídrica e os elevados requerimentos de água nesta atividade. Provavelmente, as técnicas mais difundidas de manejo da irrigação são baseadas na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o). Esta variável é relevante no planejamento também da agricultura de sequeiro. Métodos indiretos para estimativa da ET_o, baseados em equações, podem ser agrupados conforme o requerimento de dados. Há aqueles com requerimento de dados combinados, como o Penman-Monteith e FAO 24 Penman, com requerimento de dados de radiação e, ou temperatura, citando os métodos FAO 24 Radiação e Priestley-Taylor, e ainda os que têm como principal requerimento os dados de temperatura, entre estes o método de Hargreaves-Samani (DOORENBOS & PRUITT, 1975; JENSEN et al., 1990). O método padrão para estimativa da ET_o é o FAO Penman-Monteith, no qual se emprega o conceito de cultura hipotética (ALLEN et al., 1998; BERNARDO et al., 2008). O requerimento de um conjunto amplo de dados de radiação, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento impõe obstáculos à difusão e aplicação do método FAO Penman-Monteith, seja a séries históricas com dados faltosos ou por irrigantes que não dispõem de recursos técnico-financeiros para obtenção de todos os dados meteorológicos necessários. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho dos métodos FAO-24 Radiação, Priestley-Taylor, Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle, para estimativa da ET_o em base diária para Sete Lagoas, MG, por meio de comparação com o método padrão FAO Penman-Monteith.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizados dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar, horas de brilho solar e velocidade do vento, em base diária, de uma série histórica obtida da estação meteorológica do INMET-Embrapa Milho e Sorgo, na latitude 19° 40' Sul, longitude 44° 17' Oeste e altitude de 732 m, dos anos de 1927 a 2010. Procedeu-se a análise de consistência dos dados tabulados em planilhas eletrônicas, por meio de procedimentos computacionais e análise visual de gráficos. Para número de horas de brilho solar, valores máximos foram verificados com base no dia do ano. Considerou-se o valor mínimo de 0,5 m s⁻¹ para a velocidade do vento, conforme recomendado em ALLEN (2011). Períodos com sequências de falhas superiores a 10 dias foram descartados. Dados faltosos foram preenchidos considerando-se a média do dia anterior e dia posterior à falha. Após análise de consistência de dados, obteve-se o total de 30.395 dias de dados, frente a 30.680 dias do período, ou seja, houve redução de 0,9% do total de dias de dados. Utilizou-se o programa REF-ET, versão 3.1.08 - 2012 (ALLEN, 2011), para processamento dos dados, calculando-se a evapotranspiração de referência segundo os métodos FAO Penman-Monteith, FAO-24 Radiação, Priestley-Taylor, Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle. Os resultados foram tabulados em planilha eletrônica e comparados ao obtidos com o método FAO Penman-Monteith, segundo valores máximos e mínimos, médias, desvios padrão, coeficientes de correlação (r), coeficiente de regressão (R²), coeficientes angular (a) e linear (b) da regressão linear, erro absoluto médio (EAM), índice de concordância (d) e índice de confiança (C). Os três últimos são descritos por meio das equações:

$$EAM = N_d^{-1} \sum_{i=1}^{N_d} |P_i - O_i| \quad (1)$$

$$d = 1 - \left[\sum_{i=1}^{N_d} (P_i - O_i)^2 / \sum_{i=1}^{N_d} (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2 \right] \quad (2)$$

$$C = d r \quad (3)$$

em que,

N_d - número de pares de dados

P_i - valor de ET_o estimado pelo método avaliado, mm

O_i - valor de ET_o estimado pelo método padrão FAO Penman-Monteith, mm

\bar{O} - média dos valores O_i , mm

Como se observa na Equação 3, o índice C é obtido pelo produto do índice de precisão (coeficiente de correlação, r) pelo índice de exatidão (d), podendo-se, por meio deste índice, classificar o desempenho do método conforme critérios sugeridos por CAMARGO & SENTELHAS (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos da aplicação dos diferentes métodos e da comparação com o método FAO Penman-Monteith.

TABELA 1. Comparação dos métodos avaliados com o método padrão FAO Penman-Monteith.

		FAO Penman-Monteith	FAO 24 Radiação	Blaney-Criddle	Hargreaves-Samani	Priestley-Taylor
Máximo	(mm)	8,6	8,9	8,7	8,4	7,7
Mínimo	(mm)	1,1	0,9	0,9	0,8	1,4
Média	(mm)	3,7	4,4	3,9	4,5	4,1
DP	(mm)	1,15	1,56	1,17	1,08	1,31
CV		30,7%	35,2%	30,2%	24,1%	32,1%
r			0,95	0,93	0,83	0,93
a			1,29	0,94	0,78	1,06
b	(mm)		-0,41	0,33	1,55	0,11
R ²			0,91	0,86	0,69	0,86
EAM	(mm)		0,78	0,37	0,80	0,49
d			0,89	0,96	0,82	0,94
C			0,85	0,89	0,69	0,88

DP = desvio padrão, r = coeficientes de correlação, R² = coeficiente de regressão, a = coeficiente angular da reta de regressão, b = coeficiente linear da regressão linear, EAM = erro absoluto médio, d = índice de concordância e C = índice de confiança.

Na Tabela 1, observa-se amplitude entre valor máximo e mínimo da ETo igual a 7,5 mm para o método padrão FAO Penman-Monteith. O método Hargreaves-Samani propiciou a maior aproximação desta amplitude, com 7,6 mm. Apenas para o método Priestley-Taylor observou-se menor amplitude que a obtida com o método padrão. Observa-se que todos os métodos geraram valores médios de ETo superiores ao obtido com o método padrão, verificando-se maior aproximação com o método Blaney-Criddle e maior distanciamento com o método Hargreaves-Samani. O maior coeficiente de correlação (r) entre o método testado e o método padrão foi verificado para o método Blaney-Criddle. Apenas com o método Hargreaves-Samani observou-se r inferior a 0,9. Para este método em comparação com o método padrão, BORGES JÚNIOR et al. (2012) obtiveram valores r iguais a 0,84 e 0,90, respectivamente, para estação seca e chuvosa em Garanhuns, PE. MELO & FERNANDES (2012), em estudo a partir de série com 21 anos de dados meteorológicos mensais de Uberaba, MG, encontraram r igual a 0,88 na comparação entre o método Hargreaves-Samani e o método FAO Penman-Monteith. Em relação à regressão linear, verificou-se coeficiente lineares inferiores à unidade para os métodos Blaney-Criddle e Hargreaves-Samani. Entretanto, o coeficiente de regressão foi consideravelmente superior para o primeiro. Para o método Priestley-Taylor, SILVA et al. (2005) encontraram valores de R² iguais a 0,91 e 0,42 em dois meses analisados no ano de 2002 em Petrolina, PE, inferiores, portanto, ao verificado neste trabalho. O coeficiente de regressão mais próximo da unidade foi obtido com o método FAO 24 radiação. Apenas para este método obteve-se coeficiente linear negativo, observando-se clara tendência de sobrestimativas para valores de ETo superiores a 4 mm d⁻¹. Em relação aos parâmetros EAM, d e C, verificou-se melhor desempenho para o método Blaney-Criddle, seguido dos métodos Priestley-Taylor, FAO-24 Radiação e Hargreaves-Samani. Com base nos valores de C apresentados na Tabela 1 e nos critérios de classificação propostos por CAMARGO & SENTELHAS (1997), obteve-se desempenho “Ótimo” para o Blaney-Criddle e Priestley-Taylor, “Muito Bom” para o método FAO-24 Radiação e “Bom” para o método Hargreaves-Samani. É necessário observar que o método Blaney-Criddle, embora originalmente desenvolvido para ser empregado com requerimento de dados de temperatura do ar, é processado no programa REF-ET utilizando-se também dados de umidade relativa, velocidade do vento e horas de brilho solar para cálculo dos coeficientes envolvidos no método. Deste modo, passa a ser caracterizado como um método combinado, diferente do que se verifica com o método Hargreaves-Samani, este sim, envolvendo requerimento de dados meteorológicos apenas de temperatura máxima e mínima do ar. Quanto ao método Hargreaves-Samani, BORGES & MEDIONDO (2007), obtiveram aumento no valor de C com emprego de procedimento de calibração, chegando a alcançar 0,996. A calibração também propiciou melhoria no valor de C para o método Hargreaves-Samani no estudo de BORGES

JÚNIOR et al. (2012), embora de forma menos expressiva. Baseando-se nestes estudos, espera-se que procedimentos de calibração com base na minimização do EAM, aliados à análise em diferentes estações, propiciaria aumento nos valores de C para este método, que tem como vantagem um requerimento de dados notavelmente menor que o que se verifica com o método FAO Penman-Monteith.

CONCLUSÕES: O melhor desempenho, com base no EAM, foi obtido para o método Blaney-Criddle, seguidos pelos métodos Priestley-Taylor, FAO-24 Radiação e Hargreaves-Samani. Para este último há expectativa de melhoria no desempenho por meio da calibração de coeficientes. Também para o método Hargreaves-Samani, deve-se considerar que é o de menor requerimento de dados de entrada, podendo ser empregado em situações com falta de dados em séries históricas ou para subsidiar manejo da irrigação com disponibilidade apenas de dados de temperatura do ar.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALLEN, R.G. **REF-ET: Reference Evapotranspiration Calculation Software for FAO and ASCE Standardized Equations**. University of Idaho. 2011. Disponível em <http://extension.uidaho.edu/kimberly/files/2013/03/Ref-ET-V3.1-Users-Manual.pdf>, acessado em 24/04/2013.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 Ed. Rev. Atualizada e ampliada. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.
- BORGES, J. C. F.; ANJOS, R. J.; SILVA, T. J. A.; LIMA, J. R. S.; ANDRADE, C. L. T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.4, p.380–390, 2012.
- BORGES, A. C.; MEDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.3, p.293-300, 2007.
- CAMARGO, A. P.; 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.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Guidelines for predicting cropwater requirements. Rome: FAO, 1975. 179 p. (Irrigation and Drainage, Paper 24).
- JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990, 332 p.
- MELO, G. L.; FERNANDES, A. L. T. Evaluation of empirical methods to estimate reference evapotranspiration in Uberaba, state of Minas Gerais, Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.5, p.875-888, 2012.
- SILVA, V. P. R.; BELO FILHO, A. F.; SILVA, B. B.; CAMPOS, J. H. B. C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.547-53, 2005.