III CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER - PDVAGRO 2018

DESEMPENHO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA IPAMERI/GO

PERFORMANCE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATING METHODS FOR IPAMERI/GO

Apresentação: Pôster

Romulo da Mota Santos¹; Elton Ferreira Lima²; Thácila Luana Lima da Silva³;
Mickaelle Alves de Sousa Lima⁴; Cristiane Matos da Silva⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00416>

Introdução

As atividades agrícolas demandam grandes quantidades de água e, sendo cada vez mais preocupante a sua escassez, esforços têm sido empregados no desenvolvimento de pesquisas que possibilitem a sua economia em todo o planeta. Neste sentido, o correto conhecimento da evapotranspiração das culturas (ET_c), seja para elaboração de projetos e/ou manejo de irrigação, assume fundamental importância (RIBEIRO et al., 2016).

Para Medeiros (2002) a ET_c é considerada a variável mais importante no dimensionamento de um projeto de irrigação, pois esta indica o quanto de água deve ser reposta a uma determinada cultura de modo a garantir um retorno satisfatório ao produtor e, sendo a ET_c função da evapotranspiração de referência (ET_o), a determinação da ET_o passa a ser de fundamental importância nos projetos, no planejamento e no manejo da irrigação.

Diante de tudo ora citado, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de quatro métodos (Kharrufa, Linacre, McCloud e Turc) para estimativa da ET_o diária por meio de comparações com o método padrão de Penman-Monteith-FAO56, em Ipameri/GO.

Fundamentação Teórica

¹ Graduação em Agronomia, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), romulom.santos@hotmail.com

² Graduação em Agronomia, UEMASUL, elton110@hotmail.com

³ Graduação em Agronomia, UEMASUL, thacila_luana@hotmail.com

⁴ Graduação em Agronomia, UEMASUL, mickaellesousalima@gmail.com

⁵ Professora Especialista, UEMASUL, crisamatos@bol.com.br

Atualmente existe uma grande quantidade de métodos desenvolvidos para estimativa da ETo, que dependendo da região podem mudar seu desempenho, uma vez que todos eles têm algum conhecimento empírico (SENTELHAS et al., 2010). Entre esses métodos, o método de PenmanMonteith, parametrizado pela FAO no seu manual número 56, foi estabelecido como método padrão para a determinação da ETo (ALLEN et al., 1998).

No entanto, o método de Penman-Monteith requer variáveis meteorológicas muitas vezes não disponíveis em estações meteorológicas e, por esse motivo, pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de avaliar métodos que utilizem menor número de variáveis meteorológicas e apresentem melhor desempenho em relação ao método padrão (HALLAL et al., 2017).

Metodologia

Os dados meteorológicos necessários para a execução desse trabalho (temperatura do ar máxima, mínima e média (°C), umidade relativa média (%) e velocidade do vento (m.s⁻¹)) foram obtidos entre o período de 01 de janeiro de 2000 e 31 de dezembro de 2017 na estação meteorológica convencional, do Instituto nacional de meteorologia (INMET), localizada em Ipameri/GO, com coordenadas geográficas 17°43'19" S, 48°09'35" W e altitude média de 764m.

O clima da região segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical estacional, com precipitação pluviométrica anual de aproximadamente 1600 mm (ALVARES et al., 2014).

Os métodos utilizados para a estimativa da ETo foram: Kharrufa, Linacre, McCloud e Turc. Todos foram comparados ao método de Penman-Monteith (Tabela 1), considerado padrão pela FAO.

TABELA 1. Metodologia usada como padrão para comparação com as outras metodologias.

Metodologia	Equação
Penman-Monteith-FAO56 (ALLEN et al., 1998)	$ETo = \frac{[0,408 \cdot \Delta \cdot (Rn - G) + \left(\frac{900 \cdot U_2}{T + 273}\right) \cdot (es - ea)]}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)}$

ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Δ = declividade da curva de pressão (kPa °C⁻¹); Rn = saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹); G = fluxo de calor (MJ m⁻² dia⁻¹); γ = constante psicrométrica (MJ kg⁻¹); T = temperatura média (°C); U₂ = velocidade do vento (m s⁻¹); es = pressão de saturação de vapor (kPa); ea = pressão de vapor (kPa);

Na comparação dos valores de ETo obtidos pelos métodos empíricos em relação ao padrão Penman-Monteith-FAO56 foi considerado a análise de correlação e regressão linear para obtenção dos coeficientes da equação (Y = a + bx) e, do coeficiente de determinação (R²). Para a exatidão dos métodos empíricos, foi realizada a análise para a determinação do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (d) de Willmott et al., (1982), do índice de desempenho (c), e da estimativa do erro padrão (EPE) (Tabela 2).

TABELA 2. Indicadores estatísticos de desempenho dos métodos.

Indicadores estatísticos	Equação
Erro padrão de estimativa	$EPE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n} \right]^{1/2}$
Coeficiente de correlação de Pearson	$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O) \cdot (P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - P)^2}}$
Coeficiente de concordância	$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (P_i - O_i + O_i - O)^2} \right]$
Índice de confiança	$c = r \cdot d$

EPE = Erro padrão de estimativa; r = coeficiente de correlação de Pearson; d = coeficiente de concordância; c = índice de confiança; P_i = evapotranspiração estimada pelo método testado (mm.d^{-1}); P a média da evapotranspiração do método testado (mm.d^{-1}); O_i = evapotranspiração estimada pelo método padrão (mm.d^{-1}); e O = média dos valores observados pelo método padrão (mm.d^{-1}).

O coeficiente c, proposto por Camargo e Sentelhas (1997), é interpretado de acordo com os referidos autores como: “ótimo” ($c > 0,90$); “muito bom” ($0,81 < c < 0,90$); “bom” ($0,71 < c < 0,80$); “mediano” ($0,51 < c < 0,70$), “sofrível” ($0,41 < c < 0,50$), “mau” ($0,31 < c < 0,40$) e “péssimo” ($c < 0,30$).

Resultados e Discussões

A figura 1 apresenta os gráficos e os modelos resultantes da regressão linear dos diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência tendo o método de Penman Monteith como padrão.

Figura 1 - Regressão linear entre os valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) estimados pela comparação dos métodos de Kharrufa (A), Linacre (B), McCloud (C) e Turc (D) com o método padrão FAO Penman-Monteith, para o município de Ipameri/GO. Fonte: Própria.

Verifica-se na figura 1 que os métodos que apresentaram melhor ajuste, de acordo com o coeficiente de determinação (R^2), foram o de Turc (Figura 1D) e Linacre (Figura 1B) com valores de $R^2 = 0,78$ e $0,73$ respectivamente. Esses resultados mostram que esses métodos estimaram a ETo com maior precisão, ou seja, ocorreu pouca diferença entre os valores estimados por esses métodos em relação aos valores estimados pelo método padrão.

No entanto, vale ressaltar, que de acordo com Barros et al., (2009) a adoção do R^2 como único critério para definir a qualidade de um determinado método não é adequada, uma vez que esse parâmetro não estabelece o tipo e a magnitude das diferenças entre um valor padrão e um valor previsto por modelos de estimativa ou outros mecanismos de medida diferentes do padrão. Deste modo, a análise do erro padrão de estimativa (EPE), do coeficiente de correlação (r), dos índices de concordância de Wilmont (d), e do índice de desempenho (c) auxiliam a interpretação dos resultados.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados obtidos com a análise estatística dos dados.

TABELA 3. Valores do erro padrão de estimativa (EPE), coeficiente de correlação (r); índice de concordância (d); e do índice de desempenho (c), resultantes da comparação estatística entre ETo estimada pelos diferentes métodos em relação a ETo estimada pelo método de PM-FAO para Ipameri/GO. Fonte: Própria.

Métodos	EPE	r	D	c	Desempenho
Kharrufa	2,03	0,7003	0,3937	0,28	Péssimo
Linacre	1,41	0,8567	0,6091	0,52	Sofrível
McCloud	1,27	0,5874	0,5885	0,35	Péssimo
Turc	0,48	0,8852	0,8610	0,76	Bom

Observa-se na Tabela 3, que o método que apresentou melhor desempenho para estimativa da ETo foi o de Turc com valor do índice de desempenho “c” classificado como ótimo, apresentando coeficiente de correlação $r = 0,8852$ e índice de concordância $d = 0,8610$. Além disso esse método apresentou baixo valor para o EPE = $0,48 \text{ mm.dia}^{-1}$ confirmando seu desempenho satisfatório. Resultados semelhantes foram obtidos por Jung et al., (2016) que estimando a evapotranspiração de referência em uma região do Alto Pantanal, também encontraram desempenho bom com o método de Turc com valor de $c = 0,67$, $r = 0,97$, $d = 0,69$ e EPE = $1,47$.

O bom desempenho desse método provavelmente está associado ao fato de que este é baseado na radiação e segundo Berlatto e Molion (1981) os métodos baseados na radiação solar são os mais adequados para estimativa da ETo, pois a maior fonte de energia disponível para o fenômeno provém da radiação.

O método de Linacre por sua vez, apresentou o segundo melhor desempenho sendo classificado como sofrível com $c = 0,52$, $r = 0,8567$, $d = 0,6091$ e EPE $1,41 \text{ mm.dia}^{-1}$ (Tabela

3). Esses resultados corroboram com os encontrados por Araújo et al., (2010) que avaliando o desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em cidades do estado do Ceará, também encontraram desempenho sofrível para o método de Linacre em Cratêus/CE com valor de $c = 0,5790$, $r = 0,9340$, e $EPE = 1,021 \text{ mm.dia}^{-1}$.

O desempenho sofrível aqui encontrado pode ser explicado de acordo com Pereira et al., (2009) pelo fato que o método de Linacre, utiliza apenas dados de temperatura do ar e a altitude como variável do local, limitando a representatividade das condições climática para efeito de estimativa da ETo.

Diferente dos demais métodos avaliados nesse trabalho, os métodos de Kharrufa e MCCloud apresentaram os piores desempenho sendo ambos classificados como péssimo, com valores de $c = 0,28$ e $0,35$; $r = 0,7003$ e $0,5874$; $d = 0,3937$ e $0,5885$; $EPE = 2,03$ e $1,27$ respectivamente. Lima et al., (2017) estimando a evapotranspiração de referência por diferentes metodologias em Imperatriz/MA também encontraram péssimo desempenho por esses métodos.

O péssimo desempenho aqui encontrado pelo método de Kharrufa pode ser explicado pelo fato desse método ter sido desenvolvido para regiões áridas, diferente da região onde o presente trabalho foi desenvolvido. Por outro lado, o péssimo desempenho encontrado pelo método de MCCloud pode está associado ao fato de que este método relaciona somente dados de temperatura para estimativa da ETo gerando grandes erros na estimativa da mesma.

Conclusões

Os resultados obtidos mostram que para as condições climáticas do município de Ipameri/GO, o método de Turc, foi o que melhor se ajustou em relação aos demais, sendo seu uso recomendado como alternativa ao método padrão de Penman-Monteith.

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMUTH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**, Rome: FAO, 1998, 301p.
- ALVARES, C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C; GONÇALVES, J. L. M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ARAÚJO, E.M.; OLIVEIRA, J.B.; ARAÚJO, E.M.; LEDO, E.R.; SILVA, M.G. Desempenho de métodos de estimativa de ETo correlacionados com a equação padrão Penman Monteith FAO56, em cidades do estado do Ceará. **Revista Científica**, Vol. 5, número 2, jul-dez. 2010.

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.

BERLATO, M.A.; MOLION, L.C.B. Evaporação e evapotranspiração. **Boletim Técnico**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Agronômicas – Departamento de Pesquisa. Secretaria da Agricultura, 1981. 95p.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Agrometeorol.**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

HALLAL, M.O.C.; SCHÖFFEL, E.R.; BRIKNER, G.F.; CUNHA, A.R.; Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Pelotas, Rio Grande do Sul. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 60, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2017.

JUNG, L.H.; BISCARO, G.A.; OLIVEIRA, G.Q.; ALVES, M.A.; GIACON, G.M. Estimativa da evapotranspiração de referência em uma região do Alto Pantanal. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 28, N.2, p.168-177, Abri/Jun.2016.

LIMA, E.F.; SILVA, W.A.; SILVA, C.M.; SANTANA, J.S.; MORAES, R.G.S.; FONSECA, B.L.A.S. Estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) por diferentes metodologias. **Anais. SEMIC UEMASUL**, 2017.

MEDEIROS, A. T. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman- Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraíba, CE. Piracicaba, 2002. 103p. **Tese (Doutorado)**- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PEREIRA, D.R.; YANAGI, S.N.M.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M.; SILVA, L.A. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2488-2493, dez, 2009.

RIBEIRO, A.A.; SIMEÃO, M.; SANTOS, A.R.B. Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência no período chuvoso e seco em Piripiri (PI). **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 8, n. 3, p. 89-100, Set. 2016.

SENTELHAS, P.C., GILLESPIE, T.J., SANTOS, E.A. Evaluation of FAO Penman–Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canadá. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 5, p. 635-644, 2010.

WILLMOTT, C.J. **Some comments on evaluation of model performance**, Bulletin of American Meteorological Society, v.63, p.1309- 1313, 1982.