

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE CARACOL, PI

EMANUEL FRANÇA ARAÚJO¹, ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR²,
EVERALDO MOREIRA SILVA³, KAÍSE BARBOSA DE SOUZA⁴, EDSON DE OLIVEIRA
SANTOS⁵

¹ Eng. Florestal, mestrando em Solos e Nutrição de Plantas - UFPI, Bom Jesus/PI, (89)94219380, emanuelfa.bj@hotmail.com

² Eng. Agrônomo, pesquisador Embrapa Meio-Norte, Teresina/PI.

³ Eng. Agrônomo, professor UFPI/CPCE Bom Jesus/PI.

⁴ Eng. Florestal, mestranda em Solos e Nutrição de Plantas - UFPI, Bom Jesus/PI.

⁵ Eng. Florestal, mestrando em Solos e Nutrição de Plantas - UFPI, Bom Jesus/PI.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil.

RESUMO: Uma forma de verificar a adequacidade de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) é a comparação com o método-padrão FAO. Este trabalho teve como objetivo realizar o estudo comparativo das equações empíricas para estimativa da ET_o em comparação método padrão Penman-Monteith (PM-FAO 56), para as condições climáticas do município de Caracol, Piauí. Os métodos de estimativa da ET_o foram: Makking (MK), Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Criddle (BC), Ivanov (IVN) Jensen-Haise (JH), Camargo (CM), e Priestley-Taylor (PT). Foram utilizadas as variáveis climáticas em escala diária referentes ao período chuvoso (novembro a abril) e seco (maio a outubro), nos anos de 2010 a 2012, obtidas via plataforma de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para avaliar o ajuste dos modelos de estimativa da ET_o com o método de PM-FAO 56, foram analisados os coeficientes de correlação (r) e determinação (R²), concordância (d), desempenho (c) e erro padrão de estimativa (EPE). Os métodos de JH, PT e MK apresentaram, nessa ordem, os melhores resultados, para ambos os períodos para estimativas da ET_o para a região de Caracol, Piauí.

PALAVRAS-CHAVE: Variáveis climáticas, métodos empíricos, Penman-Monteith.

COMPARISON OF METHODS OF ESTIMATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION FOR THE CARACOL COUNTY, PIAUÍ STATE, BRAZIL

ABSTRACT: A way to verify the adequacy of methods of estimation of the reference evapotranspiration (ET_o) is the comparison with the FAO standard method. This work aimed to carry out the comparative study of empirical equations to estimate of the ET_o compared standard method Penman-Monteith (PM-FAO 56), to the climatic conditions of the municipality of Caracol, Piauí. The methods of estimation of the ET_o were: Makking (MK), Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Criddle (BC), Ivanov (IVN) Jensen-Haise (JH), Camargo (CM), and Priestley-Taylor (PT). Climatic variables were used in daily scale for the rainy season (November to April) and dry (May to October) in the years 2010 to 2012, obtained via data platform of the National Institute of meteorology (INMET). To evaluate the fit of the models of estimation of ET_o with the method of PM-FAO 56, we analyzed the correlation coefficients (r) and determination (R²), agreement (d), performance (c) and the standard error of estimate (EPE). The methods of JH, PT and MK presented, in that order, the best results for both periods for ET_o's estimates for the region of Caracol, Piauí.

KEYWORDS: Climatic variables, empirical methods, Penman-Monteith.

INTRODUÇÃO: Um dos componentes mais importantes e mais difícil de quantificar se no balanço hídrico é a evapotranspiração de referência (ET_o). Este termo é definido como a perda de vapor d'água para a atmosfera por meio do processo simultâneo de evaporação de água da superfície do solo e de transpiração da água pela planta. A estimativa da ET_o é importante para o manejo da água e para o dimensionamento dos sistemas de irrigação, sendo necessário estudos, ajustes e avaliações para a sua plena utilização (ANDRADE JUNIOR et al., 2010). A determinação da ET_o é um problema compartilhado por várias ciências que estudam o sistema solo-água-planta-atmosfera. Diante à necessidade de se conhecer a perda de água de superfícies vegetadas, vários pesquisadores desenvolveram vários métodos de estimativa de ET_o, sendo que muitos tem aceitação quase que unânime, enquanto outros são bastante criticados e até desprezados (TURCO et al., 2008). Uma forma de verificar a eficiência de métodos de ET_o é a comparação com o método-padrão. A equação FAO56 Penman-Monteith tem sido recomendada pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) como método físico matemático padrão para a estimativa da ET_o (SOUZA, 2011). Contudo, esse método apresenta um nível de exigência de dados de entrada que dificultam sua aplicação, uma vez que algumas variáveis meteorológicas utilizadas, nem sempre são medidos de forma eficiente em todas as estações meteorológicas disponíveis no Brasil (ALLEN et al., 1998). Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo comparar métodos empíricos de estimativa de evapotranspiração de referência em relação ao método PM-FAO 56, durante o período seco e chuvoso visando proporcionar informações básicas para o cálculo da ET_o aos produtores rurais da região do município de Caracol, PI.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados meteorológicos foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), coletados em uma estação agrometeorológica convencional de código nº 82976, localizada no município de Caracol, no sudoeste do Estado do Piauí, latitude 09° 16' 43" S, longitude 43° 19' 48" W e 522 m de altitude. O clima da região é caracterizado como semiárido. A série de dados diária, referente ao período de três anos, entre 2010 e 2012, foi dividida em período e seco (maio a outubro) e chuvoso (novembro a abril), de acordo com as características pluviométricas da região, de segundo com Andrade Júnior et al. (2004). Foram utilizados os métodos empíricos de estimativa da evapotranspiração de referência de Makking (MK), Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Criddle (BC), Ivanov (IVN) Jensen-Haise (JH), Camargo (CM), e Priestley-Taylor (PT) em comparação ao método padrão de Penman-Monteith (PM) (ALLEN et al., 1998). Para a análise comparativa entre os métodos avaliados e método padrão de PM-FAO 56, foram realizados cálculos de erro padrão de estimativa (EPE), dos coeficientes de determinação (R^2) e correlação (r), o índice d proposto por Willmott et al. (1985) e o índice de confiança c de desempenho (CAMARGO e SENTELHAS, 1997). Os cálculos e gráficos foram realizados com a utilização do software Microsoft Office Excel® (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 são apresentados os EPE, os R^2 , r , d e o índice c , entre os métodos em comparação ao método padrão, referente ao período seco. O método de IVN que utiliza como variáveis climáticas a temperatura média a umidade relativa do ar para o cálculo da ET_o apresentou o maior EEP (1,415), já o método MK, que utiliza como variável, a radiação solar apresentou o menor EEP (0,731). O coeficiente correlação de Pearson " r " indica o grau de correlação entre as modelos de estimativa de ET_o testados em relação ao método de PM-FAO 56 nas condições atmosféricas reinantes. De acordo com o coeficiente de correlação, somente os métodos de MK, JH e PT apresentaram valores em torno de 0,90 ou 90%, indicando que os métodos acima apresentam forte correlação ao método da FAO. Dentre os modelos avaliados para as condições de estiagem de Caracol, o método JH apresentou o melhor ajuste, sendo o único classificado como "Ótimo" pelo coeficiente de desempenho ou confiança (c), obtendo valor de 0,886. É importante ressaltar que o método de JH que utiliza como variáveis meteorológicas, a temperatura média diária e a radiação solar global, foi proposto para regiões áridas e semiáridas americanas, com condições similares às encontradas na região de Caracol, o que pode explicar esse comportamento (PEREIRA et al., 1997). Os modelos PT, MK e HS apresentaram desempenhos ligeiramente inferiores, obtendo os seguintes valores: 0,845; 0,793 e 0,764 respectivamente, porém apresentaram desempenho classificado como "Muito Bom", mostrando uma boa correlação ao método de PM-FAO 56. O método IVN, foi qualificado como intermediário apresentado valor de " c " de 0,682. Já os modelos CM e BC não apresentaram resultados

satisfatórios, apresentando os seguintes coeficientes: 0,649 e 0,609. O uso desses métodos no período seco, na região de Caracol, é desaconselhável para o manejo da irrigação, visto que visto os baixos desempenhos observados por meio dos indicadores estatísticos.

TABELA 1. Indicadores estatísticos da comparação entre os diferentes métodos em função do método PM-FAO 56 em escala diária para o período seco. **Statistical data comparing the different methods depending on the FAO-56 PM method on daily scale during the dry period.**

Métodos	EEP (mm.dia ⁻¹)	R ²	r	d	c	Desempenho
Jensen-Haise	1,076	0,796	0,892	0,994	0,886	Ótimo
Priestley-Taylor	1,307	0,817	0,904	0,935	0,845	Muito bom
Makking	0,731	0,828	0,91	0,872	0,793	Muito bom
Hargreaves-Samani	1,028	0,585	0,765	0,999	0,764	Muito bom
Ivanov	1,415	0,480	0,693	0,984	0,682	Bom
Camargo	0,810	0,423	0,650	0,999	0,649	Mediano
Blaney-Criddle	1,185	0,526	0,725	0,841	0,609	Sofrível
Médias	1,078	0,636	0,791	0,946	0,746	

EEP= estimativa do erro padrão; R²= coeficiente de determinação; r= coeficiente de correlação; d= coeficiente de concordância; c= coeficiente de desempenho.

Os resultados dos indicadores estatísticos de análise do desempenho dos métodos de estimativa da ETo para o período chuvoso, no município de Caracol estão apresentados na Tabela 2. De acordo com os resultados observados para no período úmido, os métodos que apresentaram os melhores ajustes foram JH, PT e MK sendo classificado como “Ótimo” pelo coeficiente de confiança “c”, obtendo valores: 0,948; 0,859 e 0,855. Além disso, apresentaram os maiores valores dos coeficientes de determinação “R²” e de correlação de Pearson “r”, indicado forte correlação com método padrão.

TABELA 2. Indicadores estatísticos da comparação entre os diferentes métodos em função do método PM-FAO 56 em escala diária referente ao período chuvoso. **Statistical data comparing the different methods depending on the FAO-56 PM method on daily scale referring to the rainy season.**

Métodos	EEP (mm.dia ⁻¹)	R ²	r	d	c	Desempenho
Jensen-Haise	1,069	0,904	0,951	0,997	0,948	Ótimo
Priestley-Taylor	1,374	0,885	0,941	0,913	0,859	Ótimo
Makking	0,765	0,906	0,952	0,898	0,855	Ótimo
Ivanov	1,514	0,519	0,721	0,997	0,718	Bom
Hargreaves-Samani	1,020	0,511	0,715	0,997	0,713	Bom
Blaney-Criddle	1,255	0,623	0,795	0,856	0,680	Bom
Camargo	0,729	0,403	0,635	0,997	0,634	Mediano
Médias	1,103	0,678	0,786	0,95	0,772	

EEP= estimativa do erro padrão; R²= coeficiente de determinação; r= coeficiente de correlação; d= coeficiente de concordância; c= coeficiente de desempenho.

A equação de JH mesmo apresentado boa adaptabilidade para o período seco, obteve o melhor resultado para o período chuvoso. Segundo Jensen et al. (1990), métodos que se baseiam na temperatura do ar e radiação, tendem subestimar a ETo em 15-20%. Resultados divergentes ao observado neste estudo para o período chuvoso. Sendo assim, esse método é o mais indicado para o cálculo da ETo como alternativa ao método PM-FAO 56, independentemente da época do ano para o município de Caracol. Em relação ao método de MK, Bragança (2007) fazendo um comparativo da ETo, observou que entre os melhores desempenhos para o período chuvoso da localidade de Sooretama, ES, estavam os métodos MK e PT, classificados como “Ótimo” e sem restrição de uso na estimativa da ETo, comportamentos semelhante ao observado neste estudo. Porém, o método PT, que é uma aproximação do método de Penman, deve ser empregado com restrição ou ajuste para o município de Caracol por apresentar elevado EEP (1,374), necessitando de uma calibração regional.

Silva et al. (2011), obteve índice de desempenho classificado como “Ótimo” para o método PT em Uberlândia, MG. Com índices de confiança de 0,718; 0,713 e 0,680, os modelos IVN, HS e BC, também podem ser utilizado para estimar a ETo pois apresentaram desempenho classificado como “Bom”. Mesmo apresentado menor EEP (0,729), o método CM apresentou resultado inferior às demais metodos de estimativa de ETo pelo índice de confiança igual a 0,634, com desempenho “Mediano”. Esse desempenho foi distinto ao observado por Borges e Mendiondo (2007) verificaram que o método de HS e CM, atenderam satisfatoriamente à estimativa da ETo na região da bacia do Rio Jacupiranga, SP, apresentando altos índices de confiabilidade, com valores de 0,997 e 0,959 respectivamente.

CONCLUSÃO: Os métodos de JH, PT e MK, apresentaram os melhores resultados, obtendo desempenho satisfatório quando comparados ao de Penman-Monteith, em ambos os períodos avaliados, podendo assim, indicá-los como alternativa na estimativa da ETo para o manejo de irrigação para os pequenos agricultores da região de Caracol, PI.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. & SMITH, M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome, FAO. 301 p.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; DA SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N.; FIGUEREDO JÚNIOR, L. G. M. (2004). Atlas climatológico do estado do Piauí. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 150 p. (Embrapa Meio Norte. Documentos, 101).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BARROS, M. A.; MOUSINHO, F. E. P.; BASTOS, E. A.; BRAGA, D. L. Equações empíricas para a estimativa da evapotranspiração de referência diária para Parnaíba e Santa Rosa do Piauí. III Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação e II Conferência sobre Recursos Hídricos do Semiárido Brasileiro. Junho de 2010, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- BRAGANÇA, R. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades no Estado do Espírito Santo. 2007. 69p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Fitotecnia) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, 1997.
- JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. Evapotranspiration and irrigation water requirements. New York: ASCE, 1990. 332p.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. (1997). Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 183p.
- SILVA, V.J.; CARVALHO, H.P.; DA SILVA, C.R.; CAMARGO, R.; TEODORO R.E.F. Desempenho de diferentes metodos de estimativa da evapotranspiracao de referencia diária em Uberlandia, MG. **Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 27, n. 1, p. 95-101, 2011.
- SOUZA, A. S. P. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para fins de manejo de irrigação. Dissertação (mestrado) – UFRJ/PPGM/IGEO/CCMN. Rio de Janeiro, 2011.
- TURCO, J. E. P.; PERECIN, D.; PINTO Jr, D. L. Influência da acurácia de instrumentos de medidas na comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. **Irriga, Botucatu**, v. 13, n. 1, p. 63-80, 2008.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, september 20, 1985