

## MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM CRISTINO CASTRO- PIAUÍ

**KAÍSE BARBOSA DE SOUZA<sup>1</sup>, ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR<sup>2</sup>, EVERALDO M. SILVA<sup>3</sup>, KARLA NAYARA SANTOS DE ALMEIDA<sup>4</sup>, MARCELO SIMEÃO<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Florestal, Mestranda em Engenharia agrônômica: Solos e Nutrição de Plantas - UFPI, Bom Jesus/PI, (89)9997-2630, kaisesouza172@yahoo.com.br

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

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, professor UFPI/ campus Bom Jesus/PI

<sup>4</sup> Eng. Florestal, Mestranda em Engenharia agrônômica: Solos e Nutrição de Plantas, UFPI/ campus Bom Jesus/PI

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando em Engenharia agrônômica: Solos e Nutrição de Plantas, UFPI/ campus 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:** Este trabalho teve como objetivo comparar métodos empíricos de estimativa de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) diária em relação ao método Penman-Monteith/FAO para o município de Cristino Castro- Piauí, utilizando série de dados coletados em estação agrometeorológica convencional para o período 01 de janeiro de 2010 a 31 dezembro de 2012. Os dados climáticos foram obtidos na estação agrometeorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados os métodos empíricos de estimativa da ET<sub>o</sub> de Jensen- Haise (JH), Makking (MK), Priestley-Taylor (PT), Ivanov (IVN), Camargo (CM), Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Criddle (BC). Todos foram comparados ao método de Penman-Monteith (PM), considerado padrão pela FAO. Para a análise comparativa entre os métodos avaliados e método padrão de PM foram realizados cálculos de erro padrão de estimativa (EPE), dos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e correlação (r), o índice *d* proposto por Willmott et al. (1985) e o coeficiente *c* de desempenho. Para o período chuvoso, o método de JH é o mais recomendado para a estimativa da ET<sub>o</sub> quando comparado ao de PM, seguido dos métodos de MK, PT e IVN. Para o período seco, o método de IVN é o melhor método sugerido para o município de Cristino Castro-PI.

**PALAVRAS CHAVE:** Penman-Monteith, Equações empíricas, Manejo de irrigação.

## METHODS OF ESTIMATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN CRISTINO CASTRO COUNTY – PIAUI STATE, BRAZIL

**ABSTRACT:** This work had as objective to compare empirical methods for estimating daily reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) in relation to Penman-Monteith/FAO method for Cristino Castro county, Piauí State, Brazil, using series of data collected in conventional agrometeorological weather station for the period 01 January 2010-31 December 2012. Climatic data were obtained from National Meteorology Institute (INMET) conventional weather station. Were used empirical methods for ET<sub>o</sub> estimating such as Jensen - Haise (JH), Makking (MK), Priestley - Taylor (PT), Ivanov (IVN), Camargo (CM), Hargreaves - Samani (HS) and Blaney - Criddle (BC). All were compared to the Penman - Monteith (PM), considered standard by FAO. For comparative analysis among the methods evaluated and standardized method of PM were performed estimate standard error (SEE), determination coefficient (R<sup>2</sup>) and correlation (r), index “d” proposed by Willmott et al (1985) and the coefficient “c” performance by Sentelhas & Camargo (1997). For the rainy season, JH method is the

best method recommended as ETo estimative when compared to PM, followed by MK, PT and IVN methods. For the dry season, IVN method is best suggested method for the Cristino Castro county, Piauí State.

**KEYWORDS:** Penman - Monteith, Empirical equations, Irrigation management.

**INTRODUÇÃO:** A evapotranspiração é um dos principais componentes do ciclo hidrológico e tem como definição a ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo e da transpiração das plantas (MENDONÇA et al., 2003). A precisão de sua estimativa é muito importante para diversos estudos, como balanço hidrológico, modelagem dos processos climatológicos, projetos, manejos de irrigação, simulação de produtividade de culturas e gerenciamento dos recursos hídricos (BACK, 2008). A Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) no Boletim da FAO-24, trata-se da evapotranspiração que ocorre sobre uma cultura hipotética com altura de 0,12 m de resistência aerodinâmica da superfície de 70 s.m-1 e albedo de 23% (0,23), em crescimento ativo e mantido a uma altura uniforme de 0,08 a 0,12 m (SANTOS, 2010). A ET<sub>o</sub> pode ser determinada pelo método direto (lisímetro) e indiretos como os métodos de Radiação Solar, Makkink, Linacre, Jensen-Haise, Camargo, Ivanov, Hargreaves-Samani, Tanque Classe “A” e outros (GONÇALVES et al., 2009). Dentre os vários métodos que existem para se estimar a ET<sub>o</sub> destaca-se o método de Penman-Monteith, sendo recomendado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) como o modelo padrão para a estimativa da ET<sub>o</sub> e calibração de métodos empíricos pois apresenta um melhor desempenho quando aplicado em diversos tipos de clima, (ALLEN et al., 1998). Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo comparar métodos empíricos de estimativa de evapotranspiração de referência, Jensen-Haise, Makkink, Priestley-Taylor, Ivanov, Camargo, Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle em relação ao método Penman-Monteith/FAO para o município de Cristino Castro- Piauí utilizando série de dados coletados em estação agrometeorológica convencional para o período de três anos completos, janeiro de 2010 a dezembro de 2012.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O presente trabalho foi realizado utilizando dados meteorológicos obtidos entre o período de 01 de janeiro de 2010/ 31 dezembro de 2012 na estação agrometeorológica convencional, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), especificamente da unidade situada em Cristino Castro, Piauí, com coordenadas geográficas Latitude: 8° 49' 4" Sul e Longitude: 44° 13' 26" Oeste com altitude média de 239 m. O clima é classificado como quente e semiúmido, a precipitação pluviométrica média anual (registrada na sede, 700 mm) é definida no Regime Equatorial Continental, com isoietas anuais em torno de 700 a 1.200 mm com período chuvoso estendendo-se de novembro a abril e período seco de maio a outubro (AGUIAR et al., 2004). Foram quantificados valores diários das temperaturas máximas (T<sub>máx</sub>), média (T<sub>méd</sub>), mínima (T<sub>mín</sub>), umidade relativa média do ar (UR<sub>méd</sub>), insolação (h), precipitações e velocidade do vento a 2m (V<sub>v</sub>). Os métodos empíricos de estimativa da Evapotranspiração de Referência utilizados foram: Jensen-Haise (JH), Makkink (MK), Priestley-Taylor (PT), Ivanov (IVN), Camargo (CM), Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Criddle (BC). Todos foram comparados ao método de Penman-Monteith (PM), considerado padrão pela FAO (Allen et al., 1998). Para a análise comparativa entre os métodos avaliados e método padrão de PM, foram realizados cálculos de erro padrão de estimativa (EPE), dos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e correlação (r), o índice *d* proposto por Willmott et al. (1985) e o coeficiente *c* de desempenho, que é o produto do coeficiente *r* com o índice *d* (Camargo e Sentelhas, 1997). Os cálculos e gráficos foram realizados com a utilização do software Microsoft Office Excel® (2007).

**RESULTADOS E DISCURSÃO:** Na Tabelas 1 são apresentados os EPE, os R<sup>2</sup> e *r* e o índice *d*, proposto por Willmott et al. (1985) e o índice *c* segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997) para o período úmido e seco, respectivamente.

**Tabela 1.** Desempenho dos métodos de estimativa da ET<sub>o</sub> diário para o período chuvoso (novembro a abril) em 2010 a 2012, em Cristino Castro, PI.

Métodos	EEP (mm.dia <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	R	d	c	Desempenho
<b>Período Úmido</b>						
JH	1	0,863	0,928	0,997	0,925	Ótimo
MK	0,745	0,804	0,896	0,892	0,799	Muito Bom
PT	1,343	0,771	0,87	0,918	0,799	Muito Bom
IVN	1,587	0,637	0,798	0,999	0,797	Muito Bom
CM	0,58	0,539	0,734	0,999	0,733	Bom
HS	0,989	0,525	0,724	0,996	0,721	Bom
BC	1,183	0,591	0,768	0,843	0,647	Mediano
<b>Período Seco</b>						
IVN	1,632	0,64	0,8	0,959	0,767	Muito Bom
CM	0,609	0,442	0,664	0,991	0,658	Mediano
JH	0,907	0,461	0,678	0,956	0,648	Mediano
BC	0,997	0,503	0,709	0,894	0,633	Mediano
HS	0,959	0,378	0,614	0,996	0,612	Mediano
PT	1,147	0,386	0,621	0,982	0,61	Mediano
MK	0,638	0,409	0,639	0,787	0,503	Mau

De acordo com os resultados obtidos em escala diária para o período úmido, o melhor método foi o de JH com desempenho “ótimo” ( $c = 0,92$ ;  $d = 0,99$ ;  $EEP = 1$ ) e boa precisão ( $r = 0,92$ ), com estimativa da ETo próxima da obtida pelo método padrão. Pereira et al. (2009) encontraram valores semelhantes ao analisar a Eto para o período chuvoso na Serra da Mantiqueira em Minas Gerais onde identificou na escala diária o melhor ajuste do método de JH, classificado como “ótimo”. Os métodos MK, PT e IVN apresentaram classificação de desempenho “muito bom” e os métodos CM e HS apresentaram “bom” desempenho. Oliveira et al. (2010) também encontraram desempenho “bom” para o método HS aplicado a região norte da Bahia. O método BC apresentou o pior índice de desempenho, sendo classificado como “mediano”. Estudos conduzidos por Conceição (2003), para região do Baixo Rio Grande – São Paulo, mostraram que o método HS apresentou melhor desempenho do que o método de BC, em que este apresentou um desempenho considerado “mediano”, assim como este estudo. Bragança et al. (2010) também encontraram resultados semelhantes ao avaliar os valores diários de ETo para o período chuvoso em 2005 na localidade Fazenda Experimental Bananal do Norte no município de Cachoeiro de Itapemirim- Espírito Santo onde o método HS apresentou classificação de desempenho ‘bom’ e o método MK classificado como “muito bom”. De acordo com a classificação proposta por Camargo e Sentelhas (1997), o método JH apresentou o melhor desempenho seguido de MK, PT, IVN, CM, HS e BC respectivamente, sendo método JH o melhor procedimento recomendado para a estimativa de evapotranspiração para o período úmido. Analisando o período seco observa-se que os desempenhos dos métodos de estimativa de ETo apresentaram classificações inferiores ao período chuvoso, variando de “muito bom” a “mau”, onde apenas os métodos IVN e BC obtiveram a mesma classificação de desempenho para ambos períodos. Assim, recomenda-se realizar ajustes dos métodos a fim de se obter estimativas mais satisfatórias da evapotranspiração. Analisando ainda o período seco, o método IVN apresentou o melhor desempenho de estimativa da ETo próxima da obtida pelo método padrão ( $c = 0,767$ ;  $d = 0,959$ ;  $EEP = 1,632$ ) e precisão ( $r = 0,64$ ), classificado como “muito bom”. Verificou-se a tendência dos métodos CM, JH, BC, HS e PT fornecerem classificação de desempenho ‘mediano’ e o método MK apresentou o pior desempenho, classificado como “mau”. Tagliaferre et al (2012) encontraram para o município de Piatã -Bahia a mesma classificação de desempenho, “mediano”, para o método HS. Reis et al. (2007), no estudo comparativo de métodos de estimativa de ETo, para três municípios do Espírito Santo, analisando o método (PT) e comparando com PM-FAO, observaram que para os três municípios analisados o método PT obteve os melhores resultados variando de “mediano” a “bom”, para dados diários no período seco.

**CONCLUSÃO:** Os resultados revelaram que apenas o método de JH obteve desempenho ótimo quando comparado ao de PM, sendo este recomendado como alternativa de estimativa da ETo para o

período chuvoso, seguido dos métodos MK, PT e IVN e para o período seco o método IVN é o melhor método recomendado para o município de Cristino Castro e conseqüentemente para o manejo de irrigação.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. B.; GOMES, J. R. C. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Cristino Castro**-Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 300 p. 1998. (FAO.Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BACK, A. J. Desempenho de métodos empíricos baseados na temperatura do ar para a estimativa da evapotranspiração de referencia em Urussanga, SC. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n.4, p. 449-466, 2008.
- BRAGANÇA, R.; REIS, E. F.; GARCIA, G. O.; PEZZOPANE, J. E. M. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência no período chuvoso para três localidades no Estado do Espírito Santo. **Idesia**, v.28, n.2, p.21-29, 2010.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.
- CONCEICAO, M. A. F. Estimativa da evapotranspiracao de referencia com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 229-236, 2003.
- GONÇALVES, F. M.; FEITOSA, H. O; CARVALHO, C. M.; GOMES FILHO, R. R.; VALNIR JÚNIOR, M. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, CE v.3, n.2, p.71–77, 2009.
- MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referencia (ETo) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande,v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.
- OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; BISPO, R. C.; SANTOS, I. M. S.; ALMEIDA, A. C. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na região norte da Bahia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.2, p.104–109, 2010.
- REIS, E. F.; BRAGANÇA, R.; GARCIA, G. O.; PEZZOPANE, J. E. M.; TAGLIAFERRE, C. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades do Estado do Espírito Santo no período seco. **IDESIA**, Chile, v. 25, n. 3, p. 75-84, set. – dez., 2007.
- SANTOS, W. O. **Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró-RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade**. 2010. 222 f. Monografia (Graduação em Agronomia)- Universidade Federal Rural do SemiÁrido (UFERSA), Mossoró-RN.
- 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.
- TAGLIAFERRE, CRISTIANO.; SILVA, J. P.; PAULA, A; GUIMARAES, D. U. G.; BARROSO, N. I. S. Estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades do estado da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 136-143, 138 mar.-jun, 2012.