



## COMPARAÇÃO DE EQUAÇÕES QUE ESTIMAM A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET<sub>0</sub>) COM O MODELO DE PENMAN-MONTEITH PADRÃO FAO NAS CONDIÇÕES DO MUNICÍPIO DE AREIA-PB

ÉDEN C. S. MARINHO<sup>1</sup>, TALITA. S. A. COSTA<sup>2</sup>, JOSÉ F. C. FILHO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Areia-PB, Fone: (81)95213010, [edencesar@hotmail.com](mailto:edencesar@hotmail.com);

<sup>2</sup> Mestre em Ciência do Solo-Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Depto. de Solos e Engenharia Rural-CCA/UFPB, Areia-PB;

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Solos e Engenharia Rural, CCA/UFPB, Areia- PB

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

**RESUMO:** O objetivo principal desse trabalho foi comparar a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), estimada pelos métodos de Blaney & Criddle, Priestley-Taylor, Hargreaves & Samani e pelo Tanque Classe “A”, com a ET<sub>0</sub> estimada pelo modelo Penman-Monteith Padrão FAO, nas condições de Areia-PB. Para alcançar esse objetivo, dados meteorológicos diários da série 1998-2007, obtidos na Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias, CCA/UFPB, foram processados e analisados para o cálculo da ET<sub>0</sub> e demais variáveis. Usou-se o programa Reference Evapotranspiration Calculator (Ref-ET). Os métodos estudados, com exceção do modelo de Blaney & Criddle, superestimaram a ET<sub>0</sub> determinada pelo modelo padrão de Penman-Monteith, recomendado pela FAO para calibração de outras metodologias. O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) entre os modelos analisados foi superior a 0,90, com destaque para o método de Priestley & Taylor cujo coeficiente de determinação foi 0.9806. Ao se comparar as equações estudadas calculando-se o índice “c” de Willmott e o erro médio absoluto (EMA), observou-se que a metodologia de Blaney & Criddle foi a que apresentou o melhor desempenho com o índice  $c = 0,89$ , considerado muito bom.

**PALAVRAS-CHAVES:** balanço hídrico, evapotranspiração, Ref-ET.

### PREDICTION EQUATIONS COMPARISON OF THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION (ET<sub>0</sub>) WITH THE MODEL OF FAO PENMAN-MONTEITH STANDARD CONDITIONS IN THE MUNICIPALITY OF AREIA-PB

**ABSTRACT:** The main objective of this study was to compare the reference evapotranspiration (ET<sub>0</sub>), estimated by the Blaney & Criddle, Priestley-Taylor, Hargreaves & Samani and the class "A" Tank equations, with those estimated by the FAO Penman-Monteith model in Areia-PB conditions. To achieve this goal, average monthly weather data of series 1998-2007, obtained from the meteorological station of the Center for Agricultural Science, CCA / UFPB were processed and analyzed for the calculation of ET<sub>0</sub> and other variables. It used to estimate reference evapotranspiration the program Reference Evapotranspiration Calculator (Ref-ET). The ET<sub>0</sub> estimated by all methods studied, except for the model Blaney





& Criddle, overestimated ETo determined by the standard model of Penman-Monteith-FAO, recommended for calibration of the other methods. The coefficient of determination ( $R^2$ ) of all models analyzed was higher than 0.90, with emphasis on the method of Priestley & Taylor. This model had a coefficient of determination of 0.9806. Comparing the equations studied by calculating the index "c" of Willmott and mean absolute error (MPE), it was observed that the methodology of Blaney & Criddle showed the best performance, with the index  $c = 0.89$ , which is considered very good index.

**KEYWORDS:** water balance, evapotranspiration, Ref-ET.

## INTRODUÇÃO

Em geral, para se determinar as possibilidades de limitações climáticas na agricultura se buscam séries históricas de precipitação pluviométrica e sua distribuição no tempo e espaço a fim de se avaliar sua potencialidade para o desenvolvimento dos cultivos. É importante salientar que a precipitação representa apenas uma das fases do balanço hídrico. Considerando o Ciclo Hidrológico, a precipitação nada mais é do que o retorno da água na forma líquida ou sólida, da atmosfera para a superfície terrestre. A outra fase, de igual importância, é o consumo de água através do processo de evaporação do solo e de transpiração da planta, ou seja, a evapotranspiração. A evapotranspiração (ET) é um dos principais componentes da equação do balanço hídrico. A sua estimativa através de modelos, formas empíricas e determinação direta pelos "lísímetros" é fator fundamental no planejamento do uso da água em sistemas agrícolas e no gerenciamento dos recursos hídricos. Apesar da existência de diversos modelos para se estimar a ET, esses modelos, no entanto, são utilizados em condições climáticas e agronômicas muito diferentes daquelas em que inicialmente foram concebidos, Doorenbos & Pruitt (1977) e, por isso, é de extrema importância avaliar o grau de exatidão desses modelos, antes de utilizá-los para nova condição. A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), consideram o método de Penman-Monteith como padrão de estimativas da evapotranspiração de referência, a partir de dados meteorológicos, (Allen et al., 1998)

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Meteorologia do Departamento de Solos e Engenharia Rural do CCA/UFPB em Areia-PB. Segundo a classificação de Koppen (1932) o clima da área é As', tropical úmido, com chuvas de outono-inverno. A temperatura média anual é de 24,5 °C, com umidade relativa média de 80% e precipitação pluvial média anual de 1400 mm. A estação meteorológica está localizada na Latitude -6° 58', Longitude 35° 41' W, com Altitude de 574 m. Utilizou-se os dados meteorológicos diários médios mensais das temperaturas médias, máximas e mínimas do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, insolação e evaporação do Tanque Classe "A", da série de anos (1998-2007), obtidas na Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, utilizados para obtenção da evapotranspiração de referência. Foram analisados os modelos de Penman-Monteith Padrão FAO (1965), Tanque Classe "A", Equação de Priestley-Taylor (1972), Método de Blaney-Criddle (1975) e o Hargreaves e Samani (1985). Para o cálculo da ETo foi usado o programa



REF-ET (Reference Evapotranspiration Calculator). Os dados meteorológicos coletados na estação do CCA/UFPB, foram organizados em uma planilha no programa Excel, e se constituíram nos dados de entrada do programa. As estimativas da evapotranspiração de referência geradas a partir do programa REF-ET, foram novamente organizadas em uma planilha do Excel, calculadas as médias mensais e anuais, para se poder avaliar a evapotranspiração correspondente. Foi utilizado o método de Regressão Linear Simples para correlacionar as estimativas do Tanque Classe “A”, do método de Priestley-Taylor, Blaney-Criddle, Hargreaves e Samani com o modelo Penman-Monteith Padrão FAO. Também se usou o índice de Willmott (Willmott et al., 1981) e o coeficiente de desempenho “c” introduzido por (CAMARGO & SENTELHAS, 1997). Para se quantificar os erros proporcionados pelas estimativas, também se calculou o erro médio absoluto (EMA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras a seguir pode-se observar a variabilidade temporal da evapotranspiração de referência (ETo), determinada pelos métodos de Blaney & Criddle (BC), Hargreaves & Samani (HS) Priestley-Taylor (PT), e Tanque Classe “A” (Cl “A”), correlacionados com a ETo (PM). A evapotranspiração de referência (ETo) representa o valor diário médio mensal da série de anos estudada (1998 – 2007).

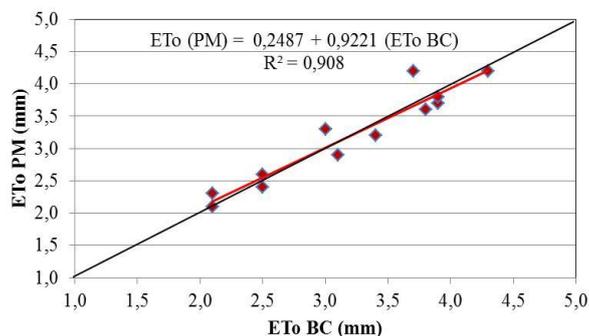


Figura 1- Evapotranspiração de referência - ETo (mm), estimada pelo método de Blaney & Criddle (BC) comparada a (ETo) determinada pelo modelo Penman-Monteith-Padrão FAO, médias mensais correspondente a série 1998-2007.

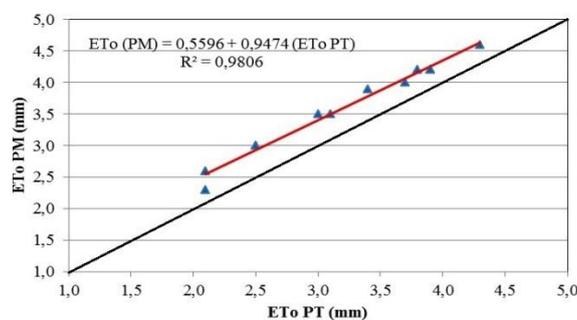


Figura 2- Evapotranspiração de referência - ETo (mm), estimada pelo método de Priestley-Taylor (PT), comparada a (ETo) determinada pelo modelo Penman-Monteith-Padrão FAO, médias mensais correspondente a série 1998-2007.

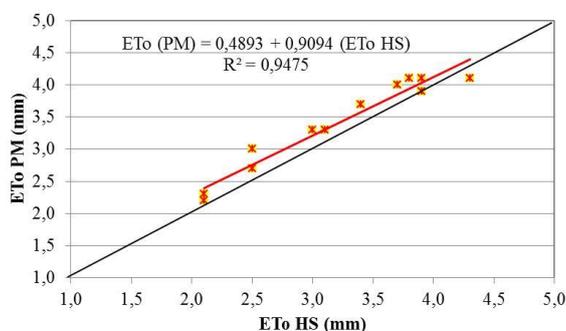


Figura 3- Evapotranspiração de referência - ETo (mm), estimada pelo método de Hargreaves & Samani (HS), comparada a (ETo) determinada pelo modelo Penman-Monteith-Padrão FAO, médias mensais correspondente a série 1998-2007.

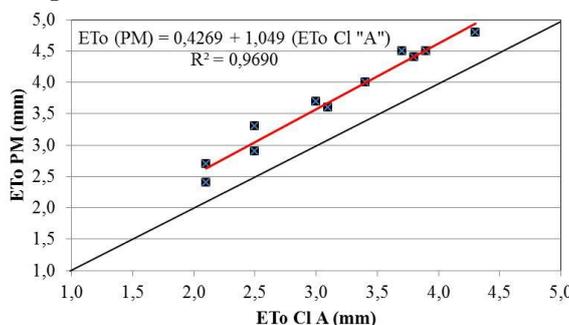


Figura 4- Evapotranspiração de referência - ETo (mm), estimada pelo método de Tanque Classe “A” (CI “A”), comparada a (ETo) determinada pelo modelo Penman-Monteith-Padrão FAO, médias mensais correspondente a série 1998-2007.

Verifica-se que o método de Blaney & Criddle foi o que mais se ajustou ao modelo de Penman-Monteith, embora tenha apresentado o menor valor de  $R^2$  (0,908), seguindo-se as equações de Hargreaves & Samani ( $R^2 = 0,947$ ), Tanque Classe “A” ( $R^2 = 0,969$ ) e Priestley-Taylor que apresentou o maior coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,981$ ).

Tabela 3. Valores dos coeficientes **r**, **d**, e **c** (produto de **r** e **d**), além do erro médio absoluto (**EMA**), para as equações de Blaney & Criddle, Hargreaves & Samani, Priestley-Taylor e Tanque Classe “A” em Areia-PB.

Métodos	EMA	r	d	c (r x d)
Blaney & Criddle	0,18	0,95	0,94	0,89
Hargreaves & Samani	0,55	0,97	0,62	0,60
Priestley-Taylor	1,39	0,99	0,58	0,59
Tanque Classe “A”	1,37	0,98	0,63	0,62



Pode-se, portanto, considerando os valores de “c”, afirmar que o método de Blaney & Criddle teve um desempenho muito bom na estimativa de ETo (valor de c entre 0,81 e 0,90,) segundo Camargo & Sentelhas (1997), e os demais métodos um desempenho mediano (valor de c entre 0,51 a 0,70). Para o índice de concordância “d” de WILLMOTT, obtiveram-se os resultados de 0,93 para Blaney & Criddle, seguido de 0,63 no Tanque Classe “A”, 0,61 para Hargreaves & Samani, 0,58 em Priestley-Taylor. Medeiros (2002), encontrou para HS resultados de valor inferior para r = 0,68, superior em d = 0,67 e inferior em c = 0,45. Para PT, o mesmo autor encontrou resultado inferior em r = 0,80, superior em d = 0,87 e superior em c = 0,70. Já para o Tanque classe A os valores foram inferior em r = 0,65, superior em d = 0,68 e inferior em c = 0,44. O método de Blaney & Criddle foi o que apresentou o menor coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9080$ ), no entanto, quando se calculou o erro médio absoluto (EMA), o índice “c” de (Camargo e Sentelhas, 1997) e o índice de concordância “d” de Willmott, observou-se que o referido modelo apresentou o melhor desempenho mostrando sua eficiência na estimativa de ETo para as condições locais.

## CONCLUSÃO

O método de Blaney e Criddle pode ser utilizado em substituição ao método de Penman-Monteith para estimativa da ETo nas condições de Areia-PB, pela simplicidade de sua aplicação, uma vez que o mesmo utiliza menos variáveis meteorológicas (temperatura média do ar) e um valor tabelado da porcentagem de horas de brilho solar. Os métodos de Hargreaves & Samani e o de Priestley e Taylor tiveram um desempenho abaixo dos demais, no entanto podem também serem utilizados, na medida em que, para as outras metodologias melhores avaliadas, não se disponham de dados suficientes para determinação da evapotranspiração de referência. O Tanque Classe “A” obteve resultados satisfatórios, sendo o melhor método avaliado depois de Blaney & Criddle, também pelo fato de utilizar dados como velocidade do vento e da umidade relativa, que são facilmente encontrados em diversas estações meteorológicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. et al. Crop evapotranspiration. Rome: FAO, 1998. 297p (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

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, p.89-97, 1997.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO Irrigation and drainage paper, 24).

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering Agriculture**, v.1, n.2, p.96-99, 1985.

MEDEIROS, A. T. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



**Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba, CE - Piracicaba, 2002.** 103 p. : il. Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

MONTEITH, J.L. Evaporation and environment: Rothmsted Experimental Station. Harpendem, Herts, v.19, p.205-234, 1965. (**Publications in Climatology**, v. XI, n.3).

PRIESTLEY, C.H.B.; TAYLOR, R.J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, v.100, p.81-92, 1972.

WILLMOTT, C.J. Rowe, C. M. and Philpot, W. D. 1985. 1981. Average Monthly and annual surface air temperature and precipitation data for the world. Part 1: the eastern hemisphere. Part 2: the western hemisphere. **Publications in Climatology**, 34, (1) and (2).

