

# MÉTODO DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA PARNAÍBA, PI

Aderson Soares de ANDRADE JÚNIOR<sup>1</sup>, Ana Alexandrina Gama da SILVA<sup>2</sup> & Paulo César SENTELHAS<sup>3</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é de fundamental importância, principalmente, para o dimensionamento de sistemas e manejo da água de irrigação, o que requer a adoção de estudos, avaliações e ajustes para sua correta utilização.

Inúmeros são os métodos de estimativa da ET<sub>o</sub>. Dentre eles, destacam-se os métodos empíricos, os quais por serem modelados e calibrados localmente apresentam melhores resultados do que aqueles mais genéricos e fisicamente mais reais (Pereira et al., 1997).

Silva (1989) propôs um método empírico para estimativa da ET<sub>o</sub> mensal para Parnaíba, PI, baseado no uso de dados de fácil medida e comumente encontrados na maioria das estações meteorológicas. Entretanto, não foi possível testá-lo pela inexistência de uma outra série temporal de dados suficiente para tal fim.

Por isso, efetuou-se este trabalho com o objetivo de testar o método mensal de estimativa da ET<sub>o</sub> desenvolvido por Silva (1989) e propor um método para estimativa na escala diária, utilizando-se uma série de informações meteorológicas mais recente e distinta da anterior.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O método mensal de estimativa da ET<sub>o</sub> (mm) a ser testado foi desenvolvido para as condições climáticas de Parnaíba, PI e têm a seguinte expressão (Silva, 1989) :

$$ET_o = 40,0 + 1,145T - 63,991UR - 3,441\Delta s + 0,123\Delta s^2$$

em que:

- T - temperatura média (°C);
- UR - umidade relativa média (décimos);
- $\Delta s$  - déficit de saturação de vapor d'água (mmHg).

O método mensal foi desenvolvido a partir de correlações entre a ET<sub>o</sub> estimada pelo método de Penman modificado pela FAO e os valores médios mensais de temperatura, umidade relativa e déficit de saturação. A seleção das variáveis do método foi efetuada em função da análise de variância das equações de regressão, obtidas a partir de correlações isoladas e em grupo entre a ET<sub>o</sub> e todas as variáveis climáticas usadas no trabalho (Silva, 1989).

Para testar o método mensal, confrontou-se os valores de ET<sub>o</sub> estimados pelo método proposto com as médias mensais de ET<sub>o</sub> estimadas pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (Pereira et al., 1997). Para tanto, usou-se os dados meteorológicos diários referentes ao período de 1990-1999, obtidos na Estação Climatológica do INMET, localizada na Embrapa Meio-Norte/UEP de Parnaíba, e calculou-se os índices de desempenho estatístico: índice de Willmott (d) (Willmott, 1981), coeficiente de correlação (r) e coeficiente "c" de Camargo & Sentelhas (Camargo & Sentelhas, 1997).

Com essa mesma série de dados meteorológicos, procedeu-se ao desenvolvimento do método na escala diária através de análise de regressão linear múltipla envolvendo as variáveis climáticas T, UR,  $\Delta s$  e a ET<sub>o</sub> estimada pelo método de Penman-Monteith. Nesse caso, procedeu-se ao desenvolvimento do método com e sem a utilização do termo  $\Delta s^2$ , a fim de medir o grau de sensibilidade do método a esse termo e dotá-lo de maior simplicidade.

O teste do método diário foi efetuado através do mesmo procedimento adotado para o método mensal. Porém, para que o teste não fosse tendencioso, retirou-se um ano de cada vez da análise de regressão linear múltipla, de tal maneira a utilizá-lo posteriormente na fase de teste.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a relação entre os dados de ET<sub>o</sub> estimados pelo método mensal proposto por Silva (1989) e pelo método de Penman-Monteith. A Tabela 1 apresenta os índices de desempenho estatístico obtidos nos testes dos métodos mensal e diários segundo a metodologia de Willmott (1981).

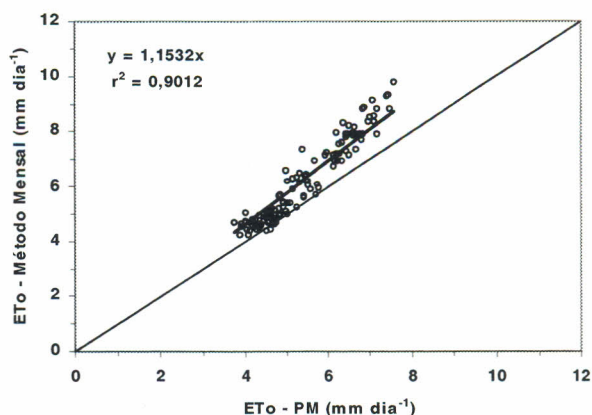


Figura 1 - Relação entre os dados de ET<sub>o</sub> estimados pelo método mensal e pelo método de Penman-Monteith

Tabela 1 - Índices de desempenho estatístico para teste dos métodos mensal e diários

M	RMSE	RMSE <sub>u</sub>	RMSE <sub>s</sub>	RMSE <sub>a</sub>	RMSE <sub>p</sub>	RMSE <sub>e</sub>
1	0,972	0,472	0,850	0,000	0,850	0,000
2	0,645	0,618	0,186	0,000	0,186	0,000
3	0,645	0,624	0,161	0,000	0,161	0,000
M	MSE <sub>u</sub> /MSE	MSE <sub>s</sub> /MSE	MSE <sub>p</sub> /MSE	d	r	c
1	0,236	0,764	0,764	0,866	0,950	0,823
2	0,917	0,083	0,083	0,923	0,835	0,770
3	0,938	0,062	0,062	0,922	0,822	0,757

M = método; 1 = mensal, 2 = diário com  $\Delta s^2$  e 3 = diário sem  $\Delta s^2$ ; RMSE expressos em mm; N = 120 (mensal) e 2555 (diário)

Houve uma tendência do método mensal proposto por SILVA (1989) superestimar os valores de ET<sub>o</sub> em relação a Penman-Monteith em cerca de 15,3 %. O coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) obtido da análise de regressão linear entre as duas estimativas de ET<sub>o</sub> foi de 0,9012, indicando que considerável parte da variância total dos valores de ET<sub>o</sub> é

<sup>1</sup> Embrapa Meio-Norte, CP 01, Teresina, PI CEP 64.006-220. E.mail: aderson@cpamn.embrapa.br

<sup>2</sup> Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

<sup>3</sup> DCE/ESALQ/USP, Piracicaba, SP



explicada pelo método. Contudo, a adoção do  $r^2$  como único critério de definição da qualidade do método não é muito adequada, devido o mesmo não estabelecer o tipo e a magnitude de possíveis covariâncias no método.

O índice de desempenho estatístico "c" de Camargo & Sentelhas foi igual a 0,823, conferindo ao método um desempenho estatístico "muito bom" (Camargo & Sentelhas, 1997) (Tabela 1). Contudo, isto não implica que as estimativas do método sejam livres de erros. Os índices  $r = 0,950$  e  $d = 0,866$  indicam que o método apresentou uma maior precisão e menor exatidão. De fato, a raiz quadrada do erro quadrado médio (RMSE), que especifica o erro médio produzido pelo método, foi igual a 0,972, como consequência de um elevado erro sistemático (0,850), o qual representou 76,4% do erro médio do método ( $MSE_v/MSE$ ).

A análise de regressão linear múltipla para o método diário com e sem a inclusão do termo  $\Delta s^2$  resultou nas expressões (1) e (2) abaixo descritas:

$$ETo = 0,202T - 2,511UR + 1,287\Delta s + 0,483\Delta s^2 \quad (1)$$

$$r^2 = 0,819; \text{ Erro padrão} = 0,559$$

$$ETo = 0,180T - 2,315UR + 2,281\Delta s \quad (2)$$

$$r^2 = 0,816; \text{ Erro padrão} = 0,563$$

em que:

$\Delta s$  - déficit de saturação de vapor d'água (kPa).

A análise de regressão foi efetuada considerando a constante do método igual a zero, uma vez que a tendência natural é que a ETo estimada aproxime-se de zero quanto menor for a contribuição do termo T e maior a do termo UR.

Apesar do ligeiro acréscimo no  $r^2$ , a inclusão do termo  $\Delta s^2$  não proporcionou uma melhoria significativa na estimativa da ETo, dado a pequena diferença no erro padrão de estimativa.

A Figura 2 mostra a relação entre os dados de ETo estimados pelo método diário e pelo método de Penman-Monteith.

O método diário proporcionou melhores estimativas de ETo em relação ao método mensal, quer seja incluindo ou excluindo o termo  $\Delta s^2$ . As superestimativas foram de apenas 3,2 % e 2,7 % nos métodos que inclui e exclui o termo  $\Delta s^2$ , respectivamente, apesar de os  $r^2$  serem inferiores ao do método mensal (Figura 2).

É importante destacar que os índices  $c = 0,770$  e  $c = 0,757$  foram inferiores que o obtido com o método mensal, permitindo enquadrar os métodos diários na categoria "muito bom" (Camargo & Sentelhas, 1997). Ao contrário do método mensal, os métodos diários tenderam a apresentar estimativas de ETo com maior exatidão ( $d=0,923$  e  $d=0,921$ ) e menor precisão ( $r=0,835$  e  $r=0,823$ ). Esse comportamento é justificado pelos menores valores de RMSE, já que houve uma predominância do erro não sistemático ( $MSE_v/MSE =$

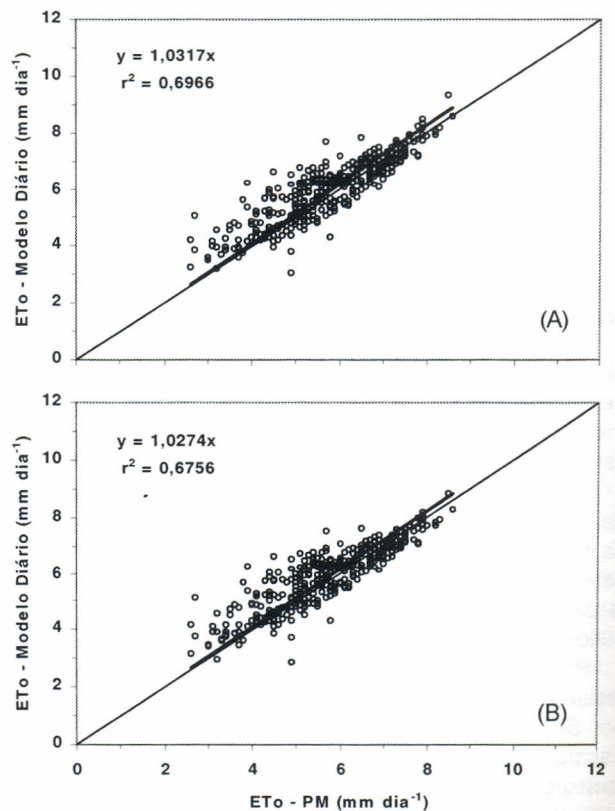


Figura 2 - Relação entre a ETo diária estimada pelo método de Penman-Monteith e pelos métodos 2 (a) e 3 (b)

93,8% e 91,7%) sobre o erro sistemático ( $MSE_v/MSE = 6,2\%$  e  $8,3\%$ ), notadamente, no método sem o termo  $\Delta s^2$ .

#### 4. CONCLUSÃO

Os métodos propostos, notadamente o diário, proporcionaram estimativas de ETo para Parnaíba, PI, com bastante precisão e exatidão.

#### 5. REFERÊNCIAS

- 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*, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. cap.3, p.41-99.
- SILVA, A.A.G. Avaliação da eficiência de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Parnaíba, PI. Piracicaba, 1989. 81p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- WILLMOTT, C.J. On the validation of models. *Physical Geography*, v.2, p.184-194, 1981.