

# **RELAÇÃO ENTRE A EVAPOTRASPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA OBTIDA COM DADOS DE ESTAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS E CONVENCIONAIS NO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

**M. T. GURGEL<sup>1</sup>, M. S. B. MOURA<sup>2</sup>, J. M. SOARES<sup>2</sup>, T. G. F. SILVA<sup>3</sup>, W. F. G. JUNIOR<sup>4</sup>, L. S. B. SOUZA<sup>5</sup>**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi estabelecer relações entre a evapotranspiração de referência obtida pelo método Penman-Monteith-FAO em três localidades do Submédio São Francisco, utilizando-se o modelo multiplicativo. Os dados foram obtidos durante quatorze meses (24/02/2006 a 30/04/2007), em duas estações agrometeorológicas automáticas e uma convencional. Análises complementares foram realizadas por meio de testes de desempenho dos modelos e do Teste t. Constatou-se que ocorreram diferenças significativas entre os valores da evapotranspiração de referência obtidos nas diferentes estações agrometeorológicas. Tal fato pode induzir erros elevados nos cálculos das necessidades de irrigação líquida das culturas.

**PALAVRAS-CHAVES:** Necessidade de irrigação, produtividade da água, manejo deficiente de água.

**ABSTRACT:** This work aimed to determine the relationship between the reference evapotranspiration obtained by using FAO-Penman-Monteith method in three locations of Sub-medium Sao Francisco. The multiplicative model was used. The data were measured during fourteen months (24/02/2006 to 30/04/2007, in two automatic weather stations and one conventional weather station. Complementary analyzes were carried through tests of performance and Test t of the models. It was verified that there are significant differences between the values of the reference evapotranspiration obtained on this agrometeorological weather stations. This fact induce errors raised in the calculations of the crop water needs and irrigation management.

**KEY-WORDS:** Irrigation need, water productivity, crop coefficient .

---

<sup>1</sup> Doutor em Recursos Naturais, Bolsista CNPq/DTI. Embrapa Semi-Árido Caixa Postal 23, CEP 56302-970, Petrolina, PE. Fone (87) 38621711. E-mail: tavares@cpatsa.embrapa.br

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo (a), Pesq. Dr (a). Embrapa Semi-Árido, Petrolina – PE.

<sup>3</sup> Doutorando em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, B.Sc. Departamento de Irrigação e Drenagem, Usina Agrovale, Juazeiro, BA

<sup>5</sup> Graduanda em Ciências Biológicas, Bolsista CNPq, Embrapa Semi-Árido, Petrolina - PE

## **INTRODUÇÃO:**

A determinação da demanda hídrica de uma cultura permite o ajuste de diversas práticas de manejo entre elas a irrigação, bem como um melhor planejamento de lavouras no sentido de aumentar o potencial produtivo, promovendo reduções de riscos e utilização da água, principalmente em regiões ou épocas em que há limitações hídricas.

O consumo de água pelas culturas é denominado de evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), e compreende a ocorrência simultânea de dois processos importantes no cultivo das plantas, a evaporação de água no solo e a transpiração das plantas. Existem diversas maneiras de medir a ET<sub>c</sub>, mas devido aos altos custos dos equipamentos, tais técnicas quase sempre se restringem à pesquisa (PEREIRA *et al.*, 1997).

Na ausência de equipamentos de medidas de evapotranspiração da cultura, produtores e pesquisadores, tem lançado mão de estimativas baseadas na evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e no coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>). A ET<sub>o</sub> é calculada com base em uma cultura hipotética mantida sob condições ideais de crescimento, podendo ser determinada por equações desde as mais simples, como as baseadas na temperatura do ar (HARGREAVES & SAMANI, 1985), até as mais complexas, que envolvem o balanço de energia ao nível das plantas, como o método de Penman-Monteith (MONTEITH, 1965). O qual destaca-se por ser considerado o método padrão de estimativa da ET<sub>o</sub>, a partir de dados meteorológicos.

Em muitas propriedades agrícolas do Nordeste brasileiro e em outras regiões do Brasil, a falta de infra-estrutura e equipamentos para estimativa da ET<sub>o</sub>, têm levado os produtores a empregarem valores obtidos em outras localidades. Essa prática poderá levar a erros significativos nos cálculos da quantidade de água a ser aplicada por meio da irrigação, acarretando em aplicações insuficientes ou em excesso resultando em perdas e prejuízos consideráveis às plantas e ao solo, diminuindo, dessa forma, a eficiência do uso de irrigação (SILVA *et al.*, 1993).

O presente estudo objetivou estabelecer relações entre a evapotranspiração de referência obtidas pelo método Penman-Monteith-FAO (ALLEN *et al.*, 1998), em três localidades do Submédio São Francisco.

## **MATERIAL E MÉTODOS:**

Foram utilizados dados diários obtidos durante o período de 24/02/2006 a 30/04/2007, na região de Juazeiro-BA, cujo clima é classificado como BSw<sub>h</sub>'. Nesse período foram

determinados os dados de evapotranspiração de referência pelo método de PENMAN-MONTEITH-FAO provenientes de dados meteorológicos obtidos em três estações agrometeorológicas, sendo duas automáticas - Agroindústria do Vale do São Francisco S.A. (9°29'S; 40°21'W; 395 m de altitude) e Fazenda Brasil Uvas (9°19'S; 40°11'W) e uma convencional - Estação Meteorológica do Campo Experimental de Mandacaru (9°24'S; 40°26'W; 375m de altitude), estas últimas pertencentes a Embrapa Semi-Árido.

Com base nos valores de ETo foram estabelecidas relações entre cada duas estações mencionadas, utilizando-se o modelo multiplicativo proposto por JARVIS (1976). Com a finalidade de testar a confiabilidade deste modelo foram determinados os índices estatísticos de precisão (coeficiente de correlação, r) e o de exatidão (índice de concordância, d), recomendados por WILLMOTT et al. (1985). Adicionalmente, foram estimados os seguintes erros estatísticos: erro médio de estimativa (MBE) e a raiz quadrada do erro médio (RMSE). As expressões utilizadas para estimativa de cada um dos índices e erros foram:

$$r = \frac{\left[ \sum ETo_{pad} (ETo_{var} - \overline{ETo_{var}}) \right]}{\left[ \sum_{n=1}^n (ETo_{pad} - \overline{ETo_{var}})^2 \sum_{n=1}^n (ETo_{var} - \overline{ETo_{var}})^2 \right]^{1/2}} \dots\dots\dots(1)$$

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (EToi_{var} - EToi_{pad})^2}{\sum_{i=1}^n \left( |EToi_{var} - \overline{EToi_{pad}}| + |EToi_{var} - \overline{EToi_{pad}}| \right)^2} \right] \dots\dots\dots(2)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum (EToi_{var} - EToi_{pad}) \dots\dots\dots(3)$$

$$RMSE = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (EToi_{var} - EToi_{pad})^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

em que, “n” é o número de observações (432dias), EToi<sub>pad</sub> e EToi<sub>var</sub> são, respectivamente, os valores diários tidos como padrões e variáveis para cada par de estações consideradas e a barra sobre estes símbolos refere-se ao valor médio dos dados considerados. Visando uma informação mais precisa da análise estatística dos dados empregou-se, ainda, o Teste t (WALPOLE & MYERS, 1989), conforme a equação 5:

$$t = \left[ \frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(5)$$

O índice  $d$  indica o grau de exatidão entre os valores observados nas estações, sendo que quanto mais próximo de 1, maior é a exatidão do modelo de predição da variável analisada. Já o coeficiente “ $r$ ” indica a precisão do modelo, mostrando a adequação das variáveis independentes selecionadas em explicar a variabilidade da ETo no período considerado entre estações meteorológicas

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Constatou-se que o valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) obtido entre  $ETo_{Agrovale}$  e  $ETo_{Brasil Uvas}$  foi igual a 0,9014 (Figura 1A) e que o de concordância ( $d$ ) foi de 0,9588. Isto indica que ambos os índices mostram um grau de precisão aceitável nas estimativas da ETo entre as estações agrometeorológicas da Agrovale e da Brasil Uvas. Pelo fato dos índices estatísticos “ $r$ ” e “ $d$ ” não quantificarem os erros de exatidão e de precisão, determinou-se o erro médio de estimativa (MBE), a raiz quadrada do erro médio (RMSE) e o Teste  $t$ , que foram da ordem de 0,1783 mm/dia, 0,5096 mm/dia e 7,755, respectivamente (Figura 1A). Tendo em vista que a MBE e RMSE fornecem o resultado do desempenho do modelo a longo e curto prazo, respectivamente, verificou-se que os valores de  $ETo_{Brasil Uvas}$  mostraram-se ligeiramente superiores aos de  $ETo_{Agrovale}$ . Estes resultados são reforçados pelo Teste  $t$  que foi superior ao valor crítico tabelado (2,56), ao nível de 1% de probabilidade, mostrando que há diferença significativa no que se refere ao valor da ETo entre estas duas estações agrometeorológicas, ambas automáticas.

Quando se analisam as relações entre  $ETo_{Agrovale}$  e  $ETo_{Mandacaru}$  (Figura 1B) e  $ETo_{Brasil Uvas}$  versus  $ETo_{Mandacaru}$  (Figura 1C), constataram-se reduções consideráveis quanto aos índices de precisão dos modelos ( $r$ ) e o grau de exatidão entre os valores observados ( $d$ ) quando confrontados com os obtidos na relação  $ETo_{Agrovale}$  e  $ETo_{Brasil Uvas}$  (Figura 1A). De um modo geral, verificou-se que os valores de ETo determinados com base em dados coletados na estação agrometeorológica de Mandacaru (estação convencional) subestimaram em -0,6961 e -0,8745 mm/dia os obtidos nas estações Agrovale e Brasil Uvas (Figuras 1B e 1C), conforme o erro médio de estimativa (MBE). Estes resultados são reforçados pela alta significância (1% de probabilidade) determinada pelo Teste  $t$ , cujos valores foram da ordem de 16,9039 e 22,4221, correspondentes às relações entre  $ETo_{Agrovale}$  e  $ETo_{Mandacaru}$  (Figura 1B) e entre  $ETo_{Brasil Uvas}$  e  $ETo_{Mandacaru}$  (Figura 1C), respectivamente, refletindo altas discrepâncias entre os valores de ETo obtidos nas referidas estações agrometeorológicas. Estas diferenças podem

conduzir a erros significativos por ocasião da determinação da necessidade de irrigação líquida de uma dada cultura.

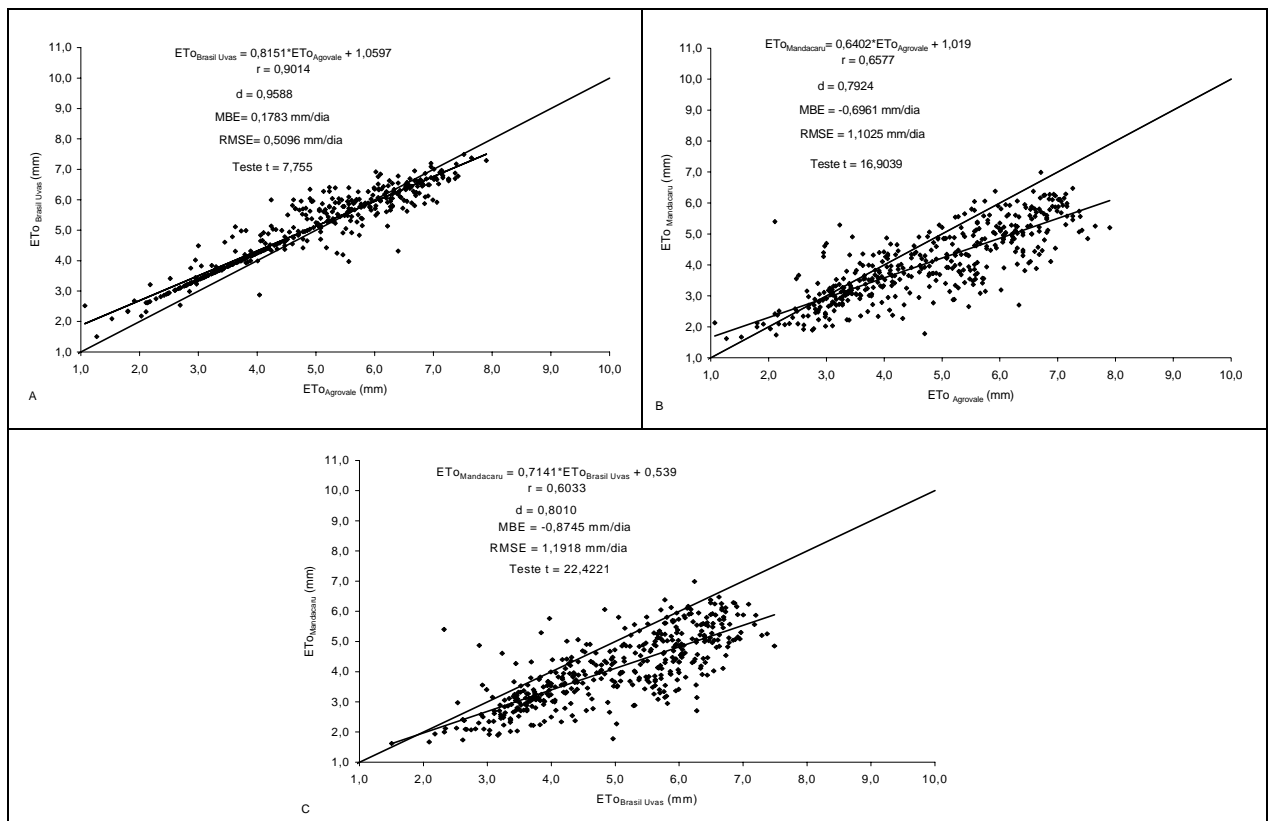


Figura 1. Relação entre os a evapotranspiração de referência diária estimados pelo método de Penman-Monteith com base em dados coletados na Agrovale e Brasil Uvas (A), Agrovale e Mandacaru (B) e Brasil Uvas versus Mandacaru (C), Juazeiro, BA.

As variações nos resultados da evapotranspiração de referência observadas entre as estações em estudo, podem ser justificadas pelo fato desse parâmetro ser influenciado principalmente por fatores climáticos como temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento, chuva e pressão de vapor (MEDEIROS, 2002), que podem variar bastante de um local para outro. Além da diferença espacial entre as estações, que contribuem para que sejam observadas diferenças nos valores medidos dos parâmetros meteorológicos, há de se considerar os diferentes tipos de estações – automáticas e convencionais, com as características próprias dos sensores e tipo de observações.

## CONCLUSÕES:

1. Constatou-se que os valores da evapotranspiração de referência obtidos na fazenda Brasil Uvas superestimaram em 0,18 mm/dia os valores obtidos na Agrovale;

2. Verificou-se, também, que os valores da ETo obtidos na Estação Experimental de Mandacaru subestimaram em média em 0,87 e 0,69 mm/dia os obtidos na fazenda Brasil Uvas e na Agrovale, respectivamente;
3. No cálculo das necessidades hídricas das culturas irrigadas, deve-se considerar valores de evapotranspiração de referência obtidos em um mesmo tipo de estação usada para determinação do coeficiente de cultivo, ou se conhecer as relações existentes entre os dados resultantes de estações meteorológicas convencionais e automáticas de uma mesma região.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. Et al. Crop evapotranspiration. Rome: FAO, 1998. 297p. (FAO **Irrigation and Drainage, Paper 56**).
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering Agriculture**, v.1, n.2. p.96-99, 1985.
- JARVIS, P.G. The interpretation of the variations in leaf water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B**, v. 273, p. 593-610, 1976.
- PEREIRA, A.R.; VILA NOVA,.; SEDIYEMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- MEDEIROS, A.T. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman\_Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba, CE., São Paulo, 2002. 103p. Tese de Doutorado - Escola Superior Luiz de Queiroz, ESALQ.
- MONTEITH, J.L. Evaporation and environment. In: SYMPOSIUM OF THE SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY, G., Swansen, 1964. Combridge: Combridge University Press, 1965. p.205-234.
- SILVA, A.A.G.; ANGELOCCI, L.R.; NOGUEIRA, L.C.; ANDRADE, C.L.T. Avaliação da eficiência de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. *Anais...* Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p.2465-78.
- WALPOLE, R.E. Probability an statistics for engineers and scientists. 4 ed. Macmillan, New York. 1989.
- WILLMOTT, C.J.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; ROWE, C.M.; ACKLESON, S.G.; O'DONNELL, J. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.