

## **TANQUE CLASSE A PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET<sub>o</sub>) EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ**

B.S. ESTEVES.<sup>1</sup>; J. C. MENDONÇA<sup>2</sup>

**RESUMO:** Buscou-se avaliar diferentes métodos de determinação do coeficiente do tanque (K<sub>t</sub>), para a estimativa diária da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), utilizando o método do tanque Classe A (TCA). Foram avaliadas as metodologias propostas por ALLEN et al. (1998), BERNARDO et al., (1996), CUENCA, (1989) e SNYDER, (1992) sendo os valores da ET<sub>o</sub> diária estimada pelo TCA comparados com os estimados pelo método de Penman-Monteith parametrizado (FAO-56). Utilizou-se uma série histórica de 10 anos de dados coletados em uma estação automática, modelo Thies Clima, instalada na Estação Evapotranspirométrica da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Observou-se um bom desempenho do método do tanque Classe A para a estimativa de valores diários da ET<sub>o</sub>, considerando-se as diferentes formas de cálculo do K<sub>t</sub> ( $R^2 > 0,79$  e  $D > 0,90$ ), sendo que os métodos propostos por Cuenca (1989), Bernardo et al. (1996) e Allen (1998) apresentaram o mesmo índice de concordância ( $D = 0,95$ ). O menor erro médio absoluto foi apresentado pelo método de Cuenca (1989) (EMA = 0,50), que também apresentou a maior eficiência (EF = 0,81).

**PALAVRAS-CHAVE:** manejo de irrigação, agrometeorologia, penman- monteith

## **CLASS A PAN TO ESTIMATE THE REFERENTIAL EVAPOTRANSPIRATION IN CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ**

**SUMMARY:** Different methods were evaluated to determine the coefficient of the tank (K<sub>t</sub>), for daily estimate of evapotranspiration of reference (ET<sub>o</sub>), using the method of tank Class A (TCA). The methods proposed by Allen et al. (1998), BERNARDO et al., (1996), CUENCA, (1989) and SNYDER, (1992) were evaluated, the values of daily ET<sub>o</sub> estimated by TCA compared with those estimated by the method of Penman-Monteith parametric (FAO - 56). Series of 10 years of historical data collected in an automatic station, model Climate Thies at the Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) was used. The method of Class A tank showed a good performance for the estimation of the daily values of ET<sub>o</sub>, considering

<sup>1</sup>Bolsista de iniciação científica, Laboratório de Meteorologia - LAMET/CCT/Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF. Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes, RJ. CEP 28013-600. E-mail: [barbbarase@yahoo.com.br](mailto:barbbarase@yahoo.com.br);

<sup>2</sup>Professor visitante, Laboratório de Meteorologia – LAMET/CCT/Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF. Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes, RJ. CEP 28013-600.

the different ways of calculating the KT ( $R^2 > 0.79$  and  $D > 0.90$ ), and the methods proposed by Cuenca (1989), Bernardo et al. (1996) and Allen (1998) showed the same index of agreement ( $D = 0.95$ ). The lowest mean absolute error was made by the method of Cuenca (1989) ( $EMA = 0.50$ ), which also had the highest efficiency ( $EF = 0.81$ ).

**KEYWORDS:** irrigation management, agrometeorology, penman-monteith

## INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência, segundo SMITH (1991) é definida como a taxa evapotranspirométrica de uma cultura hipotética, com altura de 12 cm, resistência aerodinâmica de  $70 \text{ s.m}^{-1}$  e albedo de 0,23. Segundo PEREIRA et al. (1997) o tanque Classe A (TCA) foi desenvolvido pelo Serviço Meteorológico Norte-Americano (U.S.W.B.) e é muito utilizado no Brasil, oferecendo uma estimativa da evapotranspiração de referência dos efeitos combinados da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade relativa do ar.

Diversos pesquisadores questionam o método de escolha do Kt para estimação da ETo pelo método do tanque Classe A. O coeficiente adotado para uma determinada região deve ser adequado para que não haja estimativas equivocadas. Por esta razão a pesquisa regional em busca de valores de Kt específicos é de suma importância para um manejo racional da água. CARVALHO et al. (2006) e MENDONÇA et al. (2006) desenvolveram estudos desta natureza em suas regiões.

O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes métodos de determinação do coeficiente do tanque (Kt), para a estimativa diária da ETo de Campos dos Goytacazes (RJ) utilizando o método do tanque Classe A, sendo avaliadas as metodologias propostas por ALLEN et al., (1998), BERNARDO et al., (1996), CUENCA, (1989) e SNYDER, (1992). Os valores estimados através do TCA foram avaliados em relação ao estimado pelo método de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados 10 anos de dados coletados em uma estação automática, modelo Thies Clima, instalada na Estação Evapotranspirométrica da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), localizada nas coordenadas geográficas de  $21^{\circ}18'47''$  de latitude Sul e

41°18'24'' de longitude Oeste e altitude de 11 metros. Foram excluídos dados de dias chuvosos e um dia posterior a estes, além de dias em que ocorreram manutenção de equipamentos, irrigação do gramado e eventuais anormalidades.

a) Método de Penman-Monteith parametrizado ( $ET_o^{PM}$ )

Para estimativa da  $ET_o$  pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 1998), foi utilizada a seguinte equação:

$$ET_o^{PM} = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

em que,  $ET_o$  é a evapotranspiração de referência, em  $mm.dia^{-1}$ ;  $Rn$  é o saldo de radiação e  $G$  é o fluxo de calor no solo, ambos em  $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$ ;  $T$  é a temperatura média diária do ar, em  $^{\circ}C$ ;  $\gamma$  a constante psicrométrica, em  $kPa.^{\circ}C^{-1}$ ;  $\Delta$  é a tangente da curva de pressão de saturação de vapor em função da temperatura do ar, em  $kPa.^{\circ}C^{-1}$ ;  $U_2$  é a velocidade média diária do vento a 2 m de altura, em  $m.s^{-1}$ ;  $e_a$  é a pressão atual de vapor, em  $kPa$ ;  $e_s$  pressão de saturação de vapor à temperatura da superfície, em  $kPa$ ;

Para a estimativa da  $ET_o$  pelo método do TCA utilizou-se a equação 2:

$$ET_oTCA = EV.Kt \quad (2)$$

em que:  $EV$  - evaporação do tanque classe A, em  $mm.dia^{-1}$ ;  $Kt$  - coeficiente do tanque (adimensional).

Os valores de  $Kt$  diários foram determinados pela seguinte metodologia:

1. Metodologia proposta por CUENCA (1989) apresentada na equação 3:

$$Kt = 0,475 - 2,4.10^{-4}U_2 + 5,16.10^{-3}H + 1,8.10^{-3}F - 1,6.10^{-5}H^2 - 1,01.10^{-6}F^2 - 8,0.10^{-9}H^2.U_2 - 1,0.10^{-8}H^2.F \quad (3)$$

em que:  $U_2$  - velocidade do vento a 2 metros de altura, em  $km.dia^{-1}$ ;  $H$  - umidade relativa média, em percentagem;  $F$  - bordadura da área grama, considerada igual a 15 metros.

2. Metodologia proposta por SNYDER (1992) é apresentada na equação 4:

$$Kt = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376U_2 + 0,0045H \quad (4)$$

3. Metodologia proposta por BERNARDO et al. (1996) apresentada na equação 5:

$$Kt = 0,69 \quad (5)$$

4. Metodologia proposta por ALLEN et al. (1998) apresentada na equação 6:

$$Kt = 0,108 - 0,0286U_2 + 0,0422 \ln(F) + 1434 \ln(H) - 0,000631[\ln(F)]^2 \ln(H) \quad (6)$$

Para avaliar a performance dos métodos, procedeu-se uma análise de regressão linear, considerando o modelo linear  $y = a + bx$ , na qual a variável dependente foi o método de Penman-Monteith ( $ET_o^{PM}$ ), e a variável independente, o método do TCA estimado com as diferentes metodologias de estimativa de  $Kt$ . Utilizou-se ainda o índice de concordância de

Willmott (D), o erro médio absoluto (EMA), o erro máximo (EMAX) e a eficiência do método (EF), através das equações 7, 8, 9 e 10, respectivamente:

$$D = 1 - \frac{\sum (O - E)^2}{\sum (|E - X| + |O - X|)^2} \quad (7) \quad EMA = \frac{1}{n} \sum |O - E| \quad (9)$$

$$EMAX = MAX(|O - E|)^n \quad (8) \quad EF = \frac{\sum (O - X)^2 + \sum (O - E)^2}{\sum (O - X)^2} \quad (10)$$

em que: O - valores estimados por ETo<sup>PM</sup>; E - valores estimados pelos demais métodos; X - média dos valores ETo<sup>PM</sup>

## RESULTADOS DE DISCUSSÃO

Na Figura 1 tem-se as relações entre a ETo diária calculada pelo método de ETo<sup>PM</sup> e estimada pelo método do tanque Classe A, utilizando-se os valores de Kt, determinado pelos quatro métodos avaliados. Observa-se na Figura 1 que houve um ajustamento satisfatório em relação aos valores de R<sup>2</sup>, em torno de 0,81 para todos os métodos comparados, concordando com CARVALHO et al. (2006).

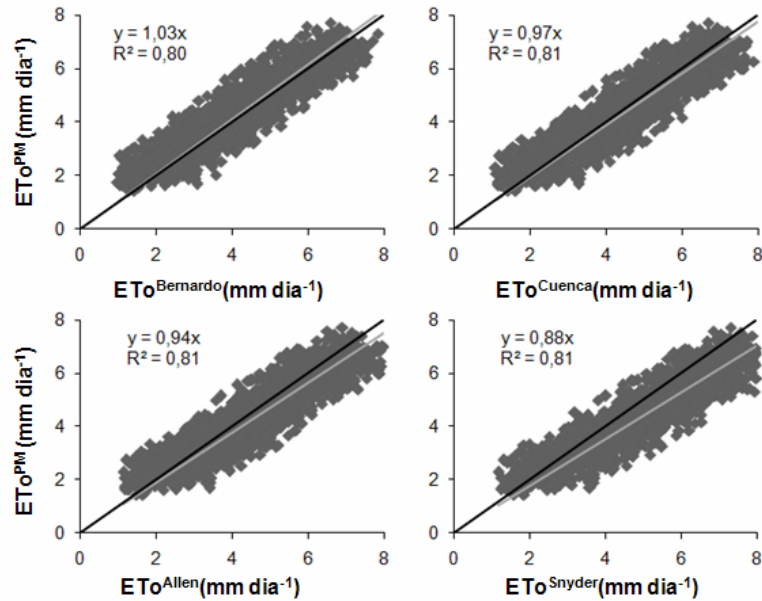


Figura 1. Comparação da estimativa de ETo segundo as diferentes metodologias de determinação do Kt comparados ao método de ETo<sup>PM</sup>.

Na Tabela 1 tem-se os resultados da análise estatística da comparação entre ETo estimada pelos métodos de ETo<sup>PM</sup> e EToTCA. Observa-se que o método de maior eficiência para determinação do Kt para posterior conversão da evaporação do tanque em ETo foi o proposto por CUENCA (1989), com maior eficiência (EF = 0,81) seguido pelo método proposto por BERNARDO et al., (EF = 0,79), concordando com MENDONÇA

et al. (2006). No entanto, em relação ao índice de concordância de Wilmontt (D), que mede a concordância ou similaridade entre os métodos, houve um ajustamento homogêneo entre os métodos apresentando em todos  $D > 0,92$ . O índice de valor fixo proposto por BERNARDO et. al., (1996) 0,69, para região do Norte Fluminense e o método de ALLEN et al. apresentaram os mesmos EMA (0,53 mm.dia<sup>-1</sup>) e eficiências próximas (EF = 0,79 e 0,77 respectivamente).

Tabela 1. Valores do coeficiente angular (b), coeficiente de correlação ( $R^2$ ), índice de concordância de Wilmott (D), erro médio absoluto (EMA), eficiência do método (EF), erro máximo absoluto (EMAX)

Métodos	B	$R^2$	D	EF	EMA (mm.dia <sup>-1</sup> )	EMAX (mm.dia <sup>-1</sup> )
Bernardo et al. (1996)	1,03	0,80	0,95	0,79	0,53	1,78
Allen et al. (1998)	0,94	0,81	0,95	0,77	0,53	2,14
Cuenca (1989)	0,97	0,81	0,95	0,81	0,50	1,83
Snyder (1992)	0,88	0,81	0,92	0,63	0,69	2,68

O menor erro médio absoluto (0,50 mm.dia<sup>-1</sup>) foi obtido pelo método de CUENCA (1989), que também apresentou um erro máximo de 1,83 mm.dia<sup>-1</sup>. O método de SNYDER (1992) além de ter apresentado o maior EMA (0,69 mm.dia<sup>-1</sup>), também apresentou o maior EMAX (2,68 mm.dia<sup>-1</sup>) e também a menor EF dos métodos comparados (0,63).

## CONCLUSÕES

O melhor método para obtenção de Kt analisado neste trabalho foi o de CUENCA (1989). Todavia, o método de BERNARDO et al. (1996), se apresenta como uma alternativa confiável e prática para obtenção do Kt, por ser uma metodologia mais simples. A metodologia de SNYDER (1992) não é recomendada para a região de Campos dos Goytacazes, RJ.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. Irrigation and Drainage Paper 56, Rome FAO, 301p. 1998.

BERNARDO, S.; SOUSA, E.F.; CARVALHO, J.A. Estimativa da evapotranspiração potencial de referência (ET<sub>o</sub>) para as “Áreas de Baixada e Tabuleiros” da Região Norte Fluminense, UENF – Boletim Técnico, Campos dos Goytacazes, n.1, 14p. 1996.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V.; Costa, J. R.; Cruz, F.A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ, utilizando lisímetro de pesagem. Revista Brasileira de Agrometeorologia. v. 14: p. 187-195, 2006.

CUENCA, R. H. Irrigation system design: an engineering approach. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1989.133p.

MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E. F.; ANDRE, R.G.B.; BERNARDO, S. Coeficientes do tanque classe A para estimativa de evapotranspiração de referência em Campos dos Goytacazes, RJ. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.14, n.1, p. 123-128, 2006.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

SMITH, M. Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements. Rome : FAO. 45p, 1991.

SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. Journal of Irrigation and Drainage Engineering of ASCE, New York, v.118, n.6, p.977-980, 1992.