

AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DO TANQUE CLASSE “A” NA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO BAIXO SÃO FRANCISCO, SE

INAJÁ FRANCISCO DE SOUSA¹; GREGÓRIO GUIRADO FACCIOLI² E ANTENOR DE OLIVEIRA AGUIAR NETTO¹

¹ Professor Doutor, Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe – UFS. inajafrancisco@gmail.com; antenor.ufs@gmail.com

² Professor Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Sergipe – UFS. gregorioufs@gmail.com

1 RESUMO

A literatura técnica científica cita diversos métodos para estimativa do coeficiente do tanque Classe “A” (K_p) visando a obtenção da evapotranspiração de referência (E_{To}), a qual é de importância vital no manejo da água na agricultura. A maioria desses métodos leva em conta a umidade relativa do ar, a área da bordadura e a velocidade do vento. O método do tanque de Classe “A” é simples e consiste na utilização de um tanque de evaporação direta, cheio de água, onde são feitas medidas em milímetros da água evaporada entre uma leitura e outra. A (E_{To}) é um fator relevante para quem usa a irrigação como um meio de suprir as necessidades hídricas das culturas, principalmente em regiões semiáridas. Este estudo teve como objetivo a determinação de coeficientes do tanque Classe “A” (K_p), através dos métodos de Snyder (1992), Pereira et al. (1995), Cuenca (1989), e Allen et al. (1998), em seguida foi feita a estimativa da (E_{To}) utilizando os dados da evaporação do tanque Classes "A" (ECA), para as condições da região do baixo rio São Francisco do Estado de Sergipe. Os métodos foram avaliados nos períodos anual, chuvoso e seco referente ao ano de 2014. Posteriormente foram feitas análise de correlação da (E_{To}) estimada por cada método frente a (E_{To}) estimada pelo modelo de Penman-Monteith. Em seguida determinou-se os coeficientes de determinação (r^2), correlação (r), concordância (d) de Willmott (1982) e de desempenho (c). Os resultados obtidos evidenciaram que nos períodos anual, seco e chuvoso, todos os métodos apresentaram ótimo desempenho. As correlações realizadas tomando como modelo padrão Penamn-Monteith versus os métodos empregados, mostraram resultados não satisfatórios, apresentando baixa correlação.

Palavras Chave: Evapotranspiração, manejo de irrigação, índices estatísticos.

**SOUSA, I. F. de; FACCIOLI, G. G.; NETTO, A. de O. A.
EVALUATION OF CLASS “A” TANK COEFFICIENT ESTIMATE
EVAPOTRANSPIRATION DOW REFERENCE IN SAN FRANCISCO, SE**

2 ABSTRACT

The scientific technical literature cites several methods to estimate the Class “a” tank coefficient (K_p) in order to obtain the reference evapotranspiration (E_{To}), which is vitally important in water management in agriculture. Most of these methods takes into account the relative humidity, the area surround and wind speed. The Class "A" tank method is simple and consists in using a direct evaporation tank full of water, where measurements are made in millimeters of water evaporated from a reading to another. A (E_{To}) is an important factor for those who use irrigation as a means to supply the water needs of crops, particularly in semi-arid regions. This study aimed to determine "A" class tank coefficients (K_p) through Snyder methods (1992), Pereira et al. (1995), Cuenca (1989), and Allen et al. (1998). Then, an estimate (E_{To}) was made by using data from the evaporation of Class "A" (ACE), for the conditions of the lower São Francisco River region in the State of Sergipe. The methods were evaluated in the annual wet and dry seasons for the year 2014. Later a correlation analysis was performed (E_{To}), estimated by each method front (E_{To}), estimated by the Penman-Monteith model. The coefficients of determination (r^2), correlation (r), agreement (d) of Willmott (1982) and performance (c) were also determined. The results showed that along the annual dry and rainy season, all methods showed great performance. In the correlations performed by using the Penamn-Monteith model as a standard versus the methods used, the results were not satisfactory, with a low correlation.

Keywords: Evapotranspiration, irrigation management, statistical rates.

3 INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência, segundo Bernardo et al. (2006), pode ser estimada por métodos diretos e indiretos. O tanque Classe “A” é um dos métodos indiretos de uso generalizado, inclusive no Brasil, em virtude do seu fácil manejo e baixo custo de implantação. Atualmente, o método padrão de estimativa dos valores da E_{To} é o Penman-Monteith, proposto no manual da FAO-56. No entanto, esse método requer a determinação de um coeficiente denominado coeficiente do tanque (K_p), que varia de acordo com o local e as condições climáticas (Allen et al. 1998). Trata-se de um método bastante simples, com custo baixo em relação aos equipamentos necessários para a estimativa da E_{To} a partir de métodos combinados, e é bastante difundido nas áreas irrigadas para estimativa da necessidade de irrigação das culturas (CUNHA, 2011). Os métodos para o cálculo dos valores de K_p normalmente utilizam informações de umidade relativa do ar (UR), velocidade do vento (VV), bem como o comprimento da bordadura (B) e tipo de superfície (grama ou solo nu) em torno do tanque Classe “A”. Porém, existem diversas formas de obtenção desse coeficiente, como as propostas difundidas por, Cuenca (1989), Snyder (1992) e Pereira et al. (1997), que podem resultar em valores diferentes, dependendo do local (SENTELHAS e FOLEGATTI, 2003; MENDONÇA et al. 2006).

O método de estimativa da E_{To} através do tanque Classe A (TCA) é baseado no princípio de que a água contida no seu interior não deve oferecer nenhum impedimento ao processo evaporativo. A evaporação obtida neste tanque será sempre maior em relação à perda efetiva de uma cultura, mesmo estando ela em condições ótimas de suprimento de água. Assim, a

determinação da (ET_o) pelo método do TCA depende do coeficiente de correção do tanque (K_p) que é função da velocidade do vento, da umidade relativa do ar e do tamanho da bordadura que o circunda.

Em áreas áridas ou semiáridas, em que a disponibilidade de água é bastante limitada, a determinação das perdas de água torna-se relevante para aperfeiçoar as práticas de irrigação (KISI, 2006). No entanto, para o correto planejamento dimensionamento e manejo de irrigação, se faz necessário a utilização de técnicas que permitam quantificar o consumo de água pelas plantas (evapotranspiração da cultura ET_c), as quais, na maioria dos casos, requerem um grande número de parâmetros do solo, da planta e do clima ou mesmo de equipamentos sofisticados, o que limita a sua aplicabilidade (MENDONÇA et al. 2006).

Com base em informações da FAO, a irrigação é uma das atividades que mais demandam água, atingindo cerca de 70% do volume utilizado no mundo. Como o consumo de água pelas plantas varia com a espécie, o estágio fenológico e o clima, deve-se determinar a quantidade exata de água a ser aplicada, a fim de se reduzir em perdas na produção, tanto por excesso quanto por déficit.

Na região do baixo rio São Francisco encontra-se um dos principais perímetros de irrigação de fruticultura irrigada do Estado. Assim, como os valores de K_p variam entre locais e existem várias metodologias de estimativa, é necessária a avaliação dos valores de K_p que melhor se ajustem a essa região, uma vez que ainda existem vários produtores que utilizam o tanque classe “A” na estimativa da lâmina de irrigação. Assim, este trabalho tem como objetivo comparar os vários métodos de estimativa dos valores dos coeficientes do tanque Classe “A” (K_p) na região do baixo rio São Francisco.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área

O clima da região de acordo com a classificação de Koppen é definido como AS’ – Tropical chuvoso com verão seco. A precipitação pluviométrica anual varia de 1.000 a 1.200 mm, o período chuvoso está concentrado entre os meses de abril a agosto, sendo que a distribuição espacial e temporal ocorre de forma bastante irregular, climatologicamente o mês de maio é o mais chuvoso com média de 240,8 mm. A temperatura média anual é de 26°C, sendo que junho é o mês mais frio 24°C. Neste trabalho foram utilizados dados da estação meteorológica pertencente à ASCONDIR- Associação dos Concessionários do Distrito de Irrigação do Platô de Neópolis, localizada nas coordenadas geográficas (lat.: 10° 17’S; long.: 36° 36’W e alt.: 132 m), o período de estudo correspondeu desde 2004 a 2013.

Para estimar os valores de K_p, utilizou-se dados diários de ET_o e ECA para o citado período, sendo denominado K_p de referência (K_{p_{ref}}):

$$K_{p_{ref}} = \frac{ET_{o_{PM}}}{ETCA} \quad (01)$$

em que, $ET_{O(PM)}$ - evapotranspiração de referência através do método de Penman Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO (mm d^{-1}) e ETCA - evaporação do Tanque Classe "A" (mm d^{-1}).

a) Método proposto por Snyder (1992)

$$Kp = 0,482 + 0,024 \ln(B) - 0,000376 u_2 + 0,0045 UR_m \quad (02)$$

b) Método proposto por Cuenca (1989)

$$Kp = 0,475 - 2,4 \cdot 10^{-4} u_2 + 5,16 \cdot 10^{-3} UR_m + 1,18 \cdot 10^{-3} B - 1,6 \cdot 10^{-5} (UR_m)^2 - 1,03 \cdot 10^{-6} B^2 - 8,0 \cdot 10^{-9} (UR_m)^2 u_2 - 1,0 \cdot 10^{-8} (UR_m)^2 B \quad (03)$$

em que u_2 é a velocidade do vento a dois metros de altura (km d^{-1}); UR_m a umidade relativa média (%); B é a bordadura da área com grama, neste trabalho se considerou, B= 10 m.

c) Método proposto por Pereira et al. (1995)

$$Kp = \frac{0,85 (\Delta + \gamma)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)} \quad (04)$$

em que Δ é a inclinação da curva de saturação do vapor d'água ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); γ o coeficiente psicrométrico; r_c/r_a é a relação entre a resistência do dossel da grama à difusão do vapor d'água (r_c) e a resistência aerodinâmica para a troca do vapor d'água de uma superfície evaporante (r_a).

d) Método proposto pela FAO Caso A

$$Kp = 0,108 - 0,0286 u_2 + 0,0422 \ln(B) + 0,1434 \ln(UR_m) - 0,000631 [\ln(B)]^2 \ln(UR_m) \quad (05)$$

e) Método do Tanque Classe "A"

Na estimativa da (ET_o) por intermédio do método do tanque Classe "A", foi utilizado o valor de (K_p) praticado pelos irrigantes no manejo da irrigação. O tanque está sobre área gramada possuindo bordadura de 10m. Então para o cálculo da (ET_o) foi usado a equação a seguir:

$$ET_o = K_p \times ECA \quad (06)$$

em que ECA - evaporação do Tanque Classe "A"; K_p - coeficiente do Tanque Classe "A"

f) Estimativa da ETo pelo método Penman-Monteith

O modelo de estimativa da (ETo) através do método de Penman-Monteith (Allen et al. 1998), considerado como padrão. Este é um método Micrometeorológico que concilia os aspectos aerodinâmicos e termodinâmicos, mas também inclui a resistência ao fluxo de calor sensível e vapor d'água no ar (R_n), e a resistência da superfície (planta) a transferência de vapor d'água (r_c), para tal foi utilizado a equação a seguir:

$$ETo = \frac{0,4082 \Delta (R_n - G) + \gamma^* \frac{900}{T + 273} + u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma^* (1 + 0,34 u_2)} \quad (07)$$

em que: ETo = evapotranspiração de referência (mm d^{-1}); Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); γ^* = constante psicrométrica = $0,063 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$; R_n = saldo de radiação a superfície ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); G = fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); T = temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$); U_2 = velocidade do vento medida a 2 metros de altura (m s^{-1}); e_s = pressão de saturação de vapor (kPa); e_a = pressão parcial de vapor (kPa); $(e_s - e_a)$ - déficit de saturação de vapor (kPa).

A análise de desempenho dos métodos foi feita, comparando os valores de ETo obtidos pelos métodos empíricos com o método padrão FAO 56. Para tal tomou por base os índices estatísticos de precisão, coeficiente de correlação (r) índice de concordância (d) proposto por Willmott (1982), índice de desempenho (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1997), o qual é obtido através do produto entre o (r) e (d), por último foi avaliado a eficiência do método (EF). Em seguida, foram obtidas estimativas de erros estatísticos: erro médio de estimativa (MBE) e a raiz quadrada do quadrado do erro médio (RQME). As expressões dos índices e erros estatísticos são demonstradas a seguir.

$$r = \frac{\sum [ETo_{(EST)} (ETo_{(PM)} - \overline{ETo_{(PM)}})]}{\left[\sum_{i=1}^n (ETo_{(PM)} - \overline{ETo_{(PM)}})^2 \sum_{i=1}^n (ETo_{(EST)} - \overline{ETo_{(EST)}})^2 \right]^{1/2}} \quad (08)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (ETo_{(EST)} - \overline{ETo_{(PM)}})^2}{\sum_{i=1}^n \left(|ETo_{(EST)} - \overline{ETo_{(PM)}}| + |ETo_{(PM)} - \overline{ETo_{(PM)}}| \right)^2} \right] \quad (09)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (ETo_{(EST)} - ETo_{(PM)}) \quad (10)$$

$$EQME = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (ETo_{(EST)} - ETo_{(PM)})^2 \right]^{1/2} \quad (11)$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (ETo_{PM} - \overline{ETo_{PM}})^2 - \sum_{i=1}^n (ETo_{PM} - ETo_{EST})^2}{\sum_{i=1}^n (ETo_{PM} - \overline{ETo_{PM}})^2} \quad (12)$$

em que, n = número de observações; $ETo_{(EST)}$ = valores acumulados da evapotranspiração de referência obtida com os valores da ETCA, K_p ; $ETo_{(PM)}$ = valores acumulados da evapotranspiração de referência através do método de Penman-Monteith. A barra sobre os símbolos refere-se ao valor médio no período.

No estudo da avaliação do desempenho da ETo obtida pelos métodos estudados foi utilizado o índice (c) proposto por CAMARGO e SENTELHAS (1997) para indicar o desempenho dos métodos que reúne os coeficientes de correlação (r) e o de concordância (d) conforme equação (13).

$$c = r \times d \quad (13)$$

Para os índices d, c e EF, quanto mais próximo de 1, mais similares são os valores previstos pelo modelo em relação ao modelo considerado como padrão. A diferença entre eles é que, enquanto d e c só podem assumir valores entre 0 e 1, EF pode assumir ainda valores negativos (ARBAT et al., 2003), significando que a média dos dados observados predizem melhor os resultados que os estimados pelo modelo (BEZERRA, 2012).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentados resultados das análises estatísticas da estimativa da (ETo) obtida através da medida da (ECA) e através do coeficiente do tanque Classe "A" (K_p) determinado por diversos métodos, para os períodos: seco, chuvoso e anual respectivamente.

Os valores de (r) variaram entre 1,09 a 1,25, enquanto que o índice de concordância de Wilmonntt (d), que mede a concordância ou similaridade entre os métodos, houve um ajustamento bastante homogêneo entre as metodologias, todas ficaram em torno de 0,99. O menor erro médio absoluto (EMA), foi verificado no período anual com valor (-3,88mm) através do método de Cuenca, evidenciando que os valores médios mensais de K_p (padrão), podem ser utilizados para a estimativa da ETo , com base nos dados de evaporação do tanque classe "A" e conseqüentemente estimativa da lâmina de irrigação a ser aplicada.

Tabela 1. Análise estatística da evapotranspiração de referência diária (ET_o) obtida com base no coeficiente do tanque (K_p), calculado por diversos métodos e estimativa da (ET_o) pelo método do tanque Classe "A", no período seco na região do baixo rio São Francisco em 2014.

Métodos	R	d	C	EF	EMA (mm d ⁻¹)	RQME (mm d ⁻¹)	Desempenho
ET _{oSnyder}	1,16	0,98	1,13	0,98	0,65	9,51	Ótimo
ET _{oCuenca}	1,16	0,99	1,14	0,99	-0,02	2,98	Ótimo
ET _{oFAO A}	1,16	0,99	1,14	0,99	-0,10	1,59	Ótimo
ET _{oPereira}	1,16	0,99	1,14	0,99	-0,16	2,45	Ótimo

Tabela 2. Análise estatística da evapotranspiração de referência diária (ET_o) obtida com base no coeficiente do tanque (K_p), calculado por diversos métodos e estimativa da (ET_o) pelo método do tanque classe "A", no período chuvoso na região do baixo rio São Francisco em 2014.

Métodos	R	d	C	EF	EMA (mm d ⁻¹)	RQME (mm d ⁻¹)	Desempenho
ET _{oSnyder}	1,25	0,96	1,2	0,96	0,51	6,3	Ótimo
ET _{oCuenca}	1,25	0,99	1,23	0,99	-0,02	0,25	Ótimo
ET _{oFAO A}	1,25	0,99	1,23	0,99	0,02	0,32	Ótimo
ET _{oPereira}	1,25	0,99	1,23	0,99	-0,01	0,16	Ótimo

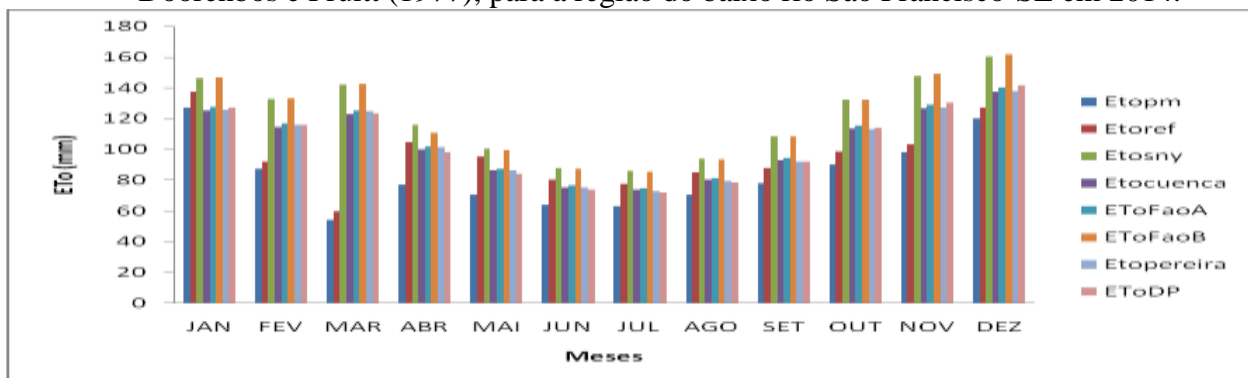
Tabela 3. Análise estatística da evapotranspiração de referência diária (ET_o) obtida com base no coeficiente do tanque (K_p), calculado por diversos métodos e estimativa da (ET_o) pelo método do tanque Classe "A", no período anual na região do baixo rio São Francisco em 2014.

Métodos	R	d	C	EF	EMA (mm d ⁻¹)	RQME (mm d ⁻¹)	Desempenho
ET _{oSnyder}	1,09	0,97	1,05	0,97	18,03	62,49	Ótimo
ET _{oCuenca}	1,09	0,99	1,07	0,99	-3,88	13,46	Ótimo
ET _{oFAO A}	1,09	0,99	1,07	0,99	-1,60	5,55	Ótimo
ET _{oPereira}	1,09	0,99	1,07	0,99	-3,15	10,93	Ótimo

A Figura 1 apresenta os valores mensais da (ET_o) obtidos pela metodologia de Penman-Monteith e pelo tanque Classe "A" utilizando as diferentes metodologias de obtenção do K_p. Observando a Figura 1 pode-se constatar que todas as metodologias testadas apresentaram bom comportamento quando comparada a metodologia padrão, para todos os meses do ano. Também se pode observar na citada Figura, que as metodologias de Cuenca (1989), Allen et al. (1996) e Snyder (1992) superestimaram o método usado como padrão (ET_oPM), resultados semelhantes foram obtidos por Braga et al. (2008). Em trabalho desenvolvido por Duarte et al. (2003), os autores citam que devido à área relativamente pequena do tanque Classe "A", e devido a absorção da radiação solar pelas paredes do recipiente e ainda pelo fato dele criar seu próprio ambiente aerodinâmico ao ficar exposto acima do solo, os valores da evaporação medida às vezes apresentam magnitudes elevadas, proporcionando uma superestimativa da ET_o. Os erros de estimativa por parte das metodologias também podem ser atribuídos a maior susceptibilidade ao processo de advecção, a qual o tanque está sujeito. Em trabalho desenvolvido por Conceição

(2002) foi empregado valor fixo de K_p utilizado regionalmente, no final da pesquisa o autor encontrou valores satisfatórios, tal qual neste estudo, observando que os fatores como a umidade relativa do ar e a velocidade do vento não devem apresentar grandes variações durante o período analisado.

Figura 1. Valores mensal da evapotranspiração de referência estimados pelos métodos: Snyder (1992), Cuenca (1989), Pereira et al. (1995), FAO A e FAO B (ALLEN et al., 1998) e Doorenbos e Pruitt (1977), para a região do baixo rio São Francisco-SE em 2014.



Nas Figuras 2 e 3 estão apresentadas as correlações estatísticas entre cada método de estimativa da (E_{To}) com base na medição da evaporação do tanque Classe "A" (ECA), sendo comparado ao modelo padrão sugerido por Penmann-Montheith. A correlação foi feita para os períodos seco e chuvoso, e em ambos períodos foram observados baixa correlação.

Figura 2. Correlações entre as estimativas diárias para o período seco da (ET_o) obtidas pelo (TCA) utilizando as cinco metodologias de obtenção do coeficiente do tanque (K_p) e a estimada pelo método de Penman-Monteith para o ano de 2014 na região do baixo rio São Francisco-SE.

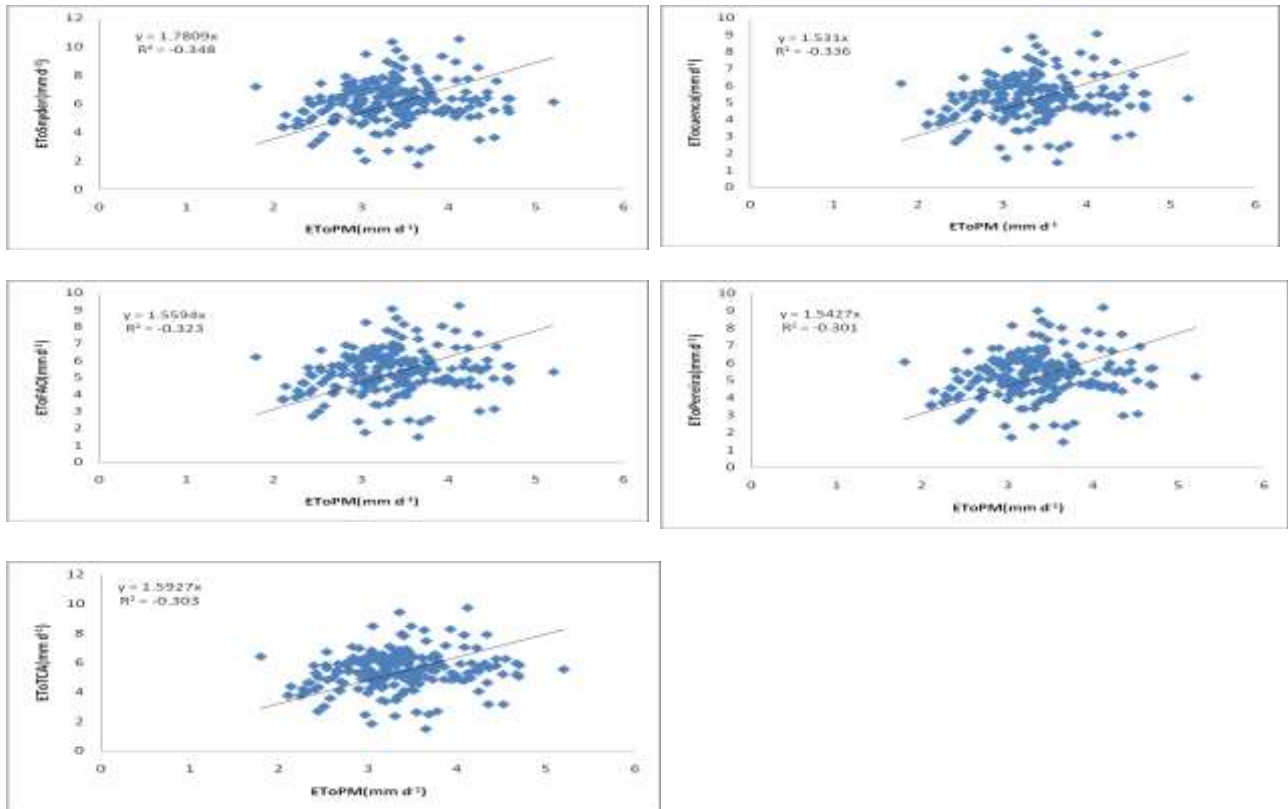
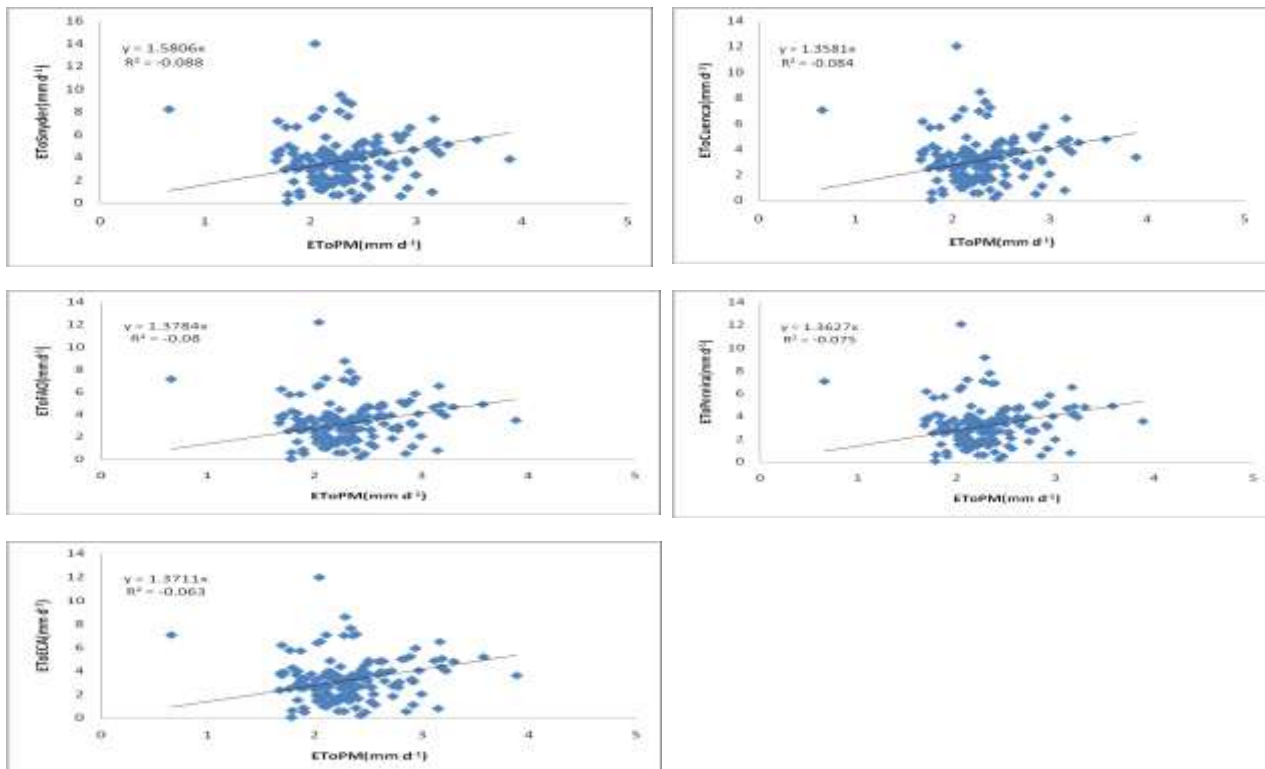


Figura 3. Correlações entre as estimativas diárias para o período chuvoso da (ETo) obtidas pelo (TCA) utilizando as cinco metodologias de obtenção do coeficiente do tanque (Kp) e a estimada pelo método de Penman-Monteith para o ano de 2014 na região do baixo rio São Francisco-SE.



6 CONCLUSÃO

Após o uso dos diferentes métodos de estimativa dos valores de Kp para a região do baixo rio São Francisco, concluiu-se que:

- a) Todos os métodos utilizados nesta pesquisa apresentaram ótimo desempenho, na estimativa da ETo com base na ECA para os períodos anual, seco e chuvoso
- b) Na comparação da evapotranspiração de referência estimada com base no tanque classe "A" (ECA) em relação a estimativa da (ETo) através do método de Penman-Montheith, obteve baixa correlação.

7 REFERÊNCIAS

ARBAT, G. et al. Evaluación de los modelos numéricos de flujo de agua en el suelo HYDRUS 2D y SIMDAS en riego localizado. In: ÁLVAREZ BENEDÍ, J.; MARINERO, P. (Eds.) **Estudios de la Zona no Saturada del Suelo**, v. 6, p. 279-288.

- ALLEN, R. G.; SMITH, M.; VILLIAM, O.; et al. Modifications to the FAO crop coefficient approach. In. Evapotranspiration and irrigation scheduling, **Proceeding of the International Conference**, American Society of Agricultural Engineers the Irrigation Association, november, 3-6, San Antonio, Texas, p. 124-132, 1996.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; *et al.* **Crop evapotranspiration** : guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 279p. (Irrigation and Drainage paper 56).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MONTOVANI, E. C. **Manual de irrigação** 8. Ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BEZERRA, A. H. F. **Software de simulação do coeficiente de cultura**. 2009. 60 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009. Disponível em: <<http://ebiblio.ufersa.edu.br/Download/18898.pdf>>. Acesso em: 25 jul 2016.
- BRAGA M. B., CALGARO M., MOURA M, B, S, SILVA T. F. G. **Coefficientes do tanque classe "A" para estimativa da evapotranspiração de referência na região do Vale do Submédio São Francisco, estado da Bahia**, Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.16, n.1, p.49-57, 2008.
- 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**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89 – 97, 1997.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. Rederence evapotranspiration based on class A pan evaporation. *Scientia Agrícola*, v. 59, n.3, p. 417-420, 2002.
- CUENCA, R. H. **Irrigation system design: an engineering approach**. New Jersey: Prentice-Hall, 1989, 133p.
- CUNHA, A. R.; **Coefficiente do tanque Classe A obtido por diferentes métodos em ambiente protegido e no campo**. *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 32, n. 2, p. 451-464, Londrina, 2011.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, J. O. **Crop Water Requirements**. Rome: FAO, 168 P. 1977. (Irrigation and Drainage Paper, 24).
- DUARTE, W. O.; BARROS, D. D. I.; ASSUNÇÃO, W. L. Comparação entre as leituras diárias do tanque classe "A" e o evaporímetro de piché, da estação climatológica da Universidade Federal de Uberlândia. In: *Simpósio Regional de Geografia: Perspectiva para o Cerrado no Século XXI*, 2, 2003.p. 1-5.
- KISI, O. Daily pan evaporation modelling using a neuro-fuzzy computing technique. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 329, p. 636-646, 2006.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; ANDRE, R. G. B.; BERBARDO, S. Coeficientes do tanque Classe “A” para a estimativa da evapotranspiração de referência, em Campo dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 14, p. 123-128, 2006.

PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; PEREIRA, A. S. & BARBIERI, V. A model for class-A pan coefficient. **Agricultural and forest Meteorology**, Amsterdam, v. 76, p. 75 – 82, 1995.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 183p. 1997.

SENTELHAS, P. C.; FOLEGATTI, M. V. Class-A pan coefficients (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ET_o). **Revista Brasileira Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 111-115, 2003.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of the Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 118, p. 977-980, 1992.

Willmott, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.63, p.1309-1313, 1982.