

## **METODOLOGIAS DE CÁLCULO DO COEFICIENTE DO TANQUE CLASSE A PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DIÁRIA**

T. T. S. FERREIRA<sup>1</sup>, D. N. B. RODRIGUES<sup>1</sup>, A. M. M. de MESQUITA<sup>1</sup>, A. K. P. BEZERRA<sup>1</sup>

**RESUMO:** O estudo foi desenvolvido para o Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi, Chapada do Apodi, no Estado do Ceará, com o objetivo de avaliar duas metodologias de estimativa de Kp para o cálculo da ETo diária, usando evaporação do tanque Classe A. Foram empregados dados de evaporação de 1 de Julho a 31 de Dezembro de 2007, pertencente ao banco de dados da Unidade de Ensino e Pesquisa – UEPE/FATEC Limoeiro do Norte. Foram analisados o coeficiente de determinação, angular e correlação de cada equação. De acordo com os resultados obtidos observa-se que os dois métodos apresentaram coeficientes angulares (b) menores que 1 para os todos os meses analisados, tendo a ETo estimada com Kp usando a metodologia de Cuenca (1989) superestimou a de Doorenbos e Pruitt (1997) para todos os meses. Entretanto, houve um bom ajuste quanto ao método de Cuenca (1989) para valores de R<sup>2</sup>. As duas metodologias apresentaram resultados semelhantes, podendo ser utilizada sem restrições para cálculo do Kp, na estimativa da evapotranspiração de referência para o Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi, Limoeiro do Norte pelo Tanque Classe A.

**Palavras Chaves:** Kp, Cuenca (1989), Doorenbos e Pruitt (1997)

## **ESTIMATE OF THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION METHODOLOGIES USING TWO FOR THE CALCULATION OF THE COEFFICIENT CLASS A PAN**

**ABSTRACT:** The study was developed for the Perimeter Irrigado Jaguaribe-Apodi, the Chapada Apodi, in the state of Ceara, to evaluate two methodologies for estimating Kp for the calculation of ETo daily, using evaporation of the Class A pan. They were employees of evaporation data from July 1 to December 31, 2007, belonging to a database of Unit Teaching and Research - UEPE / FATEC Limoeiro do Norte. We analyzed the coefficient of determination, and angular correlation of each equation. According to the results observed that the two methods showed angular coefficients (b) smaller than 1 for every month analyzed, and the estimated ETo with Kp using the methodology of Cuenca (1989)

---

<sup>1</sup> Tecnólogo em Recursos Hídricos / Irrigação, Mestrando em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará – UFC, bolsista do CNPq, Fone: (85) 3366 9761, e-mail: [tony\\_thiagos@yahoo.com.br](mailto:tony_thiagos@yahoo.com.br), [diegonathan05@yahoo.com.br](mailto:diegonathan05@yahoo.com.br), [marcosilario@hotmail.com](mailto:marcosilario@hotmail.com), [karineipu@hotmail.com](mailto:karineipu@hotmail.com)

overestimated to Doorenbos and Pruitt (1997) for each month. However, there was a good fit as to the method of Cuenca (1989) for values of  $R^2$ . The two methods showed similar results, and can be used without restriction for calculating the  $K_p$ , in the estimation of the evapotranspiration of reference of the Perimeter Irrigado Jaguaribe-Apodi, Limoeiro do Norte by Class A pan.

**Key Words:**  $K_p$ , Snyder (1992), Allen et al. (1998)

## INTRODUÇÃO

O método mais utilizado atualmente para estimativa de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é o método do Tanque Classe A. Esta vasta utilização se dá devido a facilidade de leitura e por ser mais acessível ao produtor. É comum estimar ET<sub>o</sub> usando a evaporação do Tanque classe A (Ev) e utilizando-se de um coeficiente ( $K_p$ ), que varia de acordo com o local e as condições meteorológicas como sugerido por Doorenbos & Pruitt (1997) e Allen et al. (1998).

Segundo Bernardo et al. (2006) o Tanque Classe A, tem a vantagem de medir a evaporação de uma superfície de água livre, associada aos efeitos da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade relativa do ar.

Mendonça et al. (2006) afirmam que a utilização desse instrumento ainda gera algumas controvérsias, principalmente quanto à escolha do coeficiente de tanque ( $K_p$ ) a ser utilizado. De acordo com Villa Nova et al. (1996), a determinação do  $K_p$  é o maior problema na conversão de Ev em ET<sub>o</sub> e a partir desta evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>).

Existem vários métodos para estimar  $K_p$ , todos eles usam média diária de dados de velocidade do vento (U), umidade relativa do ar (RH), e comprimento da bordadura (F).

Doorenbos & Pruitt (1997) propuseram uma tabela com valores  $K_p$  variando de 0,40 a 0,85, dependendo das variáveis climáticas supracitadas e tipo de cobertura do solo em torno do tanque. Por outro lado, Cuenca (1989), sugeriu uma equação polinomial para estimativa de valores diários de  $K_p$ .

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar estas duas metodologias de calculo do  $K_p$  para o estimativa da ET<sub>o</sub> diária, utilizando evaporação do tanque Classe A, sob condições climáticas do Perímetro Irrigado Jaguaribe – Apodi, Limoeiro do Norte – CE.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido para o Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi, Chapada do Apodi, no Estado do Ceará, entre os municípios de Limoeiro do Norte e Quixeré, situado a 5°20' de latitude Sul e 38°5' de longitude Oeste. O clima é do tipo BSw'h', com valores médios anuais: temperatura, 28,5 – 35°C; precipitação, 772 mm; umidade relativa, 62%; ventos, 7,5 m s<sup>-1</sup>; evapotranspiração, 3.215 mm e insolação, 3.030 horas ano<sup>-1</sup> (DNOCS, 2008).

Os dados de evaporação do tanque Classe A foram obtidos através da coleta diária na estação meteorológica convencional, localizada na Unidade de Ensino e Pesquisa – UEPE/FATEC Limoeiro do Norte e referentes ao período de 1 de Julho a 31 Dezembro de 2007, período este, de estiagem no município.

A evapotranspiração de referência foi calculada pela equação:

$$ET_o = E_v \cdot K_p \quad (1)$$

em que:  $ET_o$  = evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup>;  $E_v$  = evaporação do tanque Classe A, mm dia<sup>-1</sup>;  $K_p$  = coeficiente do tanque, adimensional.

Para as estimativas da  $ET_o$  pelo método do tanque Classe A (equação 1), os valores de  $K_p$  diário foram calculados pelos seguintes métodos:

1) CUENCA (1989) - Equação

$$K_p = 0,475 - 2,4 \cdot 10^{-4} u + 5,16 \cdot 10^{-3} RH + 1,18 \cdot 10^{-3} F - 1,6 \cdot 10^{-5} RH^2 - 1,01 \cdot 10^{-6} F^2 - 8,0 \cdot 10^{-9} RH^2 u - 1,0 \cdot 10^{-8} RH^2 F \quad (2)$$

em que:  $u$  = velocidade do vento a 2 m, km dia<sup>-1</sup>;  $UR$  = umidade relativa, %;  $F$  = menor distância do centro do tanque ao limite da bordadura grama ou solo nu, considerada igual a 10m.

2) DOORENBOS E PRUIT (1997) - Tabelado

$$K_p = 0,65$$

(Valor médio anual, considerando as condições de clima local).

O valor de  $K_p$  pelo método de Doorenbos e Pruitt (1997) foi considerado como padrão, por ser referencia da FAO constando no manual 24.

Os valores de coeficientes de correlação encontrados foram classificados seguindo a metodologia de Hopkins (2002) e dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação das correlações de acordo com o coeficiente de correlação.

Coeficiente de Correlação	r
0,0-0,1	Muito baixo
0,1-0,3	Baixo
0,3-0,5	Moderado
0,5-0,7	Alto
0,7-0,9	Muito alto
0,9-1,0	Quase perfeito

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as relações entre a ETo diária calculada pelo método do tanque Classe A, utilizando-se os valores de Kp calculados pelos dois métodos avaliados para os meses de julho a dezembro.

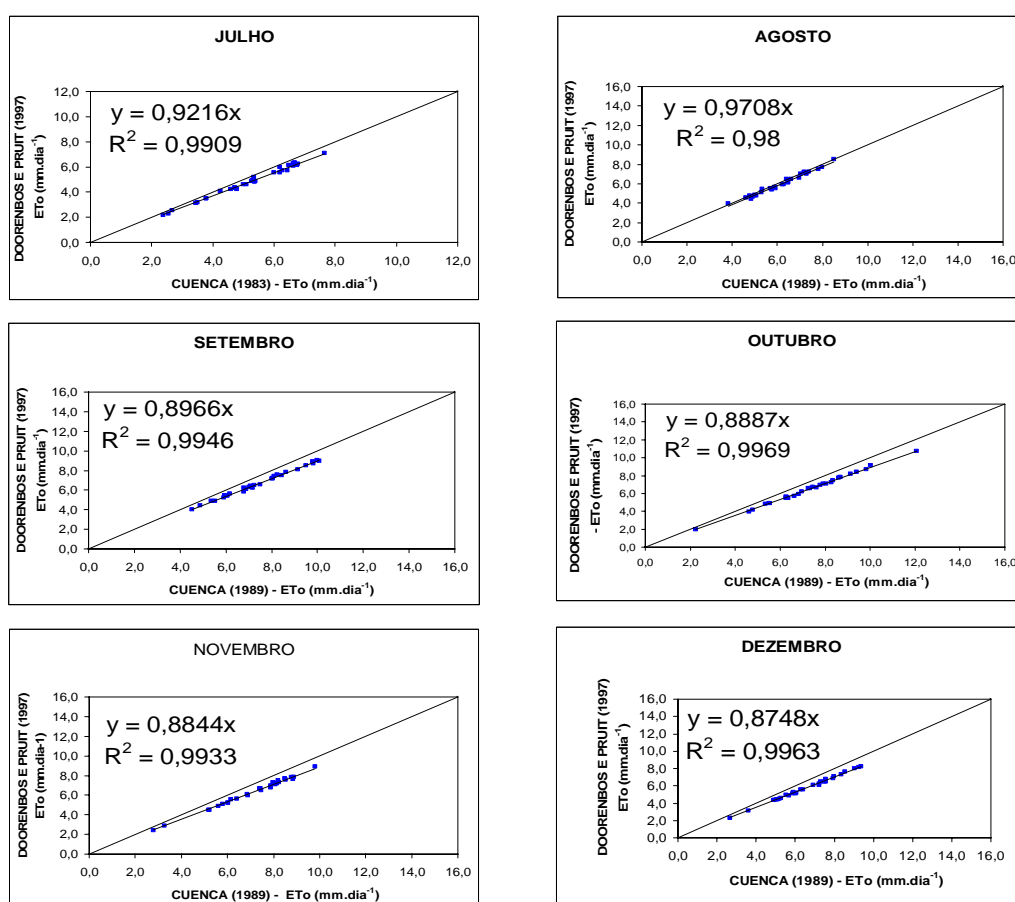


Figura 1. Relação entre evapotranspiração de referência (ETo) estimada pelo tanque Classe A, utilizando-se duas formas de cálculo do Kp, para o Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi - Limoeiro do Norte, CE.

Observa-se que os dois métodos apresentaram coeficientes angulares (b) menores que 1 para os todos os meses analisados, porém a ETo quando usada a metodologia de Cuenca (1989) para cálculo do Kp, superestimou a ETo quando usada metodologia de Doorenbos e Pruitt (1997), em todos os meses. No entanto, observa-se um bom ajuste quanto ao método de Cuenca (1989) com os valores de  $R^2$  que indicam as precisões das estimativas, estiveram bem próximos de 1, sendo que o mês de agosto apresentou o menor valor de  $R^2 = 0,98$ . Os

resultados obtidos corroboram com Mendonça et al. (2006), que compararam a ETo diária estimada pelo método do tanque Classe A calculada com Kp oriundo de diversas metodologias e consideraram o método proposto por Cuenca (1989) como o mais indicado na determinação de Kp para converter Ev em ETo.

Trabalho semelhante foi realizado por Sentelhas e Folegatti (2003) onde os autores comparando a ETo estimada pelo tanque Classe A com o Kp sob diversos métodos, versus ETo de um lisímetro, concluíram que as melhores estimativa de ETo foram obtidas quando usado valores de Kp pelos métodos de Pereira et al. (1995) e Cuenca (1989).

Os mesmos autores associam este desempenho dos métodos citados anteriormente, em parte pelo fato de que a maioria deles foram desenvolvidos com base nos valores apresentados por Doorenbos & Pruitt (1997).

De acordo com os resultados da Tabela 2 pode-se verificar que os coeficientes de correlação dos meses estudados obtiveram índices de desempenho satisfatórios para estimar a ETo usando a equação de Cuenca (1989) para calcular o Kp do tanque Classe A, sendo os mesmos classificados como quase perfeito.

Tabela 2. Resultados das análises de regressão linear e correlação.

<b>Meses</b>	<b>b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>r</b>
Julho	0,9216	0,9909	0,9954
Agosto	0,9708	0,9800	0,9899
Setembro	0,8966	0,9946	0,9973
Outubro	0,8887	0,9969	0,9984
Novembro	0,8844	0,9933	0,9966
Dezembro	0,8748	0,9963	0,9981
<b>MÉDIAS</b>	<b>0,9062</b>	<b>0,9920</b>	<b>0,9960</b>

Porém a utilização de um valor fixo é um método simples e prático para converter Ev em ETo, sem a necessidade de dados meteorológicos diários como velocidade do vento, umidade relativa do ar.

## CONCLUSÕES

O método de estimativa de Kp proposto por Cuenca (1989) superestimou os dados de evapotranspiração de referência do tanque classe A, quando usada à metodologia sugerida por Doorenbos e Pruitt (1997). Porém, não foi observada diferenças significativas entre os métodos.

A metodologia proposta por Cuenca (1989), pode ser utilizada sem qualquer restrição para o cálculo do  $K_p$  com o objetivo de estimar a evapotranspiração de referência para o Perímetro Irrigado Jaguaribe – Apodi, Limoeiro do Norte – Ceará, pelo tanque Classe A.

Portanto, o uso de valores fixos de  $K_p$  (tabelado) podem ser utilizados por sua simplicidade e praticidade para converter  $E_v$  em  $E_{To}$ , sem a necessidade de dados meteorológicos diários como velocidade do vento, umidade relativa do ar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 300p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2006. 625p.

CUENCA, R.H. **Irrigation system design: an engineering approach**. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 1989. 133p.

DOORENBOS, J. PRUIT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. Tradução de GHEYI, H. R.; METRI, J. E. C.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande, UFPB, 1997. 204p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24)

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). **Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi**. 2008. Disponível em <http://apoena.dnocs.gov.br/~apoena/php/projetos/projetos.php>. Acesso em: 19 mar. 2008.

HOPKINS, W. G. **A scale of magnitudes for effect statistics**. 2002. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>. Acesso: 19 mar. 2008

MENDONÇA, J.C; SOUSA, E. F. de.; ANDRÉ, R. G. B.; BERNARDO, S. **Coefficientes do Tanque Classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência em Campos dos Goytacazes, RJ**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 14, n.1, p.123-128, 2006.

SENTELHAS, P. C.; FOLEGATTI, M. V. **Class A pan coefficients ( $K_p$ ) to estimate daily reference evapotranspiration ( $E_{To}$ )**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.1, p.111-115, 2003.