

Revista ACSA:

<http://www.cstr.ufcg.edu.br/acsa/>

Revista ACSA – OJS:

<http://150.165.111.246/ojs-patos/index.php/ACSA>

Max V. Teixeira da Silva¹

Marcio Alves Carneiro²

Pedro P. Bezerra Ferreira³

Glaucianne C. da Conceição⁴

Fabiano L. de Oliveira⁵

Patricio Borges Maracaja⁶

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 12/02/14. Aprovado em 25/08/2014.

¹Mestrando em Eng. Agrícola, UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA, e-mail: max_agro_88@hotmail.com;

²Docente, IFMA – Instituto Federal do Maranhão – MA, e-mail: marcio.carneiro@ifma.edu.br;

³Mestrando em Eng. Agrícola, UNIVASF - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA, e-mail: pedro_k77@hotmail.com;

⁴Mestrando em Eng. Agrícola, UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA, e-mail: glaucia_jua.ssa@hotmail.com

⁵Mestrando em Ciência Animal, UFERSA – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró-RN, e-mail: fabianoluizoliveira@gmail.com

⁶Docente, UFG – Universidade Federal Campina Grande – PB, e-mail: patricio@ufcg.edu.br.



Comparação de métodos evapotranspiração de referência para cidade de Piracicaba-SP

RESUMO

A evapotranspiração é um dos principais componentes do ciclo hidrológico, e a precisão de sua estimativa é de importância para diversos estudos, como balanço hidrológico, projetos e manejos de irrigação, simulação de produtividade de culturas e planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. O trabalho teve como objetivo mostrar a correlação entre o método Penman-Monteith-FAO, Hargreaves & Samani, Ivanov, Camargo e Blaney Cridlle na estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Piracicaba-SP. Os dados foram obtidos do período de Janeiro 2010 a Dezembro de 2011. Os métodos Hargreaves-samani e Camargo nas condições climáticas do local de estudo, para os métodos avaliados, apresentaram os melhores índices de confiança com 0,95 e 0,98 (forte correlação), mostrando-se assim, resultados próximos aos obtidos do método padrão da FAO e confiabilidade na estimativa da evapotranspiração de referência para município de Piracicaba.

Palavras-chave: Penman Montheit, irrigação, clima

Comparison of methods of evapotranspiration reference for city of piracicaba-SP

ABSTRACT

The evapotranspiration is one of the main components of the hydrological cycle, and the accuracy of your estimate is of importance for various studies, such as water balance, projects and managements of irrigation, simulation of crop productivity and planning and management of water resources. The objective of this work was to show the correlation between the Penman-Monteith method –FAO, Hargreaves & Samani, Ivanov, Camargo and Blaney Cridlle in estimation of evapotranspiration in reference to the city of Piracicaba-SP. The data were obtained from the period of January 2010 to December 2011. The methods Hargreaves-samani and Camargo the climatic conditions of the place of study, for the methods

evaluated, presented the best confidence indices with 0.95 and 0.98 (strong correlation), showing-if so, results close to those obtained from the standard method of the FAO and reliability in the estimation of evapotranspiration of reference for municipality of Piracicaba.

Keywords: Penman Monteith, irrigation, climate

INTRODUÇÃO

A agricultura é a atividade que mais utiliza água no mundo, cerca de 70% da água doce consumida (Quaglia, 2005), superando o consumo humano e a produção de energia elétrica. Com o crescimento ascendente da população mundial, viu-se a necessidade do desenvolvimento de técnicas que controlassem e minimizassem o uso de água sem comprometimento da produção agrícola.

Segundo Bernardo & Mantovani (2006), a determinação da quantidade de água necessária para as culturas é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação. Sua quantificação é realizada fazendo-se o balanço hídrico da camada do solo ocupada pelo sistema radicular da cultura, o qual tem, na evapotranspiração e na precipitação pluviométrica, seus principais componentes. Ela é controlada pelo balanço de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. Pereira et al. (1997), definem a evapotranspiração como um elemento climatológico fundamental, que corresponde ao processo oposto da chuva, também expressa em milímetros. Bernardo et al. (1996) relatam que a Evapotranspiração de referência (ET_o) pode ser determinada por métodos diretos e indiretos.

A evapotranspiração é um dos principais componentes do ciclo hidrológico, e a precisão de sua estimativa é de importância para diversos estudos, como balanço hidrológico, projetos e manejos de irrigação, simulação de produtividade de culturas e planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (Lima, 2005).

O método direto (lisímetro), apesar de apresentar ótimos resultados, utiliza equipamentos de custo muito elevado, tornando-se inviável sua utilização no manejo da agricultura irrigada no dia a dia. Já os métodos indiretos oferecem a estimativa da ET_o, sendo o método Penman-Monteith-FAO considerado padrão. Outros métodos são utilizados para se estimar a evapotranspiração de referência, como os métodos Radiação Solar, Makkink, Linacre, Jensen-Haise, Camargo, Ivanov, Hargreaves-Samani, Tanque Classe “A” e outros.

Para a utilização do método padrão-FAO são empregados dados de temperatura (T) e umidade relativa

do ar (UR), radiação solar (R_s) e velocidade do vento (V). Os produtores rurais, contudo, nem sempre dispõem desses dados, sendo necessária a utilização de métodos mais simples para o cálculo de ET_o. Outro método bastante utilizado é denominado de Tanque classe “A”, o mesmo é bastante fácil de ser manejado e necessita apenas da evaporação do tanque (ECA) e de um coeficiente chamado de coeficiente do tanque (K_p). Entretanto, o tanque é um equipamento de custo elevado, principalmente para agricultores familiares.

Métodos que utilizam somente a temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar para a estimativa da ET_o também podem ser empregados pelos produtores para o manejo da irrigação. Conceição & Marin (2003) verificaram um coeficiente de determinação (R²) igual a 0,84 entre os valores mensais de ET_o determinados pelo método de Penman-Monteith-FAO e os valores obtidos pelo método de Hargreaves & Samani (SAMANI, 2000), sob as condições do noroeste paulista.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo mostrar a correlação entre o método Penman-Monteith-FAO Hargreaves & Samani (1985), Ivanov (JENSEN, 1973), Camargo (1971) e Blaney Cridle na estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Piracicaba, São Paulo, como uma alternativa de manejo para os pequenos agricultores da região.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados a partir de uma estação automática localizada na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, localizado no município de Piracicaba, São Paulo, sob coordenadas geográficas s 22°43’14” a 22°42’ 01” S e 47°38’46” a 47°36’49” W. Com uma altitude média de 546 m, clima Cwa (verão quente com estiagem no inverno), segundo Köppen e pluviosidade média de 1200 mm anuais (Setzer 1946).

Foram quantificados valores diários das temperaturas máxima (T_{máx}), média (T_{méd}) e mínima (T_{mín}), umidade relativa máxima do ar (UR_{máx}), umidade relativa média do ar (UR_{méd}), umidade relativa mínima do ar (UR_{mín}), radiação solar (R_s), precipitações e velocidade do vento a 2m (V_v). Os dados foram obtidos de 01 de janeiro de 2010 a 31 de dezembro de 2011.

Equações utilizadas para determinação da evapotranspiração

Hargreaves - Samani (1985)

$$ET_o = 0,0023 \times Ra(T + 17,8)\sqrt{T_{máx}} - T_{mín}$$

Ra = radiação no topo da atmosfera [$MJ m^{-2} d^{-1}$];

T = temperatura média [$^{\circ}C$];

Tmax = temperatura média das máximas [$^{\circ}C$];

Tmin = temperatura média das mínimas [$^{\circ}C$];

Blaney-Criddle (1950)

$$ET_o = a + b \times p \times (0,46 \times T + 8,13)$$

p = porcentagem mensal de horas de luz solar em relação ao total anual (Tab.).

T = temperatura média do período, em °C;

Penman-Monteith (1948-1965)

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma(1 + \frac{r_c}{r_a})} \times \frac{R_n - G}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma(1 + \frac{r_c}{r_a})} \times \frac{900}{T + 273,15} \times U_2 \times DPV$$

ET_o = evapotranspiração da cultura de referência [mm d⁻¹];

d = declividade da curva de pressão de vapor de saturação [kPa °C⁻¹];

l = calor latente de evaporação [MJ kg⁻¹].

r_c = resistência do dossel da planta [s m⁻¹];

r_a = resistência aerodinâmica [s m⁻¹];

R_n = saldo de radiação à superfície [MJ m⁻² s⁻¹];

G = fluxo de calor no solo [MJ m⁻² s⁻¹];

g = constante psicrométrica [kPa °C⁻¹];

T = temperatura média do ar [°C];

U_2 = velocidade do vento a 2 m de altura [m s⁻¹];

DPV = déficit de pressão de vapor [kPa]; e

900 = fator de transformação de unidades.

Camargo (1971)

$$ET_o = Q_o \times T \times F \times n_d$$

Q_o - radiação solar extraterrestre, mm d⁻¹

T - temperatura média do período considerado, °C

F - fator de ajuste (função da temperatura média anual)

n_d - número de dias do período

Ivanov (JENSEN, 1973)

$$ET_o = 0,666 \times (45 + T_m)^2 \times (1 - \frac{UR_m}{100})$$

ET_o = evapotranspiração da cultura de referência [mm d⁻¹];

T_m = Temperatura média, °C;

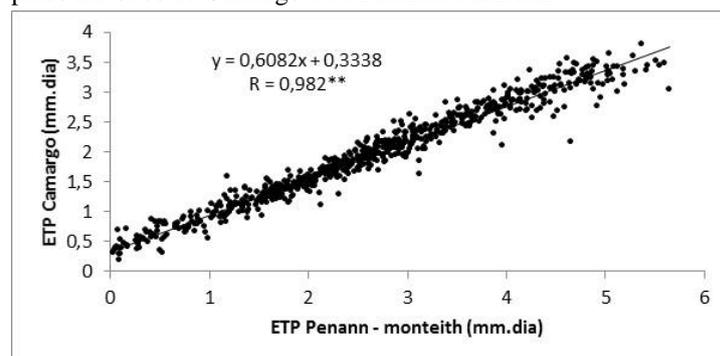
UR_m = Umidade Relativa média, %.

Com os dados obtidos de evapotranspiração, foi realizado um teste de regressão para as correlações dos diferentes métodos, pelo office Excel, para obtenção dos coeficientes de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de evapotranspiração (ETP) segundo Camargo (1971) apresentou uma forte correlação com o método ETP Penman Monteith-FAO, com coeficiente de Pearson de 0,98, (figura 1) apresentado efeito significativo 1% de probabilidade no teste de regressão. Gonçalves et al., (2009) comparando diferentes métodos de evapotranspiração no município de Sobral-CE, verificaram um coeficiente de Pearson de 0,66 para métodos de Camargo e Penman-Monteith-FAO. Souza (2011) trabalhando com a cultura do trigo, observou um coeficiente de 0,36 entre relação dos métodos de Penman-Monteith e Camargo, já Araújo et al. (2010) verificou valor de 0,5. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato do método ter excluído as variáveis umidade relativa do ar, intensidade do vento, radiação global e consideraram a radiação no topo da atmosfera, com as variáveis Umidade Relativa e Radiação global foram as que mais influenciaram a ET_o .

Figura 01: Relações entre evapotranspiração calculados pelos métodos de Camargo e de Penman-Monteith.



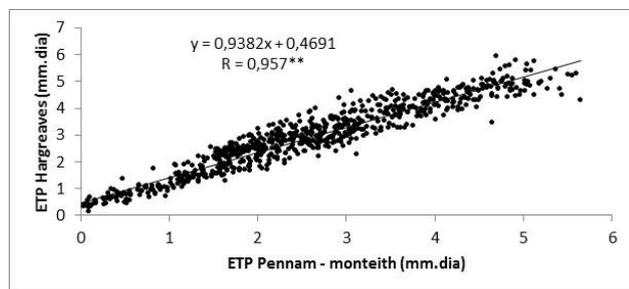
** - significativo a 1% de probabilidade

A correlação entre o método ETP de Penman-Monteith e Hargreaves-Samani (Figura 2) apresentou uma forte relação, com um coeficiente de Pearson de 0,957, com efeito significativo no teste de regressão a 1% de probabilidade. Este resultado demonstrar uma eficiência do método para dados de evapotranspiração diário, tendo como referência, o método padrão da FAO, o Penman-Monteith. Resultados semelhantes foram observados por Noletto et al., (2013) com coeficiente de 0,98 para o município de Piripiri-PI.

Gonçalves et al., (2009) observaram resultados próximos ao verificado neste trabalho, com coeficiente de Pearson de 0,81 no município de Sobral-CE. Souza (2011) encontrou valor de 0,65, no município de Piraí do sul, estado do Paraná. Araújo, Costa e Santos (2007) verificaram que os métodos de Thornthwaite e Hargreaves-Samani superestimaram o método padrão. Ambos os métodos têm a vantagem de serem simples e de fácil aplicação, por necessitar apenas de dados de temperatura e latitude.

Resultados semelhantes foram verificados por Carvalho et al. (2006), que testaram vários métodos de evapotranspiração para a região de Seropédica (RJ).

Figura 2. Relações entre evapotranspiração calculados pelos métodos de Hargreaves-samani e de Penman-Monteith.

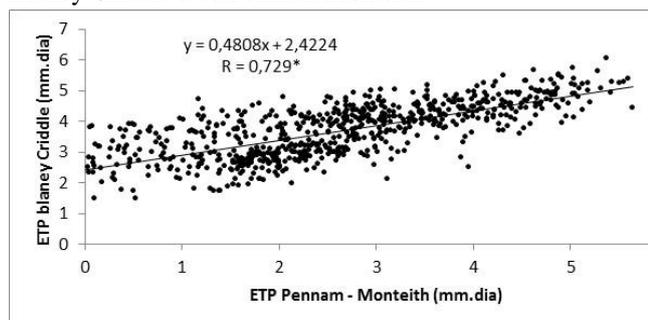


** - significativo a 1% de probabilidade

Para correlação entre ETP Blaney Criddle e Penman-Monteith-FAO exposto na figura 3, foi observado uma moderada correlação, com coeficiente de Pearson de 0,729, com efeito significativo de 5% de probabilidade no teste de regressão. Com isso, foi notado que o método de Blaney-Criddle não é recomendado para utilização em dados diários de evapotranspiração.

Noletto et al., (2013) verificaram valores de 0,97 para relação entre método Penman-Monteith e Blaney-Criddle no município de Piripiri-PI. Araujo et al., (2010) encontraram valor de 0,53, 0,28, 0,50, 0,46 em Crateús, Campos Sales, Jaguaruana e Guaramiranga, no estado do Ceara.

Figura 3. Relações entre ETP calculados pelos métodos de Blaney Criddle e de Penman-Monteith

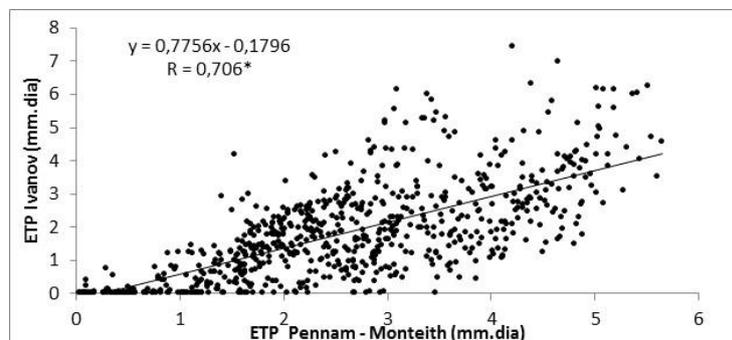


* - significativo a 5 % de probabilidade

Segundo a figura 4, a correlação entre métodos Ivanov e Penman-Monteith apresentou uma correlação moderada, com um coeficiente de Pearson de 0,706, apresentando um efeito significativo a 5% de probabilidade de acordo com o teste de Regressão. Resultados similares foram verificados por Fernandes et al., (2014), avaliando a correlação entre o método Ivanov e Penman-Monteith, encontraram valores de 0,78 para coeficiente de Pearson.

Gonçalves et al., (2009) encontraram valores de 0,60 para correlação entre Ivanov e Penman-Monteith na evapotranspiração do município de Sobral-CE.

Figura 4. Relações entre ETP calculados pelos métodos de Ivanov e de Penman-Monteith.



* - significativo a 5% de probabilidade

CONCLUSÕES

Os métodos Hargreaves-samani e Camargo nas condições climáticas do local de estudo, para os métodos avaliados, apresentaram os melhores índices de confiança com 0,95 e 0,98 (forte correlação), mostrando-se assim, resultados próximos aos obtidos do método padrão da FAO e confiabilidade na estimativa da evapotranspiração de referência para município de Piracicaba.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, E.M.; OLIVEIRA, J.B.; ARAUJO, E.M.; LEDO, E.R.F.; SILVA, M.G.

Desempenho de metodos de estimativa de ETo correlacionados com a equacao padrão Penman-Monteith Fao-56, em cidades do estado do Ceara. Revista ACTA Tecnológica,Iguatu,. v. 5, n. 2, 18p. 2010.

ARAÚJO, W. F.; COSTA, S. A. A.; SANTOS, A. E. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (eto) para.** Revista Caatinga, v. 20, n. 4, p. 84-88, 2007.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação.**08.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.625p.

BERNARDO, S.; SOUSA, E.F.; CARVALHO, J.A. **Estimativa da evapotranspiração de referência (ETo), para as “áreas de baixada e de tabuleiros” da região Norte Fluminense.** Campos dos Goytacazes: UENF, 1996. 14 p. Boletim Técnico.

CAMARGO, A. P. **Balanço hídrico no Estado de São Paulo.** 3a.ed., Campinas, IAC. 24 p. 1971. (Bol.116).

- CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V. COSTA, J.R., CRUZ, F.A.A. **Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica – RJ, utilizando lisímetro de pesagem.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, RS, v. 14, n.2, p. 187-195. 2006.
- CONCEIÇÃO, M.A.F.; MARIN, **Estimativa da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande, SP.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.11, n.2, p.229- 236, 2003.
- GONCALVES, F.M.; FEITOSA, H.O.; CARVALHO, C.M.; GOMES FILHO, R.R.;
- VALNIR JUNIOR, M. **Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-CE.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada., v. 3, n.2, p.71-77, 2009
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. **Reference crop evapotranspiration from temperature.** Applied Engineering Agriculture, v.1, n.2, p.96-99, 1985.
- JENSEN, ME (ed.), 1973. **Consumptive use of water and irrigation water requirements.** American Society of Civil Engineers, New York, USA, 215 pp.
- LIMA, P.E. **Evapotranspiração de referência de Penman Monteith, padrão FAO (1998), a partir de temperaturas máximas e mínimas de Minas Gerais.** 2005. 66p. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- NOLÊTO, D. H.; ANDRADE JUNIOR A, S.; BRAGA, D. L.; MOUSINHO, F. E. P.; SOUSA, C. C. **Comparação de métodos empíricos de estimativa da evapotranspiração de referência para Piripiri, Piauí.** In: Embrapa Meio-Norte-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 42.2013, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBEA, 2013.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração.** 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- QUAGLIA, L. **Calibração de um lisímetro de pesagem para monitoramento do solo da evaporação do solo sem cobertura vegetal.** 2005. 104p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Física do Ambiente Agrícola) – Universidade de São Paulo, 2005.
- SOUZA, A. S. P. **Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para fins de manejo de irrigação.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.