



EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA BASEADA EM MÉTODOS EMPÍRICOS PARA O MUNICÍPIO DE GARANHUS, PE.

R. S. S. Santos¹, J. C. da Silva², C. B. da Silva³, L. F. F. Costa⁴, M. A. L. Santos⁵

RESUMO: É de grande valia estudar evapotranspiração para o planejamento agrícola, principalmente em regiões caracterizadas por grandes diversidades temporais da precipitação, como nas áreas áridas e semiáridas do Nordeste do Brasil. Assim, objetivou-se com este trabalho, determinar a evapotranspiração de referência (ET_o) através de diversos métodos indiretos para o município de Garanhuns, PE. Apanharam-se dados de uma estação meteorológica da região de estudo no período de novembro a janeiro (2016/2017). Foram comparados os métodos empíricos de Hargreaves-Samani, Radiação Solar e Blaney-Criddle, em relação ao método padrão de Penman-Monteith-FAO. Houve a realização da comparação através de coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação (r) e os índices de concordância (d) e de desempenho (c). O método de Hargreaves-Samani exibiu ($r^2=0,59$; $r=0,77$; $d=0,95$ e $c=0,73$). O método de Radiação Solar obteve ($r^2=0,76$; $r=0,88$; $d=0,95$ e $c=0,83$). Enquanto que o método de Blaney-Criddle mostrou ($r^2=0,70$; $r=0,84$; $d=0,95$ e $c=0,80$). Dentre os métodos comparados, Radiação Solar apresentou os melhores parâmetros estatísticos, sendo o indicado para o município de Garanhuns para as condições do trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Clima, Penman-Monteith (FAO-56), Necessidade hídrica.

EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE BASED ON EMPIRICAL METHODS FOR THE MUNICIPALITY OF GARANHUS, PE.

ABSTRACT: It is of great value to study evapotranspiration for agricultural planning, especially in regions characterized by great temporal diversity of precipitation, as in the arid and semi-arid areas of Northeast Brazil. Thus, the aim of this work was to determine the reference evapotranspiration (ET_o) through several indirect methods for the municipality of

¹ Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, CEP 57312-550, Arapiraca, AL. Fone: (082) 999715693. E-mail: rayaanness2@gmail.com

² Mestranda em Agricultura e ambiente, Universidade Federal de Alagoas, *Campus* de Arapiraca, Arapiraca, AL.

³ Mestranda em Agricultura e ambiente, Universidade Federal de Alagoas, *Campus* de Arapiraca, Arapiraca, AL.

⁴ Graduando (a) em Agronomia, UFAL, Arapiraca, AL.

⁵ Prof. Doutor, Universidade Federal de Alagoas, *Campus* de Arapiraca, Arapiraca, AL.

Garanhuns, PE. Data were collected from a meteorological station in the study region from November to January (2016/2017). The empirical methods of Hargreaves-Samani, Solar Radiation and Blaney-Criddle, compared to the standard Penman-Monteith-FAO method were compared. The comparison was performed through coefficient of determination (r^2), correlation coefficient (r) and agreement (d) and performance indexes (c). The Hargreaves-Samani method exhibited ($r^2 = 0.59$, $r = 0.77$, $d = 0.95$ and $c = 0.73$). The method of Solar Radiation obtained ($r^2 = 0.76$, $r = 0.88$, $d = 0.95$ and $c = 0.83$). While the Blaney-Criddle method showed ($r^2 = 0.70$, $r = 0.84$, $d = 0.95$ and $c = 0.80$). Among the methods compared, Solar Radiation presented the best statistical parameters, being the one indicated for the municipality of Garanhuns for the working conditions.

KEY WORDS: Climate, Penman-Monteith (FAO-56), Water need.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é o modo pelo qual a água da superfície terrestre passa para a atmosfera no estado de vapor, tendo papel importantíssimo no Ciclo Hidrológico em termos globais. A taxa de evapotranspiração é de grande importância na determinação da necessidade de água das culturas agrícolas e, associada ao ganho de água através das precipitações, permite determinar a disponibilidade hídrica de uma região, sendo um parâmetro de grande importância na ecologia vegetal e no planejamento agrícola. Relativamente do ponto de vista teórico, evapotranspiração é um assunto bastante simples, porém, no lado prático das medições e estimativas, torna-se complexo.

Esse processo envolve a evaporação da água de superfícies de água livre, como rios, lagos, represas, oceano, dos solos e da vegetação úmida que foi interceptada durante uma chuva e a transpiração dos vegetais. Nesse aspecto, destaca-se o manejo racional da água na agricultura irrigada, o qual depende, dentre diversos fatores, da quantificação correta do conteúdo de água perdido por evapotranspiração dos cultivos (ET_c) (OLIVEIRA et al., 2010).

Há alguns estudos sobre o aquecimento global que relatam os futuros cenários da agricultura brasileira, indicando que o conhecimento da demanda hídrica das culturas, diante das mudanças climáticas, influenciará na definição das estratégias regionais de manejo da água (Assad e Pinto, 2008).

Assim, objetivou-se com este trabalho, determinar a evapotranspiração de referência (ET_o) através de diversos métodos indiretos para o município de Garanhuns, PE.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados a partir de uma estação meteorológica localizada na região de estudo durante o período de novembro a janeiro(2016/2017). Foram comparados os métodos empíricos de Hargreaves-Samani, Radiação Solar e Blaney-Criddle, em relação ao método padrão de Penman-Monteith-FAO. Esses dados foram inseridos em planilhas eletrônica do Excel para obtenção da ETo.

O método de Hargreaves-Samani, para estimativa da (ETo) diária, em mm d⁻¹, foi apresentada por (PEREIRA et al., 1997):

$$ETo = 0,0023 Rn (T + 17,8) \sqrt{T_{max} - T_{min}} \quad (1)$$

Em que:

ETo = evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

Rn = saldo de radiação, mm d⁻¹;

T = temperatura média diária, °C;

Tmax = temperatura máxima, °C;

Tmin = temperatura mínima, °C.

O método da Radiação (FAO 24) para estimativa da ETo, utiliza-se a seguinte equação de Doorenbos; Pruitt (1975):

$$ETo = a + b (WR_s) \quad (2)$$

Em que:

ETo = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

a - coeficiente linear da reta, mm d⁻¹;

b - coeficiente angular da reta, adimensional;

W - índice de ponderação dependente da temperatura e altitude, adimensional;

Rs - radiação solar de ondas curtas recebida pela superfície terrestre em um plano horizontal, expressa em equivalente de evaporação, mm d⁻¹.

Os valores de ETo determinados pelo modelo de Penman-Monteith foram comparados com os obtidos pelos demais modelos, utilizando análise de correlação e regressão linear para obtenção dos coeficientes da equação ($Y = a + bx$) e do coeficiente de determinação (R^2). Para a exatidão dos métodos empíricos, foi realizada a análise para a determinação do coeficiente de

correlação (r), índice de concordância (d) de Willmott et al., (1985) e o índice de desempenho (c).

r = coeficiente de correlação; R^2 = coeficiente de determinação.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (3)$$

Em que:

d = coeficiente de concordância;

P_i = evapotranspiração estimada pelo método testado (mm);

O_i = evapotranspiração estimada pelo método padrão (mm);

O = média dos valores observados pelo método padrão (mm).

$$c = d \times r \quad (4)$$

Em que:

c = índice de desempenho;

d = coeficiente de concordância;

r = coeficiente de correlação.

Para o método de Blaney-Criddle, utilizou-se a versão mais conhecida que é apresentada por Doorenbos; Pruitt (1977) modificada por Frevert et al., (1983).

$$ET_o = a + b \cdot p \cdot (0,46 T_{med} + 8,13) \quad (5)$$

$$a = 0,0043 UR_{min} - \frac{n}{N} - 1,41 \quad (6)$$

$$b = 0,82 - 0,0041 UR_{min} + 1,07 \left(\frac{n}{N} \right) + 0,0656 U_2 - 0,00597 UR_{min} \left(\frac{n}{N} \right) - 0,000597 UR_{min} U_2 \quad (7)$$

Em que:

ET_o = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

a e b = coeficientes de ajuste (fator de correção);

p = fator de correção função da latitude e época do ano ;

T_{med} = Temperatura média do período, °C;

UR_{min} = Umidade relativa mínima do período, %;

U_2 = velocidade do vento a 2 m, m s⁻¹;

(n/N) = razão da insolação do período pelo fotoperíodo, horas.

A estimativa da evapotranspiração diária pelo método padrão FAO Penman-Monteith, foi estimada pela Equação 8 (ALLEN et al., 1998):

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \frac{(R_n - G)}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \frac{900}{T + 273,15} U_2 \quad (8)$$

Em que:

ET_o = evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa°C⁻¹;

λ = 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, kJ m⁻² s⁻¹;

G = fluxo de calor no solo, kJ m⁻² s⁻¹;

γ = constante psicrométrica, kPa °C⁻¹;

T = temperatura média do ar, °C;

U_2 = velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹; fator de transformação de unidades, kJ⁻¹ kg K.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evapotranspiração de referência (ET_o) para todos os métodos em estudos, comportaram-se de forma diferente durante o período analisado, onde o método de Radiação Solar, superestimou os demais atingindo uma média de 7,396 mm d⁻¹, máxima 11,871 mm d⁻¹, mínimo 4,073 mm d⁻¹ e total de 628,632 mm d⁻¹. O método de Blaney-Criddle os valores da ET_o apresentaram uma média de 5,401 mm d⁻¹, máxima 10,735 mm d⁻¹, mínima 2,652 mm d⁻¹ e um total de 459,121 mm d⁻¹. Para o método de Penman-Monteith-FAO as médias foram de 4,668 mm d⁻¹, máxima 7,436 mm d⁻¹, mínima de 2,380 mm d⁻¹ e total de 396,783 mm d⁻¹, sendo este o método padrão da FAO. Já para Hargreaves-Samani obteve-se médias de 4,068 mm d⁻¹, máxima 4,968 mm d⁻¹, mínima 2,716 mm d⁻¹ e total de 345,791 mm d⁻¹.

Observa-se que quanto mais próximos os valores estimados de PM estiverem em relação aos valores medidos, melhor será o desempenho do modelo (Figura 1).

O método de Radiação Solar obteve os melhores parâmetros estatísticos atingindo um desempenho “muito bom”, com os melhores índices ($r^2=0,76$; $r=0,88$; $d=0,95$ e $c=0,83$), quando

comparado com Penman-Monteith-FAO. Segundo Moura et. al. (2013) constatou que o método da Radiação Solar foi o que apresentou melhor correlação em relação à Penman-Monteith FAO-56, corroborando com o presente trabalho, onde obteve um R^2 igual a 0,971 na escala mensal. Já para Hargreaves-Samani apresentou um desempenho “bom”, obtendo os seguintes dados ($r^2=0,59$; $r=0,77$; $d=0,95$ e $c=0,73$). Almeida et al. (2010) obteve valores diferentes dos resultados encontrados no presente trabalho, atingindo um desempenho “Péssimo” e valores de R^2 igual a 0,20. O método de Blaney-Criddle apresentou um desempenho “muito bom” ($r^2=0,70$; $r=0,84$; $d=0,95$ e $c=0,80$). Já Cavalcanti Junior et al. (2010) obteve e um desempenho “Ótimo” com o R^2 igual 0,96, respectivamente.

CONCLUSÕES

Dentre os métodos baseados na temperatura o método de Radiação Solar é o que apresentou melhores estimativas da evapotranspiração de referência sendo o indicado para o município de Garanhuns para as condições do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. M. et al. Comparação de métodos de estimativa da ETo na escala mensal em Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza-CE, v.4, n.2, p.93-98, 2010.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. (Coordenador). **Aquecimento Global e Cenários Futuros da Agricultura Brasileira**. São Paulo: EMBRAPA, 2008. 84p.
- CAVALCANTI JUNIOR, E.G. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza-CE, v.4, n.2, p.87-92, 2010.
- MOURA A. R.C. et. al. Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no estado de pernambuco – brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.2, 181 - 191, 2013.
- OLIVEIRA, G.M.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; BISPO, R.C.; SANTOS, I.M.S.; ALMEIDA, A.C. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na região Norte da Bahia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.2, p.104–109, 2010.

TABELAS, FIGURAS E GRÁFICOS.**Figura 1-**Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ET_o), em mm dia⁻¹.