

Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Garanhuns, PE

Comparison of empirical equations to estimate the reference evapotranspiration for the city of Garanhuns, PE

Igor Pinheiro da Rocha¹, Nadielan da Silva Lima², Rogério Moreira Chagas³, Gledson Luiz Pontes de Almeida⁴.

¹Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

²Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

³Mestre em Agrossistemas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

⁴Professor do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. Email: gledson81@hotmail.com.

RESUMO:

O conhecimento da evapotranspiração de referência é útil em diversas áreas, sendo fundamental para gerenciar sistemas de recursos hídricos e para avaliar e quantificar a produção de alimentos e biocombustíveis. Objetivou-se com este trabalho avaliar a precisão, exatidão e desempenho de quatro métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (Linacre, Hargreaves, Camargo e Kharrufa) em relação ao método padrão de Penman-Monteith (FAO 56), para o município de Garanhuns, Estado de Pernambuco, utilizando valores diários de variáveis climatológicas. Os indicadores estatísticos utilizados na avaliação foram: coeficiente de determinação (r^2); coeficiente de correlação de Pearson (r); erro padrão da estimativa (SEE); índice de concordância (d) e índice de desempenho (c). Os valores do r^2 mostraram que o método de estimativa que melhor se ajustou ao método de Penman-Monteith foi o de Camargo (0,73), seguido pelo método de Hargreaves (0,64), Linacre (0,49) e Kharrufa (0,43). De acordo com os valores do índice “ d ”, todos os métodos de estimativa apresentaram pouca concordância com o método de Penman-Monteith, apresentando os seguintes valores: 0,32 (Kharrufa); 0,31 (Liancre); e 0,28 (Camargo e Hargreaves). De acordo com os valores do índice “ c ”, Kharrufa (0,34), Camargo (0,24), Hargreaves (0,22) e Linacre (0,22), todos foram classificados como de “péssimo” desempenho.

Palavras-chave: demanda evapotranspirométrica, equações empíricas, necessidade hídrica.

ABSTRACT:

The knowledge of reference evapotranspiration is useful in many areas and it is essential to manage water systems and to assess and quantify the production of food and biofuels. The aim of this paper was to evaluate precision, accuracy and performance of four methods for estimating Reference Evapotranspiration (ET_o) (Linacre, Hargreaves, Camargo and Kharrufa) compared to standard method of Penman-Monteith (FAO 56), to the municipality of Garanhuns, Pernambuco State, Northeastern Brazil, using daily values of climatic variables. The statistical indicators used in the evaluation were: coefficient of determination (r^2), Pearson correlation coefficient (r), standard error of estimate (SEE), index of agreement (d) and performance index (c). The r^2 values showed that the estimation method to best fit the Penman-Monteith was the de Camargo (0.73), followed by the method of Hargreaves (0.64), Linacre (0.49) and Kharrufa (0.43). According to the index values “ d ”, all estimation methods showed little agreement with the Penman-Monteith, presenting the following values: 0.32 (Kharrufa), 0.31 (Liancre) and 0.28 (Camargo and

Hargreaves). According to the index values "c", Kharrufa (0.34), Camargo (0.24), Hargreaves (0.22) and Linacre (0.22), all were classified as "poor" performance.

Keywords: evapotranspirometrical demand, empirical equations, water requirement

INTRODUÇÃO

O conhecimento da evapotranspiração de referência (ET_o) é útil em diversas áreas do conhecimento, sendo fundamental para compreender e gerenciar sistemas de recursos hídricos e para avaliar e quantificar a produção de alimentos e biocombustíveis. É uma grandeza que representa a quantidade de água retirada do sistema pela associação de dois fenômenos naturais: evaporação e transpiração. A evapotranspiração é o principal consumidor de água líquida em sistemas hidrológicos, sendo responsável pelo consumo de grandes quantidades de água. Seus valores são altamente variáveis, temporalmente, por causa da influencia do tempo e do clima. Por causa da grande importância que a evapotranspiração possui como componente do balanço hídrico, pequenas diferenças na sua estimativa ou medição podem representar importantes volumes de água.

De acordo com Borges e Mediondo (2007) o termo evapotranspiração de referência pode ser definido com o processo de perda de água para a atmosfera por meio de uma superfície padrão gramada, cobrindo a superfície do solo e sem restrição de umidade.

Existe na literatura uma gama enorme de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência. A escolha de um deles depende, entre outros fatores, da região observada, da frequência de aquisição de dados meteorológicos, consistência e a disponibilidade destes dados (Pereira et al., 2002). Desde 1998 a FAO (Food and Agriculture Organization) recomenda o uso do método de Penman-Monteith para a estimativa da evapotranspiração de referência (Allen et al., 1998), no entanto, sabe-se que para determinadas localidades não existem dados meteorológicos suficientes para alimentar este modelo. Diversos pesquisadores ao redor do mundo se empenharam em desenvolver equações empíricas em que o resultado se aproximasse das estimativas do método de Penman-Monteith, fazendo uso apenas de variáveis meteorológicas com maior disponibilidade de registro ou com maior facilidade de aquisição em função das coordenadas locais, como a temperatura do ar por exemplo.

O interesse na utilização de métodos indiretos é justificável devido ao fato de o método padronizado pela FAO para estimativa da ETo exigir a disponibilidade de um número considerável de variáveis climatológicas, tornando-o muitas vezes pouco aplicável em regiões nas quais esse tipo de informação é incipiente, e onde verifica-se deficiência no monitoramento total dos elementos meteorológicos (CAMARGO & CAMARGO, 2000).

O município de Garanhuns possui uma área de 10.828,0 km², representando 10,96% do território estadual. A agropecuária é uma atividade econômica muito importante na região, sendo o supracitado município o principal produtor de leite da bacia leiteira pernambucana, responsável por cerca de 70% da produção total. O cultivo de culturas anuais como feijão, milho e mandioca, de culturas perenes, nas áreas do brejo, como o café e a fruticultura, além da olericultura e a floricultura também têm grande representatividade para economia do município (IBGE, 2011).

Este trabalho tem como objetivo comparar as equações de estimativa da ETo propostas por Hargreaves (1974), Linacre (1977), Camargo (1971) e Kharrufa (1985) com o método padrão da FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998) para o município de Garanhuns, PE, utilizando dados diários de variáveis climatológicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Garanhuns está localizado na mesorregião Agreste do Estado de Pernambuco, ao sul da Chapada da Borborema (Figura 1). Possui altitude média de 896 m, o que proporciona um clima com menor aridez que os demais municípios da região, com temperatura média anual em torno de 20 °C, podendo atingir 30 °C nos dias mais quentes, 15 °C nas noites mais frias do ano (Andrade et al., 2008) e umidade relativa do ar média anual de 81,8% (INMET, 2009).

Figura 1 - Localização do município de Garanhuns no Estado de Pernambuco.



Os dados horários para composição da média diária de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Umidade Relativa do ar (%), Pressão Atmosférica (hPa) e Vento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) foram obtidos da estação de superfície automática de Garanhuns (Lat. $-8^{\circ}9'$, Long. $-36^{\circ}49'$ e Alt. 822 m, WGS84), operada pelo INMET, no período compreendido entre os dias 26/03/2011 e 30/11/2011, dias Juliano 085 a 334. A partir destes dados foram calculados os parâmetros necessários ao processamento dos métodos empíricos para obtenção da E_{T0} diária, conforme serão descritos na sequência:

Método de Penman-Monteith (1998) – FAO

$$E_{T0} = \frac{0,409\Delta(R_n - G) + \gamma\left(\frac{900}{T} + 273\right)V(e_s - e)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34V)} \quad (1)$$

em que:

E_{T0} - evapotranspiração de referência ($\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$); R_n - radiação líquida ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$); G - fluxo de calor no solo ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$); γ - constante psicrométrica ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$); T -

temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$); V - velocidade média do vento a 2 m de altura ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$); ($e_s - e$) - déficit de pressão de vapor (kPa); Δ - curva de pressão de vapor ($\text{kPa}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$); G - constante psicrométrica ($\text{kPa}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$); e 900 - fator de conversão.

Método de Linacre (1977)

$$ET_o = \frac{\left\{ \left[\frac{500(T + 0,006H) + 15(T - T_d)}{(100 - \phi)} \right] \right\}}{80 - T} \quad (2)$$

em que:

ET_o - evapotranspiração de referência ($\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$); T - Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); H - Altitude (m); ϕ - Latitude (graus); T_d - Temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$).

Método de Hargreaves (1974)

$$ET_o = (32 + 1,8T) \times C_H \times MF \quad (3)$$

em que:

ET_o - evapotranspiração de referência ($\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$); C_H - coeficiente que depende do valor médio diário da umidade relativa (UR) do ar, expressa em porcentagem, dado pela Equação 4; MF - efeito energético, que depende do fotoperíodo diário (N) e do total mensal da radiação solar incidente no Topo da atmosfera (Q_o), expresso em termos de equivalente lâmina de água evaporada (que é função do calor latente de evaporação L_E), Equação 5; T - Temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$).

$$C_H = 0,158(100 - UR)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

em que:

O valor máximo aceito para C_H é 1.

$$MF = 0,00483Q_o (0,1L_E)^{-1} \left(\frac{N}{12} \right) (0,17(70 - |\phi|)^{\frac{1}{2}}) \quad (5)$$

em que:

O valor máximo permissível para o fator $0,17(70 - |\varphi|)^{1/2}$ é 1.

$|\varphi|$ é o valor absoluto da latitude local.

Método de Camargo (1971)

$$ET_o = 0,01 \times Q_o \times T_a \times Nd \quad (6)$$

em que:

ET_o - evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}); Q_o - irradiância solar global extraterrestre (mm.dia^{-1}); T_a - temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$); Nd - número de dias do período considerado, neste caso 1.

Método de Kharrufa (1985)

$$ET_o = 0,34 \times p \times T_a \quad (7)$$

em que:

ET_o - evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}); p - porcentagem de insolação máxima diária (N) em relação ao horário de insolação teórico do ano (4380 h); T_a - temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Os valores estimados de evapotranspiração de referência diária para cada um dos 4 modelos foram comparados com os dados obtidos pelo método padrão FAO Penman-Monteith, baseando-se nos seguintes indicadores estatísticos: coeficiente de determinação “ r^2 ”; coeficiente de correlação de Pearson “ r ”; erro padrão da estimativa (SEE); índice de concordância (d) proposto por Willmott et al. (1985) e índice de desempenho “ c ”, proposto por Sentelhas e Camargo (1997). O r^2 , o índice “ d ” e o índice “ c ” são parâmetros adotados para teste de precisão, exatidão e desempenho, respectivamente.

O erro padrão da estimativa mede a dispersão dos valores amostrados ao redor da reta de regressão, definido pela equação 8:

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{n-1}} \quad (8)$$

em que:

SEE – erro padrão da estimativa (mm.dia^{-1}); E_i e O_i – valores estimados pelos métodos avaliados e observados por Penman Monteith-FAO, respectivamente (mm dia^{-1}); n – número de observações.

O índice “d” proposto por Willmott (1985) permite a avaliação dos desvios entre os valores de ETo observados pelo método FAO Penman-Monteith e estimados pelos métodos descritos, tendo seu valor variando de 0 a 1. Quanto menor o desvio, melhor o desempenho da metodologia avaliada, tendo o valor do índice de concordância mais próximo de 100%. É calculado utilizando-se a Equação 9.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (9)$$

em que:

P_i – valor estimado; O_i – valor observado; e O – média dos valores observados.

O índice “c” foi obtido pelo produto entre o coeficiente de correlação de Pearson “r” e o índice de Willmott “d”, conforme Equação 10, e classificado de acordo com a Tabela 1.

$$c = r * d \quad (10)$$

em que:

r – coeficiente de correlação de Pearson; d – índice de Willmott.

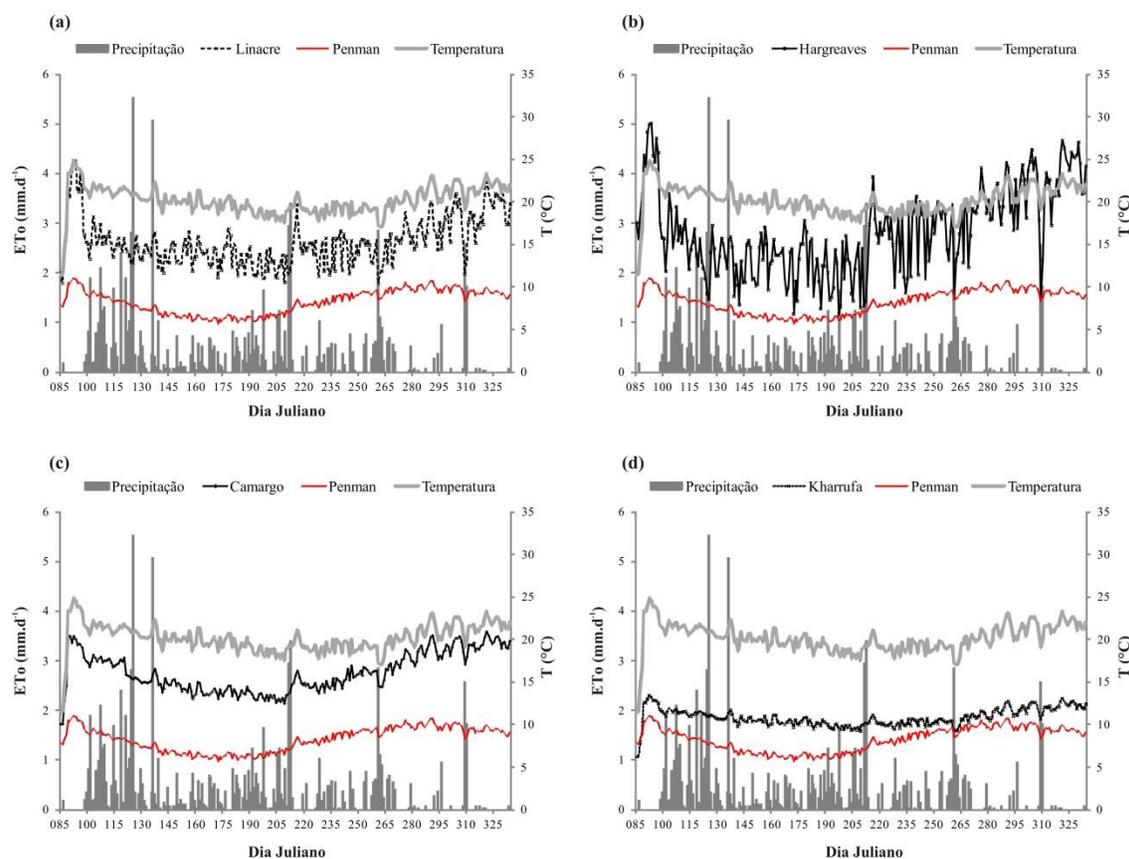
Tabela 1 - Valores de “c” para critérios de interpretação do desempenho da estimativa da ETo (Camargo e Sentelhas, 1997).

Valores de “c”	Desempenho
> 0,85	ótimo
0,76 – 0,85	muito bom
0,66 – 0,75	bom
0,61 – 0,65	mediano
0,51 – 0,60	sofrível
0,41 – 0,50	mau
≤ 0,40	péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são mostradas as variações dos valores de ETo com relação à variação da temperatura e da precipitação ao longo do período em análise. Observa-se que todos os métodos utilizados neste estudo acompanham a variação de temperatura, evidenciando que esta variável climática influencia fortemente a ETo. Contudo, percebe-se que nos dias mais quentes e secos as estimativas de ETo pelos métodos de Linacre, Hargreaves e Camargo apresentam maior discrepância em relação ao método de Penman-Monteith, nesta ordem de grandeza, conforme Figuras 2(a), 2(b) e 2(c). Isto ocorre devido a alta dependência dos dois primeiros métodos à variável temperatura, enquanto, o método de Camargo é mais sensível a radiação solar direta, conforme sugerem Silva et al. (2005).

Figura 2 - Valores diários de ETo, Temperatura média e Precipitação acumulada na estação meteorológica de Garanhuns entre os dias Julianos 085 e 334.

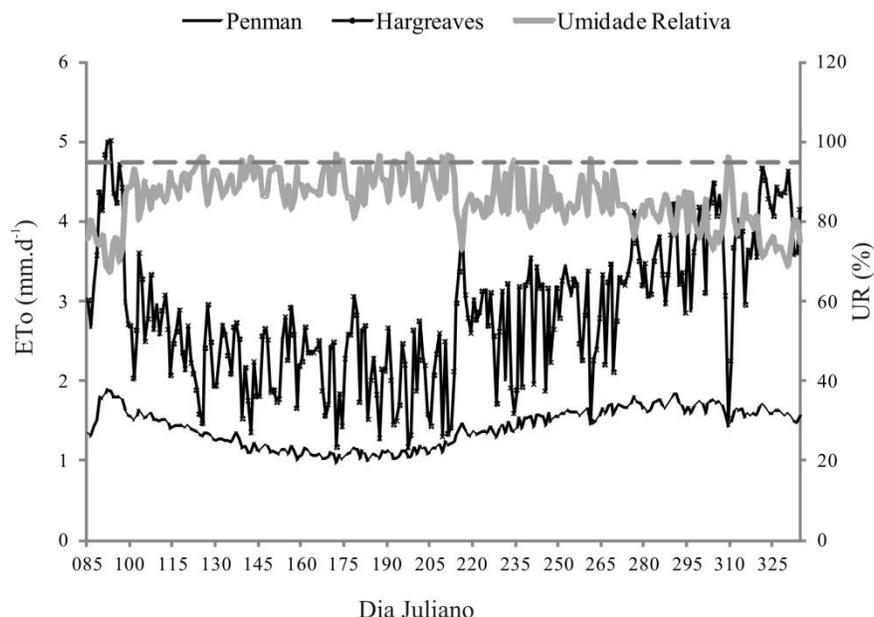


Na Figura 3 é mostrada a variação dos valores de ETo calculados pelos métodos de Penman-Monteith e de Hargreaves em função da umidade relativa do ar. Assim como relatado por Oliveira et al. (2008), Araujo et al. (2010) e Tagliaferre et al. (2010) os valores de ETo obtidos pela metodologia de Hargreaves superestimaram o método de Penman-Monteith, no entanto verifica-se forte interação entre este método e a umidade relativa do ar, tendo comportamento inversamente proporcional, de tal modo que quando esta variável se encontra acima de 95%, os valores estimados de ETo se aproximam substancialmente do método padrão (Figura 3).

Com isso, é possível afirmar que, embora mais indicado para regiões semiáridas, a estimativa proporcionada pelo método de Hargreaves pode ser uma alternativa satisfatória

para estimar a ETo para o município de Garanhuns, quando a Umidade Relativa do ar for maior que 95%.

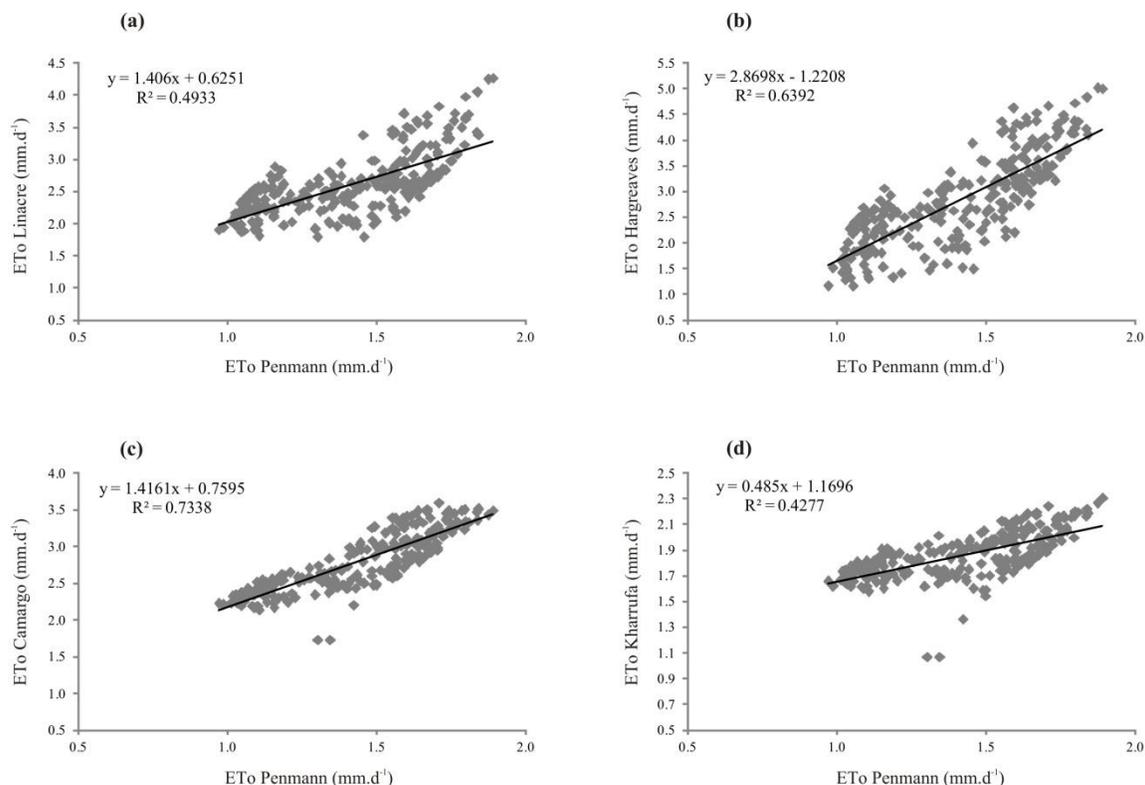
Figura 3 - Influencia da Umidade Relativa do ar no método de Hargreaves.



Nas Figuras 4(a), 4(b), 4(c) e 4(d) estão as regressões lineares onde observa-se a correlação entre os métodos de estimativa da ETo (Linacre, Hargreaves, Camargo e Kharrufa) e o método padrão de Penman-Monteith. Pode-se perceber que os métodos de Linacre, Hargreaves e Kharrufa apresentam maior dispersão dos dados ao redor da reta de regressão, apresentando baixa correlação com o método de Penman-Monteith, aproximadamente 49%, 64% e 43%, respectivamente, conforme Figuras 4(a), 4(b) e 4(d).

O método de Camargo, Figura 4(c), apresenta boa correlação com o método padrão de Penman-Monteith, aproximadamente 73%, resultado semelhante aos encontrados por Borges e Mediondo (2007) para os métodos de Hargreaves e Camargo em relação ao método da FAO.

Figura 4 - Regressão linear entre os valores diários de ETo (FAO Penman-Monteith) (eixo x) em relação aos métodos Linacre (a), Hargreaves (b), Camargo (c) e Kharrufa (d) (eixo y), para os dias Juliano 085 a 334 de 2011.



Na Tabela 2 constam os valores do Erro Padrão de Estimativa (SEE), coeficiente de correlação de Pearson “r”, índice de Willmott “d”, índice “c”, assim a classificação por desempenho para os métodos de estimativa de Linacre, Hargreaves, Camargo e Kharrufa.

Avaliando os métodos pelos valores do SEE observa-se que o método de Kharrufa apresentou o menor valor (0,67), seguido pelo método de Linacre (1,10), Camargo (1,16) e Hargreaves (1,20), conforme Tabela 2.

Pelos valores de “r” observa-se que o método de Camargo (0,86) apresentou o melhor ajuste com o método padrão de Penman-Monteith, seguido do de Hargreaves (0,79), Linacre (0,70) e Kharrufa (0,65), conforme Tabela 2. Este resultado realça a explicação citada por Willmott (1985) em que o coeficiente de correlação não deve ser usado individualmente para uma avaliação de desempenho, pois o coeficiente r, muitas vezes, não está relacionado com a amplitude da diferença entre o valor estimado por modelos e o

padrão. Os valores médios diários de ETo mostram a discrepância dos métodos de estimação em relação ao método de Penman Monteith que obteve ETo média diária de 1,41 mm.dia⁻¹, e os métodos com os quais foi feita comparação apresentaram ETo média diária de 2,61 mm.dia⁻¹ (Linacre), 2,84 mm.dia⁻¹ (Hargreaves), 2,76 mm.dia⁻¹ (Camargo) e 1,86 mm.dia⁻¹ (Kharrufa).

Ainda na Tabela 2, pelos valores do índice “d”, observa-se que todos os métodos de estimativa apresentaram pouca concordância com o método de Penman-Monteith, apresentando os seguintes valores: 0,32 (Kharrufa); 0,31 (Linacre); e 0,28 (Camargo e Hargreaves), respectivamente.

Ao avaliar o desempenho dos métodos pelo índice “c”, proposto por Camargo e Sentelhas (1997), podemos observar que todos os métodos obtiveram desempenho péssimo, quando comparado com o modelo padrão (Tabela 2), resultado este próximo ao encontrado por Terra et al. (2009), para a região de Pelotas-RS, em que o método de Camargo apresentou valores de coeficiente de desempenho “c” iguais a 0,56, sendo classificados, segundo Camargo e Sentelhas (1997), como sofrível, entretanto o método de Kharrufa obteve desempenho classificado como bom, pelos mesmos autores, com valores de coeficiente “c” igual a 0,74, diferindo do presente trabalho.

Bragança et al. (2010) compararam a estimativa da evapotranspiração de referência em três localidades do Espírito Santo para o período chuvoso, os resultados foram semelhantes, tendo o método de Hargreaves desempenho péssimo (c = 0,23). Fernandes et al. (2009) compararam os valores médios diários da evapotranspiração estimada pelo método de Hargreaves e observaram que o mesmo superestimou os valores de evapotranspiração, quando comparados com o método padrão de estimativa de evapotranspiração.

Tabela 2 - Desempenho dos métodos de estimativas da ETo diária, pelo índice de desempenho “c”, para Garanhuns, PE.

Métodos	SEE	r	d	c	Desempenho
Linacre	1,10	0,70	0,31	0,22	Péssimo
Hargreaves	1,20	0,79	0,28	0,22	Péssimo
Camargo	1,16	0,86	0,28	0,24	Péssimo
Kharrufa	0,67	0,65	0,32	0,34	Péssimo

Os resultados obtidos mostram que apesar da equação de Penman-Monteith ser a metodologia mais representativa para se estimar a ETo, por ser a que se aproxima mais dos resultados encontrados utilizando lisímetros, e considerando também que todos os métodos possuem seus pontos de imprecisão, é possível verificar que existe uma grande influência dos fatores climáticos para cada região, por isso tantos resultados distintos com relação à metodologia que melhor representa o fenômeno, sendo necessário, muitas vezes, a calibração de um modelo que melhor represente as condições climáticas do local de estudo, buscando assim principalmente elevar a eficiência da determinação da demanda hídrica das culturas exploradas na região.

CONCLUSÕES

O método de Hargreaves superestimou a ETo em relação a Penman-Monteith, porém, em dias de Umidade Relativa do ar acima de 95% os valores estimados se aproximaram do método padrão.

Avaliando-se o desempenho dos métodos de estimativa de ETo em função dos índice de Willmott “d”, todos apresentam baixa concordância com o método padrão de Penman Monteith.

O desempenho dos quatro métodos foi considerado ”péssimo”, no período estudado, comparados ao modelo padrão de Penman Monteith, para o município de Garanhuns, utilizando como parâmetro o índice “c”.

REFERÊNCIAS

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

ANDRADE, A. R. S.; PAIXÃO, F. J. R.; AZEVEDO, C. A. V.; GOUVEIA, J. P. G.; OLIVEIRA JUNIOR, J. A. S. Estudo do comportamento de períodos secos e chuvosos no

município de Garanhuns, PE, para fins de planejamento agrícola. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 1, p. 55, 2008.

ARAÚJO, E. M.; OLIVEIRA, J. B.; ARAÚJO, E. M.; LEDO, E. R. F.; SILVA, M. G. Desempenho de métodos de estimativa de ETo correlacionados com a equação padrão Penman-Monteith FAO56, em cidades do estado do Ceará. **Revista ACTA Tecnológica**, v. 5, p. 84, 2010.

BORGES, A. C.; MEDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 293, 2007.

BRAGANCA, R.; REIS, E. F. dos; GARCIA, G. de O.; PEZZOPANE, J. E. M. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência no período chuvoso para três localidades no estado do Espírito Santo. **Idesia**, v. 28, p. 21, 2010.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, p.125, 2000.

CAMARGO, A. P. **Balço hídrico no estado de São Paulo**. 3. ed. Campinas: IAC, 1971. 24p. Boletim n.116.

CAMARGO, A. P. de; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, p. 87, 1997.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L. F. da; AMORIM, A. de O.; OLIVEIRA, D. F. de. Comparação entre dois métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para Santo Antônio de Goiás, GO: Hargreaves versus Penman-Monteith. In:

Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia, 3., 2009, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2009. 1 CD-ROM.

HARGREAVES, G. H. Estimation of potential and crop evapotranspiration. **Trans. ASAE**, 174.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário Brasileiro. **Fruticultura**. 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibge/pesquisa.html>>. Acesso em: 26 jun 2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009. 465 p.

KHARRUFA, N. S. Simplified equation for evapotranspiration in arid regions. **Beiträge zur Hydrologie**, v. 5, p. 39, 1985.

LIMA, J. R. A.; ARAÚJO, R. S.; SILVA, F. S. Análise comparativa entre os métodos de estimativa de evapotranspiração de referência em Bebedouro – PE. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 16., 2010, Belém. **Anais...** Belém: SBMET, 2010. 1 CD-ROM.

LINACRE, E. T. A simple formula for estimating evapotranspiration rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, v. 18, p. 409, 1977.

OLIVEIRA, R. A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAM, F. J. V.; CECON, P. R. Desempenho do irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 166, 2008.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002, 478 p.

SILVA, K. O.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N.; FOLEGATTI, M. V. Análise de métodos de estimativa de evapotranspiração na otimização de sistemas de drenagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 161, 2005.

TAGLIAFERRE, C.; SILVA, R. A. J.; FELIZARDO, A. R.; SANTOS, L. C.; SILVA, C. S. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis – BA. **Revista Caatinga**, v. 23, p. 103, 2010.

TERRA, V. S. S.; TEIXEIRA, C. F. A.; REISSER JÚNIOR, C.; MADALUZ, L. M.; STEINMETZ, S.; ALMEIDA, I. R. de; TIMM, L. C. Evapotranspiração de referência por diferentes métodos para a região de Pelotas/RS. In: Congresso de Iniciação Científica, 18.; Encontro de Pós-Graduação, 11.; Mostra Científica, 1., 2009, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFP, 2009.1 CD-ROM. v.17, p. 701, 1974.

WILLMOTT, C.J.; CKLESON, S.G.; DAVIS, R.E. Statistics for the evaluation and comparison for models. **Journal of Geophysical Research**, v.90, p. 8995, 1985.