



EVAPOTRANSPIRAÇÃO HORÁRIA X DIÁRIA UTILIZANDO PENMAN-MONTEITH PARA O POLO DE DESENVOLVIMENTO PETROLINA-PE/JUAZEIRO-BA

Iug Lopes¹ Brauliro Gonçalves Leal²

RESUMO

O conhecimento da evapotranspiração é de fundamental importância para a estimativa da necessidade de irrigação. Entre os diversos métodos existentes para a realização do cálculo, o método de Penman-Monteith é considerado como o que mais se ajusta a diversas localidades, podendo calcular a evapotranspiração de referência tanto utilizando dados diários quanto horários. O objetivo deste trabalho foi avaliar as estimativas de evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de Penman-Monteith em períodos diários e a soma horária de evapotranspiração para o Polo de Desenvolvimento Petrolina-PE/Juazeiro-BA, parametrizado no boletim 56 da FAO. Para a análise dos dados das estações foram calculados índices estatísticos de exatidão, ou seja, índice de concordância, a fim de se analisar o desempenho dos dados. Além disso, foram analisados coeficientes de regressão os respectivos testes t. Os dados diários e horários coletados das diversas estações meteorológicas apresentaram uma boa concordância. Os resultados de correlação foram todos significativos, assim podendo ser aplicado as duas metodologias para o manejo da irrigação.

Palavras-chave: Agrometeorologia, Semiárido, Dados Meteorológicos.

EVAPOTRANSPIRATION HOURLY X DAILY USING PENMAN-MONTEITH DEVELOPMENT OF POLO PETROLINA-PE / JUAZEIRO-BA

ABSTRACT

Knowledge of evapotranspiration is crucial for estimating the need for irrigation. Among the various existing methods for performing the calculation, the Penman-Monteith method is considered that best suit different locations and can calculate the reference evapotranspiration using both daily data and schedules. The objective of this study was to evaluate the estimates of reference evapotranspiration (ET_o) by Penman-Monteith method in periods daily and hourly

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife-PE, E-mail: iuglopes@hotmail.com;

² Universidade Federal do Vale do São Francisco, Colegiado de Engenharia da Computação, Juazeiro-BA, E-mail: brauliro.leal@univasf.edu.br

sum of evapotranspiration for the Polo Development Petrolina-PE / Juazeiro-BA, parameterized in the bulletin 56 of the FAO. To analyze the data of Stations indices were calculated statistical accuracy, or concordance rate in order to analyze the performance data. In addition, the regression coefficients were analyzed their t test. Daily data and schedules collected from various weather stations showed a good agreement. The correlation results were all significant, and can be applied both methodologies for irrigation management.

Keywords: Agrometeorology, semiarid region, meteorological data.

INTRODUÇÃO

O fator climático nas regiões suscetíveis a desertificação (regiões áridas, semiáridas e secas), levando em conta suas variações espaciais e temporais, é determinante na degradação dos recursos naturais (água, vegetação, solos, etc.), impondo assim limitações ao manejo e a produtividade (Matos et al., 2015).

Com o aumento gradativo das áreas cultivadas e, a escassez de recursos hídricos torna-se necessário aprimorar o manejo da irrigação, objetivando uma melhor alocação do recurso água, do qual depende substancialmente a agricultura (Lopes et al., 2011; Rodrigues et al., 2011; Lopes & Leal, 2015).

A necessidade de aumento da produção de alimentos mundial pressiona à expansão de áreas agricultáveis em todo o mundo (FAO, 2012), impulsionando, também, o uso da irrigação nas regiões em que a chuva não atende adequadamente às necessidades hídricas dos cultivos.

A determinação da quantidade de água necessária para atender as necessidades hídricas das culturas irrigadas, aliada a um correto dimensionamento do sistema de irrigação, é um dos principais parâmetros para o uso sustentável dos recursos hídricos na agricultura (Esteves et al., 2010).

O conhecimento sobre o consumo hídrico das culturas, obtido com base na estimativa da evapotranspiração, constitui uma informação importante no manejo da água em qualquer região, principalmente agora em que ocorre grande conscientização popular em relação aos recursos hídricos, em referência a décadas passadas (Campos et al., 2008).

Dentre os vários tipos de evapotranspiração, destaca-se a

evapotranspiração de referência (ET_o). É uma variável relevante para o planejamento de irrigação, além de fácil obtenção haja vista ser afetada apenas pelos fatores climáticos (Sousa et al., 2010).

A ET_o é utilizada nos balanços hídricos agrícolas e na modelagem dos processos climatológicos e hidrológicos, com intuito de obter estimativa da necessidade de irrigação, na previsão de safras, avaliação da disponibilidade de recursos hídricos e caracterização climática (Santos, 2010).

A escolha do intervalo de tempo para o cálculo da ET_o depende do objetivo e da precisão desejada e do intervalo de tempo usado no cálculo das médias da variável meteorológica (Back, 2007). Segundo Jensen et al. (1990), a equação de Penman-Monteith é mais precisa quando usada na base horária e somando seus valores para obter a estimativa diária. Ainda segundo os mesmos autores, exemplos de cálculos mostram claramente que, quando usados os elementos climáticos diários, a equação de Penman-Monteith pode proporcionar estimativas precisas de ET_o. Sendo que tal modelo incorpora aspectos termodinâmicos e aerodinâmicos em seu equacionamento, produz resultados satisfatoriamente precisos tanto em climas úmidos quanto áridos, sendo aceito e aplicado com êxito em todo mundo (Er-Raki et al., 2010).

Com o uso do método de Penman-Monteith é possível realizar o cálculo tanto da evapotranspiração horária e posteriormente chegar a evapotranspiração diária através da soma dos valores horários, como também calcular a evapotranspiração diária através dos dados médios diários.

Para Moura et al. (2010), a aquisição de dados para a determinação da evapotranspiração horária ainda é um obstáculo as pequenas

EVAPOTRANSPIRAÇÃO HORÁRIA X DIÁRIA UTILIZANDO PENMAN-MONTEITH PARA O POLO DE DESENVOLVIMENTO PETROLINA-PE/JUAZEIRO-BA

propriedades rurais devido a dificuldade na automação do sistema de cultivo ocasionando aumento do custo dos equipamentos.

Com base nisto, o objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho da estimativa da evapotranspiração de referência para intervalos horários e diários em cidades do Polo de Desenvolvimento Petrolina-PE/Juazeiro-BA obtidos por meio do uso dos dados temperatura do ar no método de Penman-Monteith, parametrizado no boletim 56 da FAO o qual

considerou todas as variáveis meteorológicas medidas, para o Semiárido Brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo na qual se insere o Polo de Desenvolvimento Petrolina-Juazeiro, pode ser representando cartograficamente através um círculo de aproximadamente 250 km de raio em torno da cidade de Petrolina-PE (Figura 1), no Semiárido Nordestino.

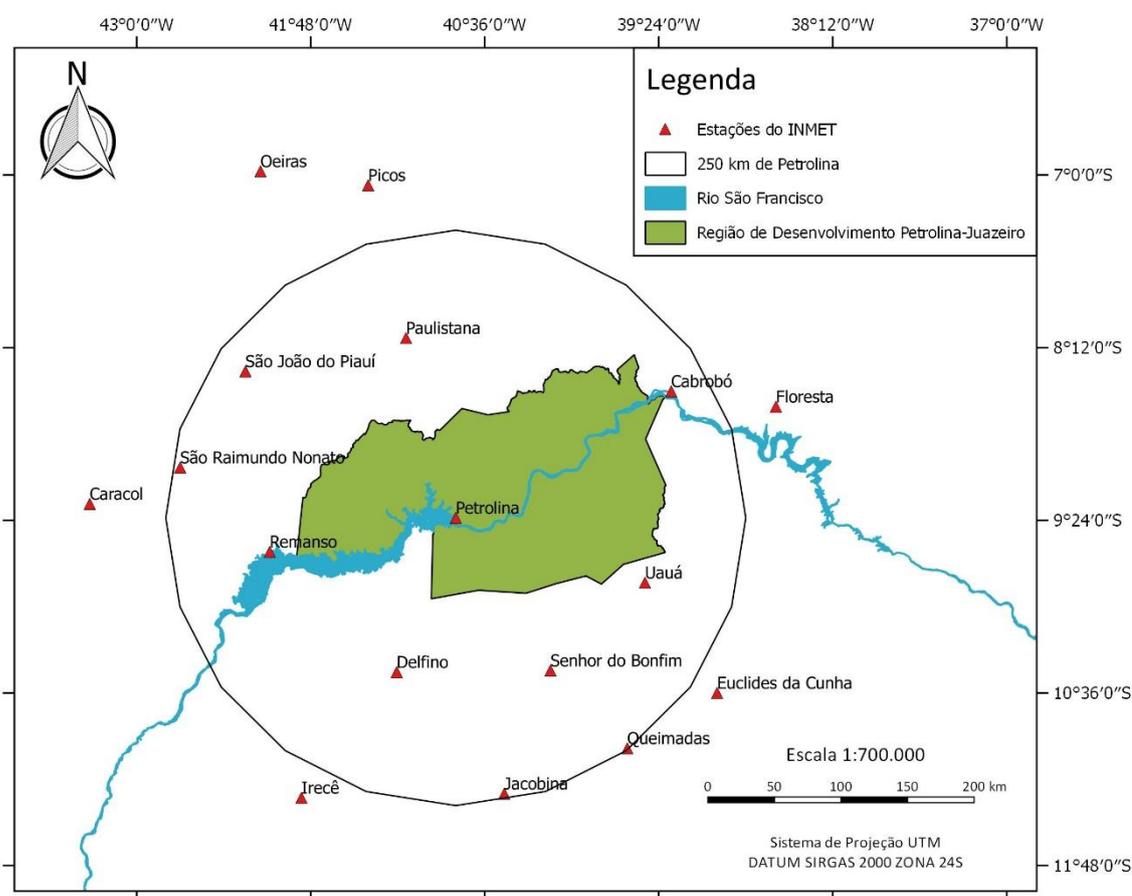


Figura 1. Espacialização das estações automáticas do INMET utilizadas no estudo, com distância de referência da estação de Petrolina-PE.

Na Tabela 1 podemos observar as estações meteorológicas automáticas com suas

respectivas localidades, onde foram adquiridos os dados climáticos.

Tabela 1. Estação, local e coordenadas geográficas das estações meteorológicas automáticas do INMET, cujos dados foram utilizados, em operação na região de estudo

Estação	Local	Latitude	Longitude	Altitude
A307	Petrolina-PE	-9,38	-40,80	370,5

A329	Cabrobó-PE	-8,50	-39,31	342,0
A330	Paulistana-PI	-8,13	-41,14	374,0
A331	São João do Piauí-PI	-8,36	-42,25	235,0
A337	Caracol-PI	-9,29	-43,32	100,0
A343	Picos-PI	-7,07	-41,40	233,0
A345	São Raimundo Nonato-BA	-9,03	-42,70	402,0
A351	Floresta-PE	-8,61	-38,59	329,0
A354	Oeiras-PI	-6,97	-42,15	156,0
A423	Remanso-BA	-9,62	-42,08	401,0
A424	Irecê-BA	-11,33	-41,86	755,0
A428	Senhor do Bonfim-BA	-10,44	-40,15	548,0
A435	Uaua-BA	-9,83	-39,50	453,0
A436	Queimadas-BA	-10,98	-39,62	315,0
A440	Jacobina-BA	-11,21	-40,47	453,0
A442	Euclides da Cunha-BA	-10,54	-39,00	432,0
A443	Delfino-BA	-10,46	-41,21	637,0

Para a realização deste trabalho, o período avaliado foram os anos de 2008 e 2009 provenientes de um banco de dados horários e diários. Foram utilizados dados horários de 17 estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, modelo Vaisala MAWS 301, sendo que a comparação foi realizada por meio de índices de determinação (R^2), índice de concordância (d), propostos por Willmott et al. (1985), teste t e intervalo de confiança (IC). Os dados obtidos do INMET, foram os seguintes: Os dados de temperatura máxima, mínima e média, umidade relativa máxima e mínima, pressão atmosférica, velocidade média do vento, radiação global e radiação líquida, utilizados nos cálculos da evapotranspiração.

Os valores de temperatura média, utilizados no cálculo diário, foram obtidas através da média entre as temperaturas máximas e mínimas como recomenda o Manual FAO 56, já para o cálculo horário, foram utilizados as médias das temperaturas registradas durante o decorrer da hora. Os dias onde não haviam os dados horários completos para as 24 horas do dia, ou em casos que haviam dados faltando, foram descartados para não afetar os resultados.

A evapotranspiração de referência para os valores diários e horários, foram calculadas pelo método de Penman-Monteith (PM), (Allen et al., 1998), para uma superfície com grama adotando-se um albedo de 0,23. Para os valores diários foi utilizada a Equação 1.

$$ET_{0(d)} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{\text{média}} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Sendo:

$ET_{0(d)}$ - evapotranspiração de referência diária (mm.d^{-1});

R_n - o saldo de radiação à superfície ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$);

G - o fluxo de calor sensível no solo ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$);

$T_{\text{média}}$ - temperatura média do ar a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$);

U_2 - velocidade do vento a 2 m de altura (m.s^{-1});

e_s - pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a - pressão atual de vapor (kPa), calculada a partir da T_{max} , T_{min} , UR_{max} e UR_{min} ;

Δ - inclinação da curva de saturação da pressão do vapor à temperatura média do ar ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$); e

γ - constante psicrométrica ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Os valores horários de ET_0 foram obtidos através da Equação 2.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO HORÁRIA X DIÁRIA UTILIZANDO PENMAN-MONTEITH PARA O POLO DE DESENVOLVIMENTO PETROLINA-PE/JUAZEIRO-BA

$$ET_{0(h)} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{37}{T_{hr} + 273} u_2 (e^{\circ}(T_h) - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Sendo:

$ET_{0(h)}$ - evapotranspiração de referência horária (mm.h^{-1});

R_n - saldo de radiação à superfície ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$);

G - o fluxo de calor sensível no solo ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$);

T_h - temperatura média horária do ar a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$);

u_2 - velocidade do vento a 2 m de altura (m.s^{-1});

e° - pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a - pressão atual de vapor (kPa), calculada a partir da T_{max} , T_{min} , UR_{max} e UR_{min} ;

Δ - é a inclinação da curva de saturação da pressão do vapor à temperatura média do ar ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$); e

γ - constante psicrométrica ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Utilizou-se a diferença entre a evapotranspiração diária e o somatório da evapotranspiração horária durante 24 horas (D) conforme a Equação 3, abaixo:

$$D = ET_{0(d)} - \sum ET_{0(h)}$$

Sendo:

$ET_{0(d)}$ - a evapotranspiração diária (mm^{-1});

$\sum ET_{0(h)}$ - o somatório evapotranspiração horária durante 24 horas (mm^{-1}).

Foi calculado a média e desvio padrão da diferença entre a evapotranspiração diária e o somatório da evapotranspiração horária durante 24 horas, a regressão linear e o coeficiente de determinação entre a evapotranspiração diária e o somatório da evapotranspiração horária durante 24 horas. Também foi calculado o intervalo de confiança (IC) para 1% de significância, conforme a Equação 4.

$$IC = X \pm \alpha \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

Sendo:

X - média da diferença entre a evapotranspiração diária e o somatório da evapotranspiração horária durante 24 horas;

α - nível de significância conforme a tabela de distribuição normal;

σ - desvio padrão;

n - tamanho da amostra.

A exatidão relacionada ao afastamento dos valores observados nos diversos períodos analisados, foi determinada estatisticamente pelo índice de concordância (d), proposto por Willmott et al. (1985), para avaliar a desempenho dos diferentes períodos de entrada de dados na estimativa da ET_0 , conforme Equação 5.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \right]$$

Sendo:

d - índice de exatidão, adimensional (seus valores podem variar de 0, para nenhuma concordância, a 1, para uma concordância perfeita);

n - número de observações;

P_i - valores estimados da ET (mm d^{-1});

O_i - valores de ET_0 calculados pelo método PM FAO 56 (mm d^{-1});

O - média dos valores de ET_0 obtida pelo método padrão, (mm d^{-1}).

A avaliação do desempenho dos métodos observados foi dada de acordo com a classificação da Tabela 2 proposta por Camargo & Sentelhas (1997).

Tabela 2. Avaliação do desempenho dos métodos de evapotranspiração de referência (ET_0), pelo índice “c”, segundo Camargo e Sentelhas (1997)

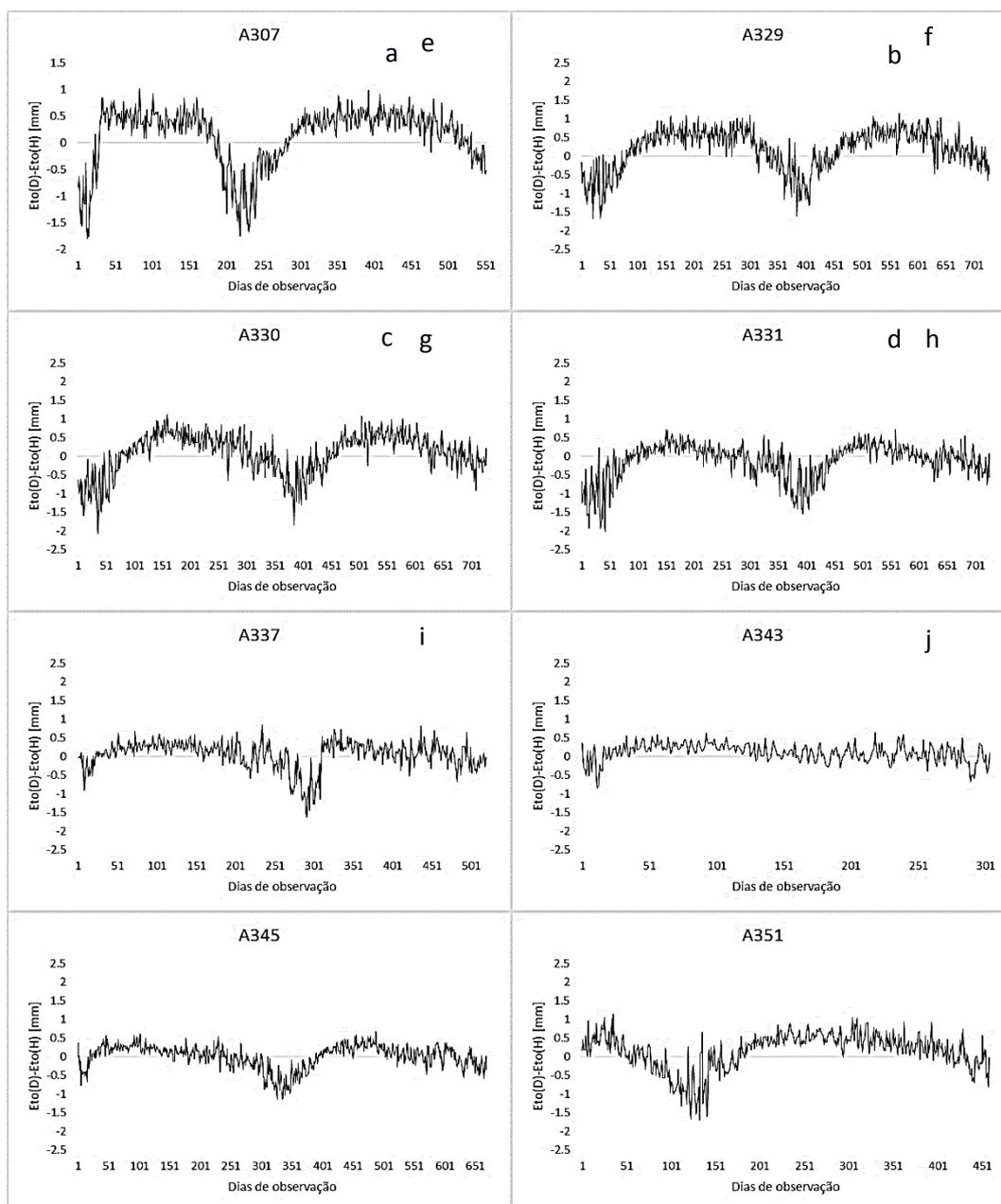
Valor de “d”	Desempenho
--------------	------------

>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sufrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição da diferença D (mm), entre a evapotranspiração diária e o somatório da

evapotranspiração horária durante 24 horas para o período de dados observados em cada estação pode ser observada na Figura 2.



EVAPOTRANSPIRAÇÃO HORÁRIA X DIÁRIA UTILIZANDO PENMAN-MONTEITH PARA O POLO DE DESENVOLVIMENTO PETROLINA-PE/JUAZEIRO-BA

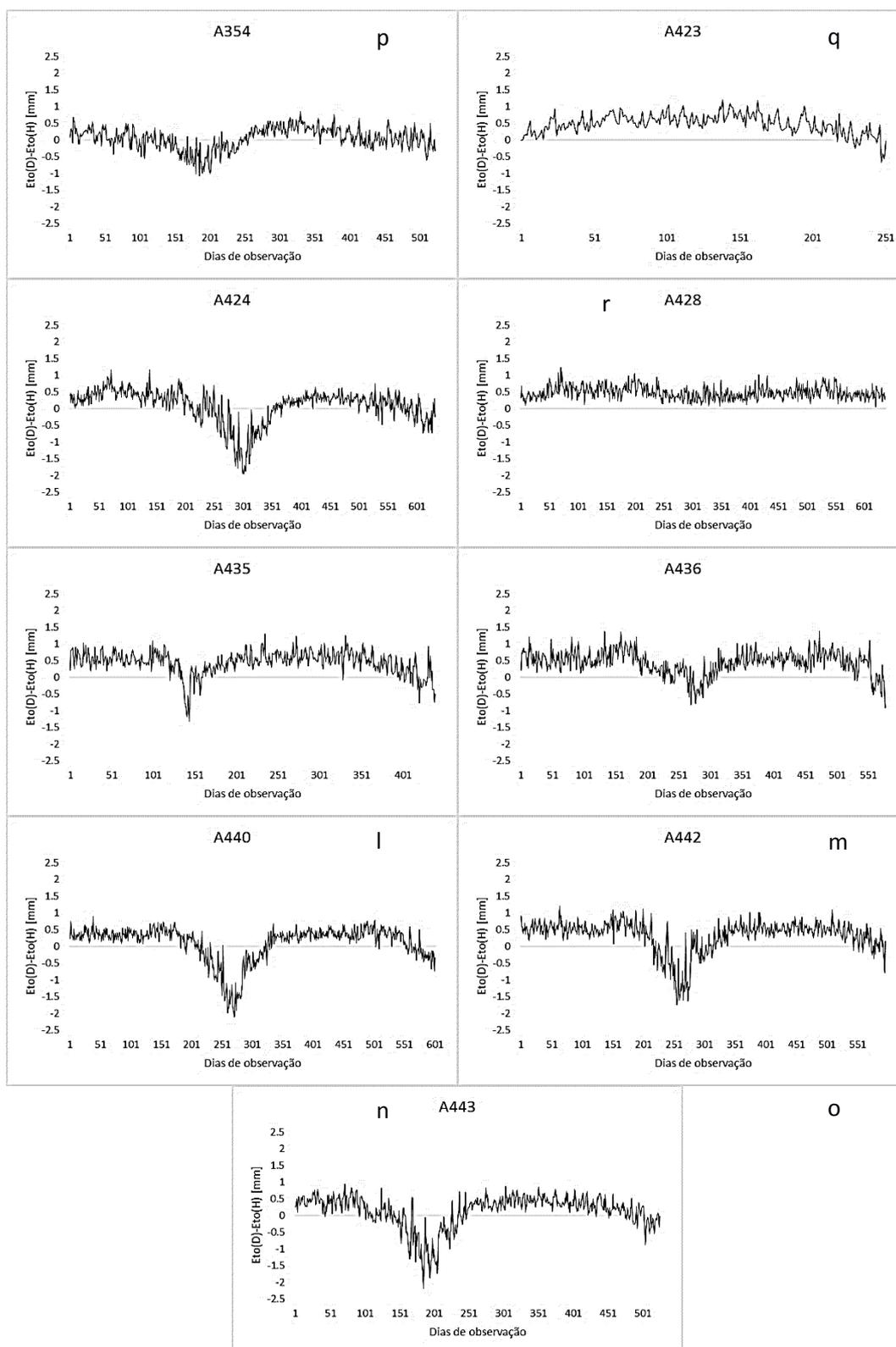


Figura 2. Diferença entre a evapotranspiração diária e o somatório da evapotranspiração horária durante 24 horas para as estações: (a) Petrolina-PE; (b) Cabrobó-PE; (c) Paulistana-PI; (d) São João do Piauí-PI; (e) Caracol-PI; (f) Picos-PI; (g) São Raimundo Nonato-BA; (h) Floresta-PE; (i) Oeiras-PI; (j) Remanso-BA; (l) Irecê-BA; (m) Senhor do Bonfim-BA; (n) Uauá-BA; (o) Queimadas-BA; (p) Jacobina-BA; (q) Euclides da Cunha-BA; (r) Delfino-BA.

Pode-se observar que entre ET_o diária e ET_o horária houve uma diferença, que variou de forma modular em seu máximo unitário de torno de 38% e a mínimo unitário de 0,10%, onde a maior ocorreu na estação A440 e a menor na estação A343. Isto pode ter ocorrido devido a amplitude térmica das diferentes estações (TUBELIS & NASCIMENTO, 1987).

Alguns fatores que podem propiciar essa variação é a alteração da velocidade de vento e incidência de radiação solar em curtos períodos de tempo. Isso pode ser explicado por esses dois fatores não serem

campos contínuos, ou seja, pode apresentar variações fragmentadas em âmbito espaço-temporal. Em uma análise mais detalhada, pouco poderia estar associada a amplitude da temperatura e umidade, devido a maior uniformidade destas medidas.

Quando avaliado os coeficientes estatísticos para de correlação para os anos estudados, pode-se observar o quadro resumo na Tabela 3. De uma forma geral os resultados foram satisfatórios com relação aos coeficientes de regressão e determinação. Além de apresentar um elevado índice de concordância.

Tabela 3. Números de observações (n), média, desvio padrão, índice de concordância de Willmott (d), equação de regressão [$ET_o(H) = a \cdot ET_o(D) + b$] e coeficiente de determinação (R^2), obtidos das correlações de ET_o diárias e horárias de acordo Penman-Monteith-FAO 56

Estação	n	Equação	r^2	Teste t	d	Desempenho
A307	552	$Y=1,086x + 0,643$	0,872	Sig. a 5%	0,997	Ótimo
A329	728	$Y=1,056x - 0,518$	0,914	Sig. a 1%	0,997	Ótimo
A330	727	$Y=0,976x + 0,058$	0,906	Sig. a 1%	0,998	Ótimo
A331	726	$Y=1,031x - 0,049$	0,904	Sig. a 1%	0,998	Ótimo
A337	520	$Y=1,036x - 0,230$	0,919	Sig. a 1%	0,998	Ótimo
A343	304	$Y=1,062x - 0,445$	0,980	Sig. a 1%	0,999	Ótimo
A345	669	$Y=1,045x - 0,232$	0,947	Sig. a 1%	0,999	Ótimo
A351	459	$Y=1,104x - 0,770$	0,933	Sig. a 1%	0,998	Ótimo
A354	523	$Y=0,989x + 0,016$	0,946	Sig. a 1%	0,999	Ótimo
A423	83	$Y=1,006x - 0,021$	0,962	Sig. a 1%	0,999	Ótimo
A424	633	$Y=1,081x - 0,514$	0,864	Sig. a 1%	0,997	Ótimo
A428	638	$Y=0,934x - 0,305$	0,953	Sig. a 1%	0,985	Ótimo
A435	440	$Y=1,036x - 0,637$	0,953	Sig. a 1%	0,997	Ótimo
A436	578	$Y=1,006x - 0,468$	0,937	Sig. a 1%	0,996	Ótimo
A440	602	$Y=1,113x - 0,589$	0,890	Sig. a 1%	0,995	Ótimo
A442	597	$Y=1,103x - 0,838$	0,943	Sig. a 1%	0,996	Ótimo
A443	526	$Y=1,117x - 0,729$	0,898	Sig. a 1%	0,997	Ótimo

Quanto ao coeficiente de determinação observamos que em todas as estações os dados apresentaram uma boa correlação sendo que o maior coeficiente foi observado na estação A343 com R^2 igual a 0,980 e o menor valor na estação A307 com R^2 igual a 0,872. Aplicado também a estimativa de dados horários e diários, de acordo Jabloun e Sahli, (2008), obtiveram R^2 maiores que 0,90 para oito locais na Tunísia, corroborando também com Sentelhas et al. (2010) que encontraram R^2 entre 0,96 e 0,99 para doze localidades no Canadá.

Tal resultado assemelha-se aos obtidos por Popova et al. (2006) que obtiveram R^2 0,96;

0,85 e 0,98 com a metodologia dos mínimos quadrados, ao comparar estimativas com dados meteorológicos para obtenção de ET_o em uma estação de referência para três localidades do sul da Bulgária.

Com relação ao índice de concordância (d), de acordo com a classificação de Willmott (1982), todos os dados avaliados ficaram próximos de 1, apresentando uma concordância com a classificação ótima de concordância os dados.

Os coeficientes angulares das retas de regressão aproximaram-se de 1,0, significando que os dados estudados submetidos ao método

EVAPOTRANSPIRAÇÃO HORÁRIA X DIÁRIA UTILIZANDO PENMAN-MONTEITH PARA O POLO DE DESENVOLVIMENTO PETROLINA-PE/JUAZEIRO-BA

Penman-Monteith apresentaram boa acurácia. Apesar disso, observando a correlação entre os valores horários e diários, as estações A307, A329, A331, A337, A343, A345, A351, A423, A424, A435, A436, A440, A442 e A443, a somatória dos valores dos dados horários foram superiores aos valores diários. Já para as A330, A354 e A428, os valores foram inferiores ao diário.

Assim, tem-se que quando o cálculo da necessidade hídrica de cultura for realizada pelo uso dos dados diários, haverá uma diminuição no custo de implantação do sistema de irrigação, devido a menor necessidade hídrica. Essa observação vai de encontro ao observado no estudo de YILDIRI et al. (2004), cuja ET_o da soma do calculado horário era menor que o diário.

É possível que o comportamento da diferença entre os métodos não seja o mesmo para todos os meses ou estações do ano, porém as maiores variações de correlação ente ET_o diária e ET_o horária são insignificantes. Apesar de dados pontuais apresentarem uma variação maior, a soma da ET_o horária foi em sua maioria maior quando observado sua totalidade de dados, porém essa diferença é pequena e ficou menor de 5% para mais ou menos.

Em estudos realizados por Moura et al. (2010), observou resultados similares para a

qualidade do cálculo de ET_o horário. Inferindo que o modelo de Penman-Monteith é adequadamente parametrizado para boas estimativas horárias. Destacando a importância da ET_o horária para obtenção de ET_c horário e aplicação sistemas de cultivo sob ambiente protegido.

De acordo com Silva et al. (2010), estudando as condições climáticas de Marilândia no estado do Espírito Santo, com características climáticas típicas de clima tropical, utilizaram a análise de ET_o , verificaram que em meses com maior índice de precipitação, os valores horários e diários foram mais próximos e assim reduziram a diferença acumulada a cada fim de mês.

Quando observado o resultado do desvio padrão verificou-se uma variação ao longo das estações avaliadas, onde o maior desvio padrão encontrado foi na estação A331 cujo valor foi 0,349 e o menor desvio foi encontrado na estação A343 com valor 0,157. Podendo estar associada a uma maior instabilidade para a velocidade do vento, de forma direta, associada ao relevo no sul do Piauí.

Na Tabela 4 observa-se os valores de intervalo de confiança (IC), limite inferior (LI) e limite superior (LS) da distribuição normal com nível de significância (α) a 1%.

Tabela 4. Intervalo de confiança com $\alpha=1\%$. Intervalo de confiança (IC), limite inferior(LI), limite superior(LS)

Estação	IC	LI	LS
	-----1 %-----		
A307	0,035	0,431	0,501
A329	0,029	0,461	0,518
A330	0,030	0,412	0,473
A331	0,033	0,301	0,368
A337	0,028	0,260	0,316
A343	0,023	0,192	0,239
A345	0,020	0,224	0,264
A351	0,035	0,389	0,460
A354	0,022	0,245	0,290
A423	0,053	0,192	0,299
A424	0,034	0,365	0,432
A428	0,020	0,457	0,497
A435	0,032	0,478	0,542
A436	0,028	0,468	0,525
A440	0,035	0,388	0,458

A442	0,030	0,477	0,536
A443	0,035	0,376	0,446

Com a observação da tabela acima, verifica-se um valor de IC pequeno quando comparado com os valores de ETo, que variam de 5 a 8 mm. Pode-se observar também que a variação entre limites inferiores e limites superiores para todos os graus de confiança utilizados foram pequenas, demonstrando que os dados meteorológicos utilizados nas equações de Penman-Montheit foram bastante satisfatórios.

CONCLUSÕES

Quando observado o conjunto de dados, a diferença foi dissolvida e foi verificado uma boa correlação com o uso de dados horários e diários coletados das diversas estações meteorológicas. Verificando também, pequena variação do desvio padrão.

Todos os dados coletados das diversas estações meteorológicas apresentaram boa acurácia nos coeficientes de regressão e ótima concordância Willmott. Além da observação do intervalo de confiança, que foi verificado pequenas variações, ficando entre em 90,95 e 99% de significância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO - Irrigation and drainage, Paper 56, 1998. 319 p.
- BACK, A. J. Variação da evapotranspiração de referência calculada em diferentes intervalos de tempo. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 139-145, 2007.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, p. 89-97, 1997.
- CAMPOS, J. H. B. C. et al. Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.150-156, 2008.
- ER-RAKI, S.; CHEHBOUNI, A.; KHABBA, S.; SIMONNEAUZ, V.; JARLAN, L.; OULDBBA, A. Assessment of reference evapotranspiration methods in semi-arid regions: can weather forecast data be used as alternate of ground meteorological parameters? **Journal of Arid Environments**, Amsterdã, v. 74, p. 1587-1596, 2010.
- ESTEVES, B S., MENDONÇA, J. C., SOUSA, E. F. & BERNARDO, S. Avaliação do Kt para estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) em Campos dos Goytacazes, RJ; **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 274–278, 2010.
- JABLOUN, M.; SAHLI, A. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data application to Tunisia. **Agricultural Water Management**. v. 95, n. 06, p. 707-715, 2008.
- JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. Evapotranspiration and irrigation water requirements. New York: **American Society of Civil Engineers**, 1990. 329 p.
- LOPES, F. B.; SOUZA, F. de; ANDRADE, E. M. de; MEIRELES, A. C. M.; CAITANO, R. F. Determinação do padrão do manejo da irrigação praticada no perímetro irrigado Baixo Acaraú, Ceará, via análise multivariada. **Irriga**, v. 16, n. 3, p. 301-316, 2011.
- LOPES, I.; LEAL, B. G. Índice de aridez e tendência a desertificação para estações meteorológicas nos estados da Bahia e

Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 158, 2015.

MATOS, R. M.; MEDEIROS, R. M.; Francisco, P. R. M.; SILVA, P. F.; Santos, D. Caracterização e aptidão climática de culturas para o município de Alhandra - Pb, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, p. 183-192, 2015.

MOURA, C. R. W.; ZOLNIER, S.; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, R. A. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração horária para alface cultivada em sistema hidropônico em ambiente protegido. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.30, p.646-656, 2010.

MOURA, C.R.W.; ZOLNIER, S.; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, R.A. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração horária para alface cultivada em sistema hidropônico em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 646-656, 2010.

POPOVA, Z.; KERCHEVA, M.; PEREIRA, L.S. Validation of the FAO methodology for computing Eto with limited data. Application to South Bulgaria. **Irrigation and Drainage**. v. 55, n. 02, p. 201-215, 2006.

RODRIGUES, S. B. S.; MANTOVANI, E. C.; OLIVEIRA, R. A. de; PAIVA, H. N. de; ALVES, M. E. B. Necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região centro oeste de Minas Gerais. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 212-223, abril-junho, 2011.

SANTOS, G.O.; HERNANDEZ, F.B.T.; ROSSETTI, J.C. (2010). Balanço Hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura**

Irrigada, v. 4, n. 3, p. 142-149.

SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**. v. 97, n. 5, p. 635-644, 2010.

SILVA, J. G. F.; RAMOS, H. E. A., IGREJA, G. C.; FREITAS, R. A.; ROCHA, G. A. Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Marilândia- ES. in: **Congresso Latino-Americano e do Caribe de Engenharia Agrícola**, 39, 2010,

SOUSA, I. F. de; SILVA, V. P. R. da; SABINO, F. G.; NETTO, A. de O.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 633-644. 2010.

TUBELIS, A; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo. NOBEL. 1984. 374 p.

WILLMOTT, C. J. CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D, R.; O' DONNEL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models, **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. 5, p. 8895-9055, 1985.

YILDIRIM, Y.E.; CAKMAK, B.; KOSE, T. Comparison of Hourly and Daily Reference Evapotranspiration Values for GAP Project Area. **Journal Of Applied Sciences**, v. 4, n. 1, p.53-57, 2004.