

## DESEMPENHO DE MÉTODOS NA ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL

**GEFFSON DE FIGUEREDO DANTAS<sup>1</sup>; VINICIUS MENDES RODRIGUES DE OLIVEIRA<sup>2</sup>; ALEXANDRE BARCELLOS DALRI<sup>3</sup>; LUIZ FABIANO PALARETTI<sup>3</sup>; MIQUEIAS GOMES DOS SANTOS<sup>4</sup> E ROGÉRIO TEXEIRA DE FARIA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Licenciado em Ciências Agrárias, Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Departamento de Engenharia Rural, FCAV-Unesp/ Jaboticabal, SP, geffson@hotmail.com

<sup>2</sup> Engº Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa, MG, viniciusmro91@gmail.com

<sup>3</sup> Engº Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Rural, FCAV-Unesp/Jaboticabal, SP, dalri@fcav.unesp.br, lfpalaretti@fcav.unesp.br, rogeriofaria@fcav.unesp.br

<sup>4</sup> Engº Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Departamento de Engenharia Rural, FCAV-Unesp/Jaboticabal, SP, rogeriofaria@fcav.unesp.br

### 1 RESUMO

O métodos padrão de estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) FAO Penman-Monteith (PM) emprega variáveis meteorológicas as quais nem sempre estão disponíveis à maioria dos produtores rurais. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar seu desempenho e aferir se necessário, para as condições da Paraíba, diferentes métodos para a estimativa diária de  $ET_0$ , comparando-os com o método padrão FAO Penman-Monteith. Utilizou-se uma série histórica de 17 anos de dados meteorológicos do INMET de quatro cidades do Estado da Paraíba. Os métodos avaliados foram os de Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Criddle (BC), Camargo (C) e Jensen-Haise (JH). Para análise comparativa entre o método PM e os outros métodos, foi realizada a análise de correlação e regressão linear e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Para a exatidão dos métodos empíricos, foi realizada a análise para a determinação do índice de concordância (d) e do índice de desempenho (c). A  $ET_0$ , obtida pelos quatro métodos empíricos obtiveram desempenho satisfatório, o método HS para a mesorregião do agreste não necessitou de ajustes, já os métodos JH, C e HS para as mesorregiões litoral, borborema e sertão necessitaram de ajuste para melhor acurácia em relação ao método padrão.

**Palavras-chave:** calibração, irrigação, Penman-Monteith

**DANTAS, G. de F.; OLIVEIRA, V. M. R. de; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; SANTOS, M. G. dos; FARIA, R. T. de**  
**PERFORMANCE OF METHODS FOR ESTIMATING  $ET_0$  IN PARAÍBA STATE, BRAZIL**

### 2 ABSTRACT

The standard method for estimating reference evapotranspiration ( $ET_0$ ), FAO Penman-Monteith (PM) employs meteorological variables which are not always available to most

farmers. Thus, this study aimed to evaluate and benchmark their performance if necessary, to the conditions of Paraíba, different methods for daily  $ET_0$  were estimated by comparing them with the standard FAO Penman-Monteith method. We used a time period of 17 years of weather data INMET in four cities in the state of Paraíba. The methods evaluated were the Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Criddle (BC), Camargo (C) and Jensen-Haise (JH). For comparative analysis between the PM method and other methods, correlation analysis and linear regression to determine the coefficients of the equation ( $Y = a + bx$ ) and the coefficient of determination ( $R^2$ ) was performed. For accuracy of empirical methods, the analysis was performed to determine the level of agreement (d) and performance index (c). The estimation of reference evapotranspiration, obtained by four empirical for meso-Paraíba PB methods, achieved satisfactory performance, the HS method for the rough mesoregion needed no adjustments since the JH, C and HS methods for meso coast, borborema and hinterland need adjustment for better accuracy compared to the standard method.

**Keywords:** calibration, irrigation, evapotranspiration

### 3 INTRODUÇÃO

O Estado da Paraíba, devido à sua proximidade com a linha do Equador, possui um clima quente, com temperaturas elevadas, variando em função do relevo. Sendo constituída por quatro mesorregiões, a saber: litoral paraibano, agreste paraibano, borborema e sertão paraibano (MELO & RODRIGUEZ, 2003). A diversidade observada entre as regiões reflete-se na adoção de distintas técnicas de manejo na agricultura irrigada, com reflexos diretos no estado da Paraíba.

Devido as irregularidades no regime pluviométrico em algumas mesorregiões da Paraíba, principalmente, da duração e intensidade das precipitações, algumas mesorregiões são submetidas periodicamente aos efeitos da que ocasionam o êxodo rural, o que conseqüentemente traz problemas à economia local (DA SILVA et al., 2009). A irrigação nessas mesorregiões torna-se uma ferramenta indispensável para produção agrícola. Para obtenção de rendimentos satisfatórios, a prática da irrigação deve ser conduzida de modo a repor água de qualidade, no momento oportuno e em quantidade adequada, segundo as necessidades hídricas da cultura. Uma das formas de reposição de água via irrigação é definida em função da evapotranspiração da cultura. Para Pereira, Nova e Sediya (1997) a evapotranspiração (ET) são dois processos simultâneos de transferência de água para a atmosfera, por evaporação da água do solo e pela transpiração das plantas, sendo influenciado, pelo clima, radiação líquida, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) é definida como o processo de perda de água para atmosfera por meio de uma superfície padrão gramada, cobrindo a superfície do solo e sem restrição de umidade (BORGES & MENDIONO, 2007). O produto da ( $ET_0$ ) pelo coeficiente de cultura ( $K_c$ ) é utilizado como estimativa das necessidades hídricas da planta (GUEDES FILHO et al., 2011), além de ser utilizado para definição da lâmina de irrigação a ser aplicada, considerando a eficiência do sistema de irrigação (MANTOVANI et al., 2009). O método da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), que pondera as diferentes variáveis climáticas, é considerado padrão no cálculo da evapotranspiração de referência. Entretanto, muitas variáveis meteorológicas, nem sempre disponíveis aos produtores rurais, são requeridas para a estimativa da  $ET_0$  para esse método.

A utilização dos métodos simples de  $ET_0$  são menos custosos devido a menor quantidade de sensores e equipamentos para sua estimativa, os quais necessitam-se de variáveis meteorológicas mais casuais, como temperaturas e umidade relativa, tem despertado interesse de pesquisadores e extensionistas. Porém esses métodos nem sempre resultam boas estimativas, os quais podem superestimar ou subestimar ao compará-los com o método padrão de referência FAO-PM.

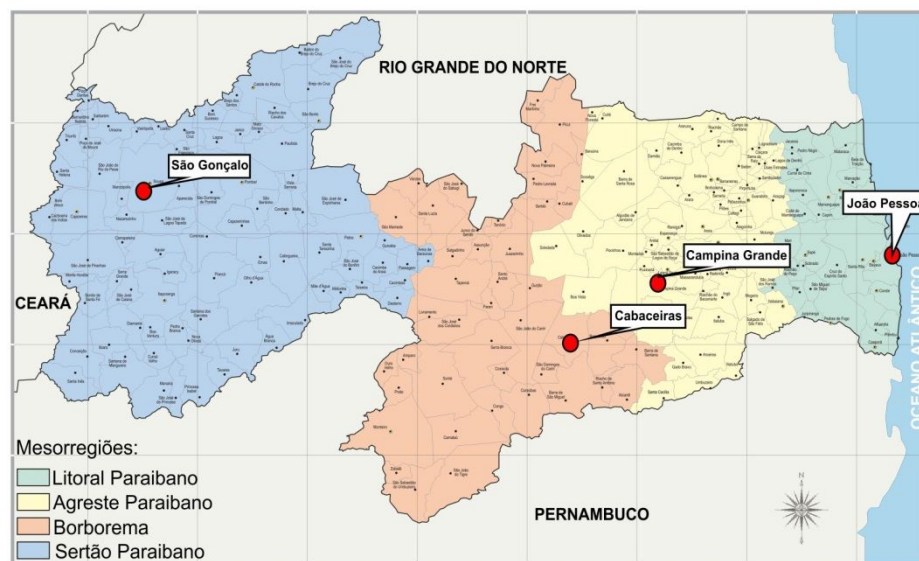
Para obter boas estimativas de evapotranspiração com os métodos mais simples geralmente necessita-se de ajustes locais, para que sua estimativa seja a mais próxima possível do método da FAO-PM. Quando esses métodos simples são ajustados, suas estimativas aumentam a capacidade de decisão do irrigante.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho e gerar coeficientes de ajustes locais dos métodos empíricos de determinação da evapotranspiração de referência propostos por Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Blaney-Criddle e Camargo, em relação ao método padronizado pela FAO Penman-Monteith, para cada mesorregião do Estado da Paraíba.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se dados diários de temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, velocidade de vento, radiação solar e precipitação pluvial, com valores médios anuais obtidos de uma série histórica de 17 anos, (janeiro de 1996 a janeiro de 2013) do banco de dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), dos municípios de João Pessoa (litoral paraibano) 07°06'54"S, 34°51'47"W e altitude 47 m, Campina Grande (agreste paraibano) 07°13'50"S, 35°52'52"W e altitude 551 m, Cabaceiras (borborema) 07°29'20"S, 36°17'14"W e altitude 388 m e São Gonçalo (sertão paraibano) 06°83'55"S, 38°31'14"W e altitude 234 m (Figura 1), registrados no *software* IRRIPLUS®.

**Figura 1.** Localização geográfica das cidades, inseridas em cada mesorregião no Estado da Paraíba, PB.



Fonte: (MELO & RODRIGUEZ, 2003).

Por meio do *software* IRRIPLUS<sup>®</sup> foi calculado a evapotranspiração potencial a partir do método da FAO Penman-Montheith (Equação 1) de acordo com o boletim nº 56 (ALLEN et al., 1998) e pela planilha eletrônica (Excel) foram calculados a evapotranspiração obtida por cada um destes métodos: Hargreaves e Samani (Equação 2), Blaney e Criddle (Equação 3), Camargo (Equação 4) e Jensen-Haise (Equação 5), os métodos são expressos segundo as equações.

FAO Penman-Montheith (PM) por Allen et al. (1998). Foi considerado como padrão, para análise dos demais métodos.

$$E T_0 = \frac{0,408 \times \Delta (R_n - G) + \gamma \times \frac{900}{T_{med} + 273} \times U_2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0,34 \times U_2)} \quad (1)$$

Em que:  $E T_0$  - evapotranspiração de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $\Delta$  - declividade da curva de pressão de vapor na saturação *versus* temperatura do ar ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  $R_n$  - saldo de radiação na superfície do cultivo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ );  $G$  - fluxo total de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ );  $\gamma$  - coeficiente psicrométrico ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  $U_2$  - velocidade do vento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ );  $e_s$  - pressão de vapor na saturação ( $\text{kPa}$ );  $e_a$  - pressão de vapor atual ( $\text{kPa}$ );  $T_{med}$  - temperatura média do ar tomada a 2 m de altura ( $^\circ\text{C}$ ).

Hargreaves & Samani (1985) incorporam, além das temperaturas mínima, média e máxima do ar, a radiação solar recebida em uma superfície horizontal na parte externa da atmosfera. O fator de radiação considerado é função da latitude e do período do ano. A evapotranspiração de referência ( $E T_0$ ) pode ser obtida conforme a seguinte equação:

$$E T P = 0,0023 \times (T_{med} + 17,8) \times (T_x - T_i)^{0,5} \times R_a \quad (2)$$

Em que:  $T_{med}$ ,  $T_x$  e  $T_i$  temperaturas média, máxima e mínima ( $^\circ\text{C}$ );  $R_a$  - radiação solar no topo da atmosfera, expresso em milímetro de evaporação ( $\text{mm dia}^{-1}$ ).

Blaney & Criddle (1950), baseado na temperatura média mensal do ar e de horas de sol, permite estimar a quantidade de água necessária.

$$U = K \times P \times (0,45 \times T_{med} + 8,13) \quad (3)$$

Em que:  $U$  - uso consultivo ( $\text{mm mês}^{-1}$ );  $K$  - coeficiente empírico, adimensional;  $P$  - porcentagem mensal de horas de luz em relação ao ano;  $T_{med}$  - temperatura média do ar ( $^\circ\text{C}$ ).

Camargo (1971) tem apresentado resultados similares aos obtidos com a equação original de Thornthwaite (CAMARGO & CAMARGO, 2000). Trata-se de uma equação simples, como descrito abaixo:

$$E T P = R_a \times T_{med} \times K \times D \quad (4)$$

Em que:  $R_a$  - radiação solar no topo da atmosfera, expresso em milímetro de evaporação ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $T_{med}$  - temperatura média do ar ( $^\circ\text{C}$ );  $K$  - fator de ajuste igual a 0,01, para  $T_a$  (temperatura média anual do local) até  $23,5^\circ\text{C}$ ; 0,0105 para  $T_a$  de  $23,6$  a  $24,5^\circ\text{C}$ ; 0,011 para  $T_a$  de  $24,6$  a  $25,5^\circ\text{C}$ ; 0,0115 para  $T_a$  de  $25,6$  a  $26,5^\circ\text{C}$ ; 0,012 para  $T_a$  de  $26,6$  a  $27,5^\circ\text{C}$ ; 0,013

para  $T_a$  superior a 27,5 °C; D - duração do período (neste trabalho considerado igual a um, por ser  $ET_0$  diária).

Jensen-Haise (TUCCI et al., 2004), baseou-se seu modelo pelo método de radiação e tem fornecido resultados aceitáveis para diferentes condições climáticas.

$$ETP = \frac{(0,025 \times T + 0,08) \times G}{59} \quad (5)$$

Em que: ETP - evapotranspiração potencial ( $\text{mm dia}^{-1}$ ); T - temperatura do ar (°C); G - radiação incidente de onda curta ( $\text{cal cm}^{-2} \text{d}^{-1}$ ).

A análise comparativa entre o método padrão e os empíricos, foi realizada por meio de correlação e regressão linear para determinação dos coeficientes da equação ( $Y = a + bx$ ) e determinação do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Considerou-se como melhor ajuste o método que apresentou coeficiente de regressão (a) próximo de zero, coeficiente (b) próximo da unidade e maior coeficiente de determinação. A precisão é dada pelo coeficiente de determinação, pois indica o grau em que a regressão explica a soma do quadrado total.

A análise de desempenho dos métodos empíricos, na estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), foi realizada por comparação ao método referência (PM). A verificação dos erros proporcionais pelas estimativas foi realizada pelo cálculo do erro padrão de estimativa (EPE), conforme Jensen, Burman e Allen (1990), calculada pela Equação 6. O melhor método para estimativa da  $ET_0$  foi aquele que apresentou o menor EPE. Nos métodos que apresentaram um EPE muito elevado, foi utilizada a equação da correlação nos dados empíricos buscando assim diminuir o máximo de EPE.

$$EPE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2}{n} \right]^{1/2} \quad (6)$$

Em que: EPE - erro-padrão da estimativa ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $Y_i$  - evapotranspiração de referência (PM) ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $X_i$  = evapotranspiração pelo método empírico ( $\text{mm d}^{-1}$ ); n = número de observações.

Para a exatidão dos métodos empíricos, foi realizada a análise para a determinação do índice de concordância (d) de Willmott et al. (1985) pela Equação 7, e do índice de desempenho (c) calculado pela Equação 8 que corresponde à multiplicação do coeficiente de correlação (r) dado pela Equação 9.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2}{\sum_{i=1}^n [(Y_i - \bar{Y}) + (X_i - \bar{X})]^2} \quad (7)$$

$$c = r \cdot d \quad (8)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (9)$$

Em que:  $d$  = índice de concordância ou ajuste de Willmott;  $Y_i$  = evapotranspiração de referência (PM) ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $X_i$  = evapotranspiração pelo método empírico ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $\bar{X}$  = média dos valores de evapotranspiração pelo método empírico ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $n$  = número de observações;  $r$  = coeficiente de correlação de Pearson;  $\bar{Y}$  = média dos valores de evapotranspiração de referência obtidos pelo método-padrão ( $\text{mm d}^{-1}$ ) e  $c$  = coeficiente de confiança ou desempenho.

Pelo coeficiente de desempenho ( $c$ ) e interpretados de acordo com Camargo e Sentelhas (1997) como: ótimo ( $c > 0,85$ ); muito bom ( $0,76 < c < 0,85$ ); bom ( $0,66 < c < 0,75$ ); mediano ( $0,61 < c < 0,65$ ), sofrível ( $0,51 < c < 0,60$ ), mau ( $0,41 < c < 0,50$ ) e péssimo ( $c < 0,40$ ).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o litoral paraibano, os métodos FAO Penman-Monteith (PM), Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Cridle (BC), Camargo (C) e Jensen-Haise (JH), apresentaram como médias anuais, 5,22, 4,26, 3,44, 3,09 e 7,21  $\text{mm dia}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 1). Verificou-se que a menor variação nos valores de  $ET_0$  entre o método padrão e os demais métodos ocorre com o método HS ( $-0,96 \text{ mm dia}^{-1}$ ) e a maior variação com o método C ( $-2,13 \text{ mm dia}^{-1}$ ). O método PM somente foi superestimado pelo método JH, que apresentou  $ET_0$  de  $1,99 \text{ mm dia}^{-1}$ .

No caso do agreste paraibano todos os métodos subestimaram a referência de  $ET_0$  (Tabela 1), sendo encontrado menor diferença pelo método de HS de  $-0,28 \text{ mm dia}^{-1}$ .

Nas mesorregiões borborema e sertão paraibano, obtiveram um comportamento semelhante, onde os métodos de HS, BC e C subestimaram PM, enquanto JH apresentou comportamento contrário, com variação de  $0,56 \text{ mm dia}^{-1}$  para ambas mesorregiões. Este comportamento pode ser atribuído à aplicabilidade do método de JH ter sido desenvolvido para as regiões áridas e semiáridas (MEDEIROS, 2008). Tais resultados mostram que os métodos empíricos necessitam de ajustes locais em seus modelos, para melhorar sua tendência, ou seja, diminuir sua diferença, o que ocasiona em aumentar sua tendência a proximidade pelo método de referência, para resultar melhor acurácia na determinação da evapotranspiração para cada mesorregião da Paraíba.

**Tabela 1.** Valores médios mensais de  $ET_0$  determinada pelos métodos FAO Penman-Monteith (PM), Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Criddle (BC), Camargo (C) e Jensen-Haise (JH) no Estado da Paraíba de 1996 a 2013.

Mesorregiões	Métodos	Mês												Média	PM-ME*
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
		mm dia <sup>-1</sup>													
litoral paraibano	PM	5,63	5,28	5,48	5,22	5,15	5,45	5,00	5,01	5,45	5,03	4,74	5,19	5,22	-
	HS	4,19	4,17	4,31	4,29	4,17	4,31	4,41	4,14	4,21	4,34	4,34	4,23	4,26	-0,96
	BC	3,47	3,45	3,42	3,43	3,42	3,43	3,49	3,42	3,45	3,42	3,46	3,41	3,44	-1,78
	C	2,89	3,02	2,80	3,00	2,79	3,29	3,54	3,29	2,94	2,86	3,54	3,11	3,09	-2,13
	JH	6,77	7,06	6,55	7,01	6,53	7,67	8,25	7,67	6,86	6,67	8,24	7,26	7,21	1,99
agreste paraibano	PM	4,44	5,07	5,16	4,85	5,10	5,50	4,93	4,71	4,62	4,74	4,79	4,93	4,90	-
	HS	4,79	4,69	4,63	4,40	4,38	4,56	4,68	4,72	4,69	4,69	4,61	4,64	4,62	-0,28
	BC	3,11	3,07	3,09	3,06	3,02	3,06	3,09	3,11	3,12	3,10	3,10	3,08	3,08	-1,82
	C	3,59	3,58	3,57	3,66	2,65	3,19	3,49	3,27	3,24	2,77	2,85	3,17	3,25	-1,65
	JH	2,35	2,32	2,40	2,01	2,14	2,03	2,33	2,21	2,31	2,26	2,38	2,35	2,26	-2,65
borborema	PM	7,29	7,93	8,07	7,66	6,74	7,58	7,38	6,38	5,43	6,97	6,01	6,66	7,01	-
	HS	5,09	5,16	5,24	5,33	5,21	5,25	5,35	5,35	5,19	5,24	5,21	5,23	5,24	-1,77
	BC	3,26	3,27	3,30	3,30	3,27	3,27	3,33	3,32	3,28	3,26	3,26	3,26	3,28	-3,73
	C	3,59	3,58	3,57	3,66	2,65	3,19	3,49	3,27	3,24	2,77	2,85	3,17	3,25	-3,76
	JH	8,33	8,31	8,29	8,50	6,19	7,44	8,12	7,61	7,54	6,46	6,64	7,39	7,57	0,56
sertão paraibano	PM	7,29	7,93	8,07	7,66	6,74	7,58	7,38	6,38	5,43	6,97	6,01	6,66	7,01	-
	HS	5,54	5,46	5,53	5,45	5,18	5,44	5,60	5,57	5,65	5,24	5,51	5,49	5,47	-1,54
	BC	3,53	3,46	3,49	3,48	3,44	3,48	3,48	3,52	3,51	3,45	3,47	3,43	3,48	-3,53
	C	3,59	3,58	3,57	3,66	2,65	3,19	3,49	3,27	3,24	2,77	2,85	3,17	3,25	-3,76
	JH	8,33	8,31	8,29	8,50	6,19	7,44	8,12	7,61	7,54	6,46	6,64	7,39	7,57	0,56

\*PM-ME = diferença de  $ET_0$  entre o método Penman-Montheith com os métodos empíricos. FAO Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), Hargreaves-Samani (1985), Blaney-Criddle (1950), Camargo (1971) e Jensen-Haise (TUCCI et al., 2004).

De acordo com a Tabela 2 os métodos empíricos foram classificados como “bom” a “ótimo”, pelo coeficiente de desempenho (c) para as mesorregiões litoral, agreste e sertão. Entretanto, na mesorregião da borborema os métodos de HS e BC não obtiveram boa classificação pelo coeficiente de desempenho ao comparar com o método de referência (Tabela 2). Após a estimação da  $ET_0$  pelos métodos de HS e BC com o modelo linear adotado ( $ET_{0(\text{método})} = a + b ET_{0(\text{PM})}$ ) da correlação entre o método empírico versus o método de referência, a classificação não foi alterada, evidenciado que apesar de ser simples e de fácil aplicação, esses métodos não se apresentam como uma boa alternativa para a mensuração da  $ET_0$  nessa mesorregião.

O método JH teve maior destaque na mesorregião litoral, apresentando um coeficiente de regressão (a) próximo de zero, além de menor EPE entre todos os métodos empíricos, após ser realizada a correção dos dados.

**Tabela 2.** Valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), índices de exatidão (d), coeficientes de desempenho (c) e erro padrão de estimativas (EPE), das mesorregiões da Paraíba, PB, de 1996 a 2013.

Mesorregiões	Métodos	$ET_0$ (Mt. *) = a + b $ET_0$ (PM)			Antes		Clas.*	Após		Clas.*	Antes	Após
		a	b	$R^2$	d	c		d	c		EPE (mm)	
litoral paraibano	HS	2,015	0,400	0,70	0,99	0,83	Muit. b.	0,99	0,83	Muit. b.	0,896	0,578
	BC	2,182	0,225	0,79	0,97	0,87	Ótimo	0,99	0,88	Ótimo	1,478	0,459
	C	0,043	0,630	0,99	0,97	0,97	Ótimo	1,00	0,99	Ótimo	1,740	0,162
	JH	0,011	1,450	0,99	0,91	0,91	Ótimo	1,00	0,99	Ótimo	2,083	0,082
agreste paraibano	HS	0,464	0,892	0,95	0,99	0,97	Ótimo	1,00	0,97	Ótimo	0,187	0,178
	BC	1,745	0,271	0,85	0,97	0,90	Ótimo	0,99	0,92	Ótimo	1,353	0,356
	C	1,335	0,474	0,65	0,98	0,79	Muit. b.	0,99	0,80	Muit. b.	0,956	0,631
	JH	0,989	0,488	0,98	0,95	0,95	Ótimo	0,96	0,95	Ótimo	2,107	2,014
borborema	HS	2,132	0,361	0,30	0,97	0,53	Sofrível	0,97	0,53	Sofrível	2,129	1,899
	BC	2,397	0,096	0,21	0,95	0,43	Mau	0,96	0,44	Mau	3,437	2,436
	C	0,996	0,361	0,80	0,96	0,86	Ótimo	0,99	0,89	Ótimo	3,097	0,619
	JH	2,460	0,819	0,79	0,98	0,87	Ótimo	0,99	0,89	Ótimo	1,455	0,636
sertão paraibano	HS	1,983	0,537	0,82	0,99	0,90	Ótimo	0,99	0,90	Ótimo	1,114	0,583
	BC	2,420	0,149	0,64	0,96	0,77	Bom	0,99	0,79	Muit. b.	3,075	0,933
	C	1,154	0,336	0,69	0,96	0,80	Muit. b.	0,99	0,83	Muit. b.	3,110	0,830
	JH	2,821	0,762	0,68	0,98	0,81	Muit. b.	0,99	0,82	Muit. b.	1,517	0,843

\*Mt. = Métodos; \*Clas. = Classificação.

O método HS foi classificado como “ótimo” para o agreste paraibano, corroborando com Henrique e Dantas (2007), que avaliaram métodos empíricos para essa mesma mesorregião. Além dessa mesorregião, para o sertão paraibano o método HS também foi classificado como “ótimo” para o cálculo da  $ET_0$ , indicando que, apesar de sua simplicidade, o método apresenta boa precisão pelo coeficiente de desempenho para regiões semiáridas, assim como observaram Er-raki et al. (2010).

Devido o agreste paraibano ter um clima diferente do semiárido, mas por estar inserido do lado das regiões áridas e semiáridas o método de HS foi classificado como ótimo pelo coeficiente de desempenho para estimar a  $ET_0$  desta mesorregião. Tal resultado corrobora com os de Henrique e Dantas (2007) ao avaliarem métodos empíricos para mesma mesorregião.

## 6 CONCLUSÕES

A estimativa da evapotranspiração de referência, obtida pelos métodos empíricos para as mesorregiões da Paraíba, PB, obtiveram desempenho satisfatório pelo coeficiente de desempenho.

O método HS para a mesorregião do agreste não necessitou de ajustes.

Os métodos JH, C e HS para as mesorregiões litoral, sertão paraibano e borborema necessitaram de ajuste de seu modelo para melhor acurácia com o método padrão.

Os métodos de HS e BC não se ajustaram para a mesorregião da borborema.



## 7 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. **FAO, Rome**, 1998. 297 p.
- BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. O. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data**. Washington: USDA Soil Conservation Service, 1950. 48 p.
- BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 293-300, 2007.
- CAMARGO, A. P. **Balço hídrico no estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1971. 24 p.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.125-137, 2000.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- DA SILVA, L. L.; DA COSTA, R. F.; CAMPOS, J. H. D. C.; DANTAS, R. T. Influência das precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, 2009.
- ER-RAKI, S.; CHEHBOUNI, A.; KHABBA, S.; SIMONNEAUX, V.; JARLAN, L.; OULDBBA, A.; RODRIGUEZ, J. C.; ALLEN, R. 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**, Amsterdam, v.74, n.12, p.1587-1596, 2010.
- GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; COSTA FILHO, J. F.; FRANCISCO, P. R. M.; CAMPOS, V. B. Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Areia, Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.5, n.1, p.37-47, 2011.
- HARGREAVES, G. L.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of the Irrigation and Drainage Division-ASCE**, New York, v.111, n.1, p.113-124, 1985.
- HENRIQUE, F. A. N.; DANTAS, R. D. Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande, Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.6, p.594-599, 1997.
- JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990, 332 p.

MEDEIROS, P. V. **Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de estimativas de nove equações empírico teóricas com base na equação de Penman-Monteith**. 2008. 241 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MELO, A. S. T.; RODRIGUEZ, J. L. **Paraíba: desenvolvimento econômico e a questão ambiental**. Grafset, João Pessoa, 2003. 144p.

PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

TUCCI, C. E. M. (ORG). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. 944p.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, Washington, v.30, n.11, p.1309-1310, 1982.