

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### AVALIAÇÃO DE MÉTODOS EMPÍRICOS BASEADOS NA TEMPERATURA PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERENCIA DIÁRIA DE VIDEIRA, SANTA CATARINA

Álvaro José Back<sup>1</sup> & Márcio Sônego<sup>2</sup>

**Abstract:** Empirical methods based on temperature data are considered as an alternative for estimating reference evapotranspiration in locations lacking more detailed meteorological data. This study aimed to evaluate the performance of eight empirical methods based on temperature for estimating daily ETo in Videira, SC. Daily data from the Videira meteorological station from 1983 to 2016 were used. ETo was calculated using the Thornthwaite, Thornthwaite-Camargo, Thornthwaite-Pereira, Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani, Hamon and Kharrufa methods and the Penman-Monteith method, considered as the standard. The Thornthwaite-Pereira and Hargreaves-Samani methods presented a performance index c equal to 0.78, classified as “very good” ( $0.76 \leq c \leq 0.85$ ). The Kharrufa method presented a performance index c equal to 0.60, classified as “poor” ( $0.51 \leq c \leq 0.60$ ). All other methods had performance classified only as “good” ( $0.66 \leq c \leq 0.75$ ). The regression equations for estimating ETo values equivalent to the Penman-Monteith method were presented from the estimates with the different empirical methods, obtaining a better fit with the Hargreaves-Samani equation, with  $R^2$  of 0.8537.

**Resumo:** Os métodos empíricos baseados nos dados de temperatura são considerados como uma alternativa para a estimativa da evapotranspiração de referência em locais com carência de dados meteorológicos mais detalhados. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de oito métodos empíricos baseados na temperatura para a estimativa da ETo diária de Videira, SC. Foram utilizados os dados diários do período de 1983 a 2016, da estação meteorológica de Videira. Foram calculadas a ETo pelos métodos de Thornthwaite, Thornthwaite-Camargo, Thornthwaite-Pereira, Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani, Hamon e Kharrufa e método de Penman-Monteith, tido como padrão. Os métodos de Thornthwaite-Pereira e Hargreaves-Samani apresentaram o índice de desempenho c igual a 0,78, classificados como “muito bom” ( $0,76 \leq c \leq 0,85$ ). Já o método de Kharrufa apresentou índice de desempenho c igual 0,60, classificado como “sofrível” ( $0,51 \leq c \leq 0,60$ ). Todos os demais métodos tiveram desempenho classificados apenas como “bom” ( $0,66 \leq c \leq 0,75$ ). Foram apresentadas as equações de regressão para estimativa de valores de ETo equivalente ao método de Penman-Monteith a partir das estimativas com os diferentes métodos empíricos, obtendo melhor ajuste com a equação de Hargreaves-Samani, com  $R^2$  de 0,8537.

**Palavras-Chave** – Irrigação; demanda hídrica; gestão.

1) Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Rodovia SC 108, km 353, n°1563, Bairro da Estação, Urussanga, SC, CEP 88840-000, fone: (48) 3403-1382; e-mail: ajb@epagri.sc.gov.br

2) Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Rodovia SC 108, km 353, n°1563, Bairro da Estação, Urussanga, SC, CEP 88840-000, fone: (48) 3403-1369; e-mail: sonego@epagri.sc.gov.br

## INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é uma variável agrometeorológica de grande importância em vários estudos como estimativa de demanda hídrica, manejo de irrigação, gestão de recursos hídricos, zoneamento agrícola de risco climático e caracterização climática.

Nos trabalhos de demanda hídrica para agricultura a evapotranspiração da cultura (ETc) é determinada a partir do produto da evapotranspiração de referência (ETo) e do coeficiente de cultura (Kc), que varia de acordo com o tipo de cultura e seu estágio fenológico (Doorenbos e Pruitt (1984). Existem vários métodos que possibilitam a estimativa da ETo a partir dos dados meteorológicos, onde o método de Penman-Monteith se destaca pela precisão, e por isso é considerado método padrão. No entanto, este método requer dados de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar, que nem sempre são disponíveis (Monteiro *et al.*, 2017).

Vários métodos empíricos foram propostos como alternativas para a estimativa de ETo, que apresentam a vantagem de requerer dados em menor quantidade e mais facilmente disponíveis, como os dados de temperatura, e por isso são mais facilmente aplicados. Porém, esses modelos podem não apresentar boas estimativas, superestimando ou subestimando a ETo quando comparados com o método padrão (Dantas *et al.*, 2016). Lu *et al.* (2005) destacam que esses métodos ou modelos fornecem valores inconsistentes devido às suas diferentes suposições e requisitos de dados de entrada, ou porque foram frequentemente desenvolvidos para regiões climáticas específicas. Vários trabalhos realizados em múltiplas escalas e condições climáticas específicas sugeriram que os diversos métodos de estimativa de ETo podem fornecer resultados significativamente diferentes entre si (Back, 2008; Shiri *et al.*, 2014; Cruz *et al.*, 2017; Coutinho *et al.*, 2020). Federer *et al.* (1996) ressaltam a importância de identificar as diferenças entre os métodos de ETo, e destacam que mesmo que os métodos de estimativa de ETo fornecem valores semelhantes, os métodos que requeiram menos parâmetros de entrada são mais úteis e práticos para estudos em escala regional.

Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de oito diferentes métodos empíricos baseados em dados de temperatura na estimativa da ETo diária para Videira, SC.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados diários da estação meteorológica de Videira, SC, do período de 01/01/1983 a 30/11/2016. A estação está localizada na latitude -27,03°, longitude -51,15°, altitude 774m. Foram usados os valores diários de temperatura máxima, temperatura mínima, velocidade do vento, umidade relativa e insolação.

A evapotranspiração de referência ( $ETo$ ) foi calculada pelo método de Penman-Monteith FAO, seguindo as recomendações de Allen *et al.* (1998) possuindo a seguinte notação:

$$ETo = \frac{0,408\Delta(Rn-G)+\gamma\left(\frac{900}{T+273}\right)U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que:  $ETo$  = evapotranspiração de referência ( $\text{mm.d}^{-1}$ );  $R_n$  = saldo de radiação à superfície ( $\text{MJ.m}^{-2}.d^{-1}$ );  $G$  = fluxo de calor sensível no solo ( $\text{MJ.m}^{-2}.d^{-1}$ );  $T$  = temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );  $U_2$  = velocidade do vento à 2 m de altura ( $\text{m.s}^{-1}$ );  $(e_s - e_a)$  = déficit de pressão de vapor (kPa);  $\Delta$  = declividade da curva de pressão de saturação (kPa.  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ );  $\gamma$  = constante psicrométrica (kPa.  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

O saldo de radiação de ondas curtas foi calculado considerando a refletância de 23% ( $r = 0,23$ ) e os parâmetros da equação de Angstrom dados por  $\alpha = 0,25$  e  $\beta = 0,50$  (Allen *et al.*, 1998), sendo que o fluxo de calor no solo foi desprezado ( $G = 0$ ).

Foram calculados os valores de ETo com os métodos de Thornthwaite, Thornthwaite-Camargo, Thornthwaite-Pereira, Camargo, Blaney-Criddle, Hargreaves-Samani, Hamon e Kharrufa. No método de Thornthwaite a ETo é calculada por:

$$ETo = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a fc \quad (2)$$

em que: ETo = evapotranspiração (mm); T = temperatura média ( $^{\circ}$ C); I = índice de calor obtido a partir de dados normais da região (Pereira *et al.*, 1997); a é um coeficiente calculado em função de I (Camargo, 1971); fc = fator de correção em função da latitude e número de dias do período considerado.

Camargo *et al.* (1997) propuseram uma correção no método de Thornthwaite com a substituição da temperatura média mensal pela temperatura efetiva ( $T_{EF}$ ), a qual é função da temperatura média diária ( $T_M$ ), conforme:

$$T_{EF} = 0,36(3T_{Max} - T_{Min}) \quad (3)$$

Pereira *et al.* (1997) propuseram uma correção para a variável  $T_{EF}$  em função da razão entre o número de horas dia/noite, conforme a equação:

$$T_{EF}^* = T_{EF} \left( \frac{N}{24 - N} \right) \quad (4)$$

Sendo:  $T_{EF}^*$  = temperatura efetiva, corrigida para o fotoperíodo ( $^{\circ}$ C); N = fotoperíodo médio mensal (horas)

Camargo (1971) propôs um método simplificador a equação de Thornthwaite, em que a ETo é calculada por:

$$ETo = Ra T K Nd \quad (5)$$

em que: ET = evapotranspiração no período considerado (mm); Ra = radiação solar na superfície externa da atmosfera (mm); T = temperatura média obtida pela média aritmética entre a temperatura máxima e mínima ( $^{\circ}$ C); K = fator de ajuste que varia com a temperatura média local ( $K = 0,01 ^{\circ}\text{C}^{-1}$  para  $t < 23^{\circ}\text{C}$ ;  $K = 0,0105 ^{\circ}\text{C}^{-1}$  para  $t = 24^{\circ}\text{C}$ ;  $K = 0,011 ^{\circ}\text{C}^{-1}$  para  $t = 25^{\circ}\text{C}$ ;  $K = 0,0115 ^{\circ}\text{C}^{-1}$  para  $t = 26^{\circ}\text{C}$ ;  $K = 0,012 ^{\circ}\text{C}^{-1}$  para  $t > 26^{\circ}\text{C}$ ).

Hargreaves e Samani (1985) apresentaram um método para estimar ETo usando dados de temperatura máxima e mínima, que tem a seguinte apresentação:

$$ETo = 0,0023 Ra \sqrt{T_{max} - T_{min}} (T + 17,8) \quad (6)$$

Em que: ETo = evapotranspiração de referência, mm/dia; Ra = radiação solar incidente no topo da atmosfera (mm/dia); Tmax = temperatura máxima ( $^{\circ}$ C); Tmin = a temperatura mínima ( $^{\circ}$ C); T = temperatura média ( $^{\circ}$ C);

A equação de Blaney-Criddle é apresentada na forma:

$$ETo = 0,75 (0,24 + 0,0312T)(0,457T + 8,13)p \quad (7)$$

Em que  $ETo =$  evapotranspiração potencial (mm/dia);  $T =$  temperatura média ( $^{\circ}C$ );  $p =$  percentagem diária de horas de luz.

Hamon (1961, 1963) derivou um método de  $ETo$  baseado na temperatura média do ar, que pode ser expressa na forma:

$$ETo = 218,527 \left( \frac{N}{12} \right)^2 \frac{e^{\left( \frac{17,26939T_3}{t+237,3} \right)}}{T+273,3} \quad (8)$$

Em que:  $ETo =$  evapotranspiração (mm/dia);  $T =$  temperatura média do ar( $^{\circ}C$ );  $N =$  duração máxima do brilho solar (h).

Kharrufa (1985) desenvolveu um método de estimativa de  $ETo$  baseado na correlação entre a razão de evapotranspiração e a porcentagem do total do fotoperíodo e a temperatura do ar expresso por:

$$ETo = 0,34 p T^{1,3} \quad (9)$$

Em que:  $ETo =$  evapotranspiração (mm/dia);  $p =$  porcentagem do total de fotoperíodo;  $T =$  temperatura média do ar ( $^{\circ}C$ ).

A avaliação dos métodos de estimativa de  $ETo$  foi realizada por meio da análise de regressão entre um método de cálculo com o método de Penman-Monteith, considerado como método padrão. A precisão das estimativas foi determinada pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ), coeficiente de correlação ( $r$ ), índice de concordância ( $d$ ) (Willmott *et al.*, 1985), índice de desempenho ( $c$ ) (Camargo e Sentelhas, 1997). Ainda foram calculados os indicadores de desempenho dados pelos valores de erro médio absoluto (EMA), erro máximo (Emx), erro aleatório (Ea), erro sistemático (Es), erro padrão de estimativa (EPe) e o percentual de tendências (Pbias) calculados por.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|Y_i - \bar{X}| + |X_i - \bar{X}|)^2} \quad (10)$$

$$c = r * d \quad (11)$$

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - X_i|$$

$$Emx = max(|Y_i - X_i|)_i^n \quad (12)$$

$$Ea = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_i^*)^2 \quad (13)$$

$$Es = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i^* - X_i)^2 \quad (14)$$

$$EPe = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2} \quad (15)$$

$$Pbias = 100 \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)}{\sum_{i=1}^n Y_i} \quad (16)$$

em que:  $Y_i =$  valor estimado;  $X_i =$  valor do método padrão;  $\bar{X} =$  media dos valores do método padrão;  $N =$  n° de pares de dados;  $Y_i^* =$  valores estimados com a equação de regressão linear dada por:

$$Y_i^* = a + bX_i \quad (17)$$

A avaliação do desempenho é realizada de acordo com a Tabela 1, segundo critérios de Camargo e Sentelhas (1997).

Tabela 1. Avaliação do desempenho dos métodos de evapotranspiração de referência.

Valor de “c”	Desempenho
> 0,85	ótimo
0,76 e 0,85	muito bom
0,66 e 0,75	bom
0,61 e 0,65	mediano
0,51 e 0,60	sofrível
0,41 e 0,50	mau
<= 0,4	péssimo

Fonte: Camargo & Sentelhas (1997)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tomando como base os valores de ETo médios mensais calculados pelo método de Penman-Monteith, para Videira-SC, verifica-se que o método de Thornthwaite subestima valores de ETo de 10 a 30%, com maiores diferenças nos meses de julho a novembro (Figura 1). O método de Thornthwaite-Camargo apresentam superestimativas que variam de 6%, no mês de novembro, a 70% no mês de julho. Já o método de Thornthwaite-Pereira apresenta superestimativas que variam de 1% no mês de julho a 50% o mês de dezembro. O método de Camargo apresenta subestimativas de 5 % em fevereiro a 25% no mês de agosto. O método de Blaney-Criddle apresenta subestimativas de até 14% em novembro a superestimativas de 25% em junho. O método Hargreaves-Samani e Kharrufa apresentaram valores semelhantes com superestimativas em todos os meses, com maiores diferenças percentuais nos meses de inverno. Já o método de Hamon apresentou subestimativas que variam de 9% no mês de junho a 28% em setembro.

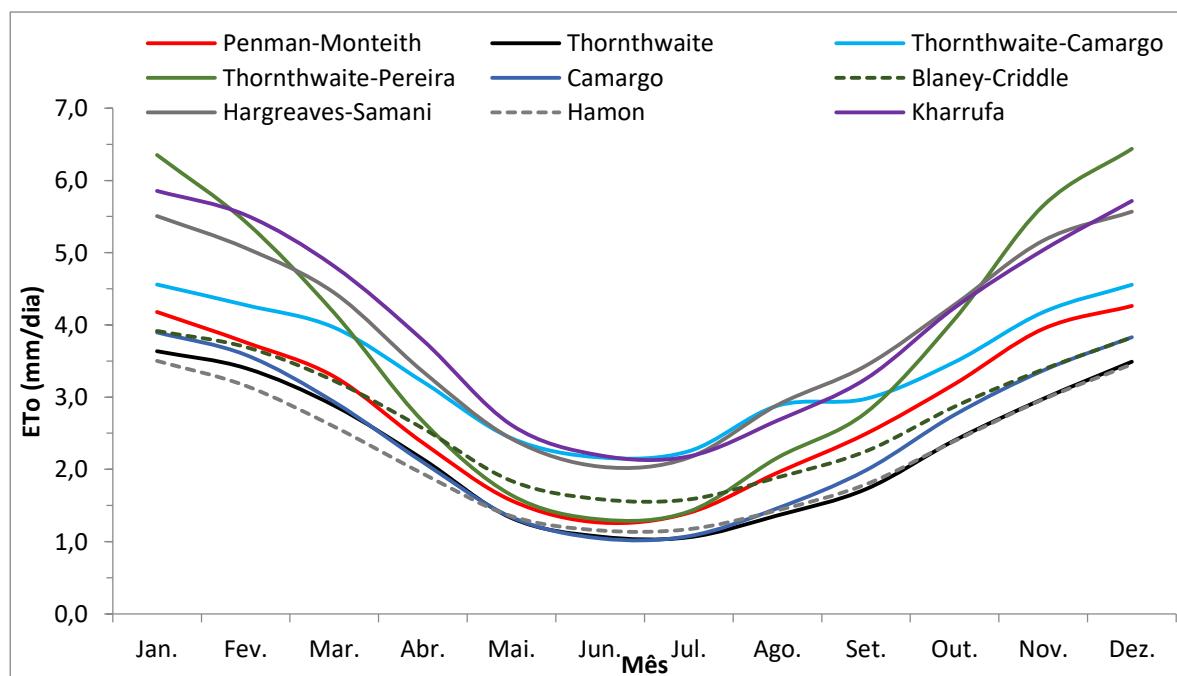


Figura 1. Evapotranspiração média mensal estimada por diferentes métodos, para Videira-SC.

Como mostrado na Tabela 1, o método Kharrufa apresentou o menor índice de concordância ( $d = 0,76$ ), enquanto os maiores valores foram observados para o método de Blaney-Criddle ( $d=0,87$ ) e Camargo ( $d =0,88$ ). O índice de concordância expressa a exatidão das estimativas em relação aos valores observados, variando de zero, que indica nulidade, a 1, que indica concordância perfeita (exatidão) (Willmott *et al.*, 1985).

Os métodos de Thornthwaite-Pereira e Hargreaves-Samani apresentaram o índice de desempenho  $c$  igual a 0,78, classificados como “muito bom” ( $0,76 \leq c \leq 0,85$ ). Já o método de Kharrufa apresentou índice de desempenho  $c$  igual a 0,60, classificado como “sofrível” ( $0,51 \leq c \leq 0,60$ ). Todos os demais métodos tiveram desempenho classificado como “bom” ( $0,66 \leq c \leq 0,75$ ). Os resultados observados encontram respaldo em outros estudos semelhantes, onde se verifica que o desempenho dos métodos empíricos varia conforme o clima local e principalmente com a intervalo considerado. Turcato e Minuzzi (2024), avaliando trinta e dois métodos de estimativa de ETo com base em cinco anos de dados diários para o estado do Paraná, concluíram que o método Hargreaves-Samani teve desempenho classificado como “bom”, e o método Camargo teve desempenho classificado como ‘mau’. Os autores destacam a baixa eficácia dos métodos baseados na temperatura para a estimativa de ETo diária. Monteiro *et al.* (2017) concluíram que o método de Hargreaves-Samani tem desempenho satisfatório para quantificar a evapotranspiração diária em diferentes condições climáticas do Brasil. Pilau *et al.* (2012), comparando vários métodos de estimativa de ETo em duas localidades do Rio Grande do Sul observaram que, para a escala diária, os métodos de Hargreaves & Samani e de Thornthwaite modificado por Camargo foram os que mais se aproximaram dos métodos que utilizam a radiação solar ( $Rs$ ) como variável de entrada, com valor de  $c$  superior a 0,63. Os autores também concluem que dispondendo-se apenas de dados de temperatura do ar para o cálculo da ETo na escala diária, os métodos de Camargo e Thornthwaite modificado por Camargo de Hargreaves & Samani devem preferencialmente ser adotados. Guimarães Silva Moraes *et al.* (2023), avaliando o desempenho de diferentes métodos de estimativa de ETo diária em Imperatriz (MA), observaram que na estação da seca o método Hargreaves-Samani apresentou índice de desempenho  $c =0,46$  e o método Kharrufa  $c =0,18$ . Já na estação das chuvas o método de Hargreaves-Samani apresentou  $c= 0,63$  e Kharrufa  $c= 0,20$ . Coutinho *et al.* (2020), com base em dados de ETo diária de diferentes localidades dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, encontraram índice de desempenho  $c$  variando de 0,50 a 0,63 para o método de Hargreaves-Smanai, e  $c$  variando de 0,39 a 0,55 para o método de Hamon. Os autores concluem que os modelos de Hargreaves-Samani e Hamon demonstraram os menores índices de ( $r$ ) e ( $c$ ), caracterizando uma baixa eficiência na estimativa da ETo nas localidades estudadas.

O baixo desempenho dos métodos se explica pelo fato de serem desenvolvidos para a escala mensal. O desempenho de um determinado método em detrimento de outro depende da série de dados e da escala utilizada. Para dados mensais vários autores obtiverem desempenho ótimo com o método de Hargreaves-Samani e Camargo (Borges Junior *et al.*, 2012; Gomes Junior *et al.*, 2024).

O método de Kharrufa apresentou os maiores valores nos indicadores de erro ( $EMA = 1,28$  mm/dia;  $EMx =3,98$  mm/dia;  $Ea =1,40$  mm/dia;  $Es =0,90$  mm/dia e  $EPE =1,52$  mm/dia), com  $Pbias$  de 142,3%. O percentual de tendências ( $Pbias$ ) mede a tendência média dos valores simulados a serem maiores ou menores do que os valores observados. Valores positivos indicam viés de superestimação ao passo que valores negativos indicam viés de subestimação, mostrando que o método Kharrufa tende a superestimar os valores de ETo em 40%. Nesse critério se destaca o método de Blaney-Criddle, com  $Pbias$  de 97%, indicando subestimativa de 3%. Conclusão semelhante foi obtida por Borges e Mendiondo (2007), que avaliaram a precisão dos métodos de Camargo, Blaney-Criddle, Hamon, Hargreaves, Thornthwaite e Kharrufa, na estimativa de ETo da

Bacia do rio Jacupiranga. Os resultados indicaram que os métodos de Hargreaves e Camargo foram mais eficientes na estimativa da ETo.

Tabela 1 - Indicadores de desempenho dos métodos de estimativa de ETo em comparação com o método de Penman-Monteith, para Videira-SC.

Método de estimativa	Indicadores de desempenho <sup>1</sup>								
	d	r	c	EMA	Emx	Ea	Es	EPE	PBIAS
	(mm/dia)								
Thornthwaite	0,83	0,79	0,66	0,76	3,06	0,47	0,45	0,96	81,6
Thornthwaite- Camargo	0,86	0,83	0,71	0,79	3,48	0,40	0,59	1,00	121,8
Thornthwaite- Pereira	0,85	0,92	0,78	1,03	4,76	1,12	0,70	1,35	130,8
Camargo	0,88	0,83	0,73	0,67	2,32	0,27	0,38	0,81	87,2
Blaney-Criddle	0,87	0,80	0,69	0,65	2,46	0,29	0,34	0,80	97,0
Hargreaves -Samani	0,84	0,92	0,78	1,08	4,07	1,13	0,36	1,22	137,8
Hamon	0,82	0,83	0,68	0,74	2,72	0,61	0,27	0,94	79,9
Kharrufa	0,76	0,79	0,60	1,28	3,98	1,40	0,90	1,52	142,3

<sup>1</sup>d-índice de concordância; r – coeficiente e correlação; c- índice de desempenho; EMA – erro médio absoluto; Emx - erro máximo; Ea – erro aleatório; Es –erro sistemático; Pbias- percentual de tendências.

O intervalo de tempo a ser usado depende do objetivo do estudo. Para manejo da irrigação geralmente deve-se considerar dados diários ou de até 05 dias. Para dimensionamento de sistemas de irrigação pode-se considerar a estimativa de ETo para períodos mais longos, a cada 05, 10, 15 dias. Para caracterização climática ou estudos de demandas hídricas médias pode-se usar os intervalos mensais.

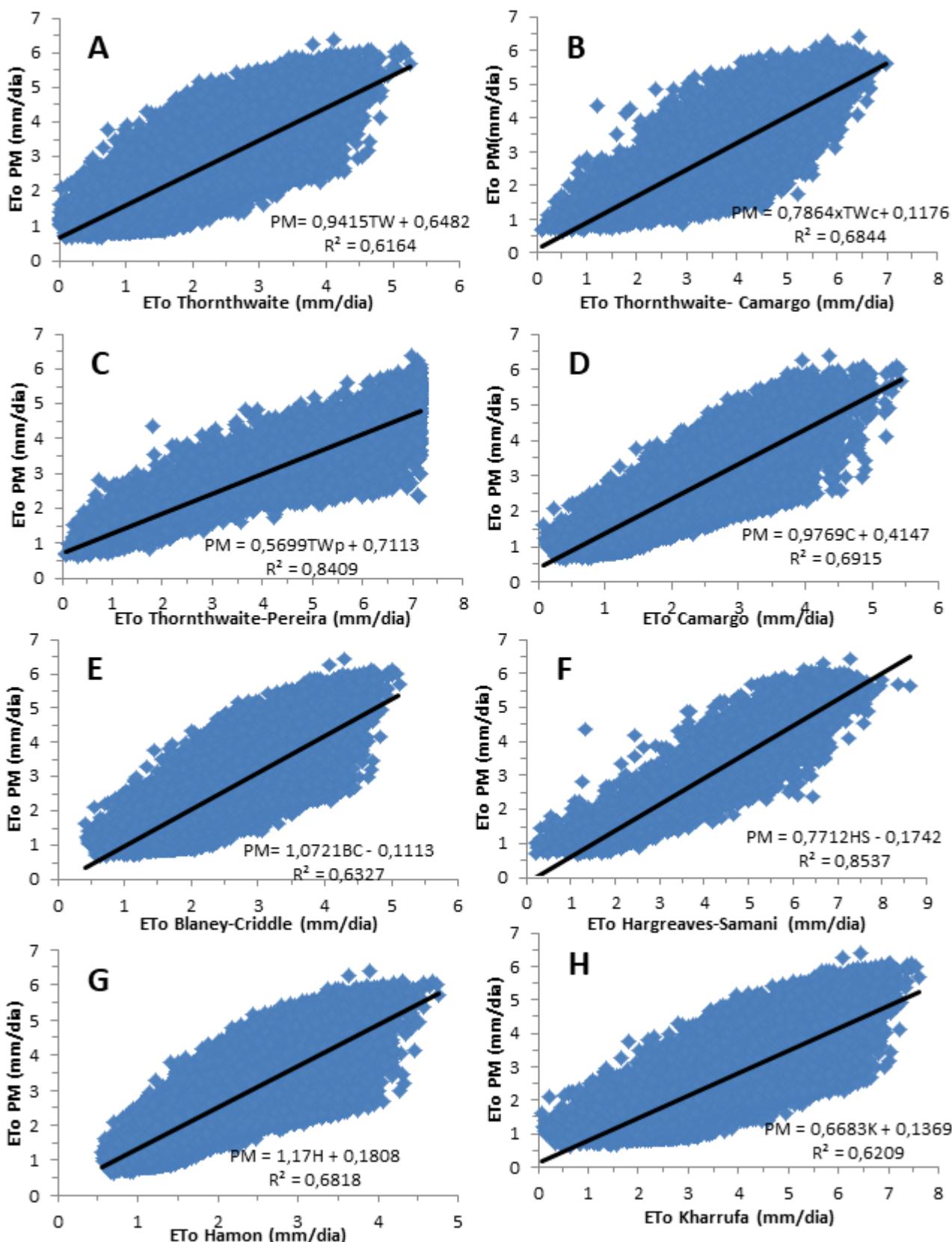
Uma forma de melhorar as estimativas com os métodos empíricos é incluir fatores de correção no método a ser empregado, como por exemplo, a regressão entre as estimativas de ETo com o método de Penman-Monteith e o método a ser usado. Na Figura 2 constam as regressões para a estimativa dos valores de ETo equivalentes com o método de Penmam-Monteith a partir das estimativas de ETo dos métodos empíricos. O melhor ajuste foi obtido com a equação de Hargreaves-Samani, com R<sup>2</sup> de 0,8537. Pode-se conseguir melhor ajuste realizando as regressões para diferentes estações do ano. Isso fica evidente para os métodos que apresentam comportamento diferente nos meses de inverno e verão, como observado nos métodos de Blaney-Criddle, e Thornthwaite-Pereira.

## CONCLUSÕES

Considerando as condições climáticas de Videira-SC, os métodos de Thornthwaite-Pereira e Hargreaves-Samani apresentaram o índice de desempenho c igual a 0,78, classificados como “muito bom” ( $0,76 \leq c \leq 0,85$ ). Os demais métodos apresentam, de forma geral, baixo desempenho na estimativa da ETo diária. Para fins de manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação recomenda-se calcular a ETo em período 5 dias ou maiores para aumentar a precisão das estimativas,

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapesc), pelo apoio financeiro.



**Figura 1.** Regressão entre a ETo estimada com método de Penman-Monteith com os métodos de Thornthwaite (A), Thornthwaite-Camargo (B), Thornthwaite-Pereira(C), Camargo (D), Blaney-Criddle (E), Hargreaves-Samani (F), Hamon (G), e Kharrufa (H), para Videira-SC.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998). “*Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*”. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome.
- BACK, Á.J. (2008). *Desempenho de métodos empíricos baseados na temperatura do ar para a estimativa da evapotranspiração de referência em Urussanga, SC*. Irriga 13(4), pp. 449-466.
- BORGES JÚNIOR, J.C.D.; ANJOS, R.J.; SILVA, T.J.A.; LIMA, J.R.S.; ANDRADE, C.L.T. (2012). “*Método de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE*”. Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental 16(4), pp.380-390.
- BORGES, A.C.; MENDIONDO, E.M. (2007). “*Comparaçao entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga*”. Engenharia Agrícola e Ambiental 11(3), pp.293–300.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. (1997). “*Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil*”. Revista Brasileira de Agrometeorologia 5(1), pp.89-97.
- CAMARGO, A.P. (1971). “*Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo*”. Campinas, IAC, 54p.
- COUTINHO, E.R.; MADEIRA, J.G.F.; SILVA, R.M.; OLIVEIRA, E.M.; DELGADO, A.R.S. (2020). “*Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (eto) diária para regiões dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo*”. Revista Brasileira de Meteorologia 35(4), pp.649 657.
- CRUZ, G.H.T.; SANTOS, L.C.; SILVA, S.M.C.; REIS, E.F. (2017). “*Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Rio Verde-GO*”. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada 11(6), pp.1854–1861.
- DANTAS, G.F.; OLIVEIRA, V.M.R.; DALRI, A.B.; PALARETTI, L.F.; SANTOS, M.G.; FARIA, R.T.T. (2016). “*Desempenho de métodos na estimativa de evapotranspiração de referência para o estado da Paraíba, Brasil*”. Irriga 21(3), pp. 481-490.
- DOOREMBOS, J.; PRUITT, W.O. (1984). *Guidelines for predicting crop water requirements*. Rome: FAO, 154p.
- GOMES JUNIOR, F.A.; SOUZA, I.C.; SILVA, M.G.; PEREIRA FILHO, J.V.; MOURA, C.S.; VIEIRA, A.F. (2024). “*Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para os municípios de Paulistana e Piripiri no estado do Piauí, Nordeste do Brasil*”. Water Resources and Irrigation Management 13(1-3), pp.1-16.
- FEDERER, C.A.; VÖRÖSMARTY, C; FEKETE, B. (1996). “*Inter comparison of methods for calculating potential evaporation in regional and global water balance models*”. Water Resources Research, 32, pp.2315-2321.
- GUIMARÃES SILVA MORAES, R.; FERREIRA LIMA, E., OLIVEIRA, P.L.S.; FERREIRA DAMASCENA, J.; MATOS DA SILVA, C. (2023). “*Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência no período seco e chuvoso em Imperatriz, MA*”. Revista Brasileira de Climatologia 33(19), pp.169–188.
- HAMON, W.R. (1961). “*Estimating potential evapotranspiration*”. Journal of Hydraulics Division ASCE 87(3), pp.107-120.

- HAMON W.R. (1963). “*Computation of direct runoff amounts from storm rainfall*”. International Association of Scientific Hydrology. Publication 63, pp. 52–62.
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. (1985). “*Reference crop evapotranspiration from temperature*”. Applied engineering in agriculture 1(2), pp. 96–99.
- KHARRUFA, N.S. (1985). “*Simplified equation for evapotranspiration in arid regions*”. Beiträge zur Hydrologie: Sonderheft, Kirchzarten 5(1), pp. 39-47.
- LU, J.; SUN G.; MCNULTY, S.G.; AMATYA, D.M. (2005). “*A comparison of six potential evapotranspiration methods for regional use in the Southeastern United States*”. JAWRA Journal of the American Water Resources Association 41(3), pp.621–633.
- MONTEIRO, J.E.B.A.; CUADRA, S.V. OLIVEIRA, A.F.; NAKAI, A.M.; MACIEL, R.J.S. (2017). “*Estimativa da evapotranspiração diária baseada apenas em temperatura*”. Agrometeoros 25(1), pp.227-236.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. (1997). “*Evapo(transpi)ração*”. Piracicaba: FEALQ, 183p.
- PILAU, F.G.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; RIGHI, E.Z. (2012). “*Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência nas localidades de Frederico Westphalen e Palmeira das Missões, RS*”. Ciência Rural, v.42, n.2, pP.283-290.
- SHIRI, J.; NAZEMIA, A. H.; SADRADDINIA, A.A.; LANDERASB, G.; KISIC, O.; FARDA, A.F.; MARTI, P. (2014). “*Comparison of heuristic and empirical approaches for estimating reference evapotranspiration from limited inputs in Iran*”. Computers and Electronics in Agriculture, 108(9), pp.230-241
- TURCATO, T.; MINUZZI, R.B. (2024). “*Desempenho na estimativa da evapotranspiração de referência diária de 32 métodos no estado do Paraná*”. Revista Brasileira de Geografia Física 17(4), pp. 3125-3136.
- WILLMOT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J.; FEDDEMA, K.; KLINK, D.R. (1985). “*Statistics for the evaluation and comparison of models*”. Journal of Geophysical Research 90(5), pp. 8995-9005.