

## Estimativa da evapotranspiração de referência por três métodos, para a região de Ilhéus/BA

Estimation of reference evapotranspiration by three methods, for the region of Ilhéus/BA

Estimación de la evapotranspiración de referencia mediante tres métodos para la región de Ilhéus / BA

Recebido: 09/03/2023 | Revisado: 22/03/2023 | Aceitado: 23/03/2023 | Publicado: 39/03/2023

**Luan Galdêncio da Silva Braga**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9412-6348>  
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil  
E-mail: fryluan@gmail.com

**Christian Pascal Silva Bouix**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8367-8165>  
Universidade de São Paulo, Brasil  
E-mail: christianbouix18@gmail.com

**Cid Edson Póvoas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0774-1421>  
Corteve Agriscience, Brasil  
E-mail: cidedson@gmail.com

**Adriana Ramos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9181-6379>  
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil  
E-mail: dricaramos@uesc.br

### Resumo

O conhecimento da evapotranspiração nas diversas etapas de desenvolvimento das plantas cultivadas permite que o manejo da irrigação seja feito de forma mais eficiente, de acordo com a real exigência da cultura. Há uma diversidade de métodos que podem ser utilizados para determinação da evapotranspiração de referência e, em função da grande variabilidade dos parâmetros que influenciam este fenômeno, é comum haver estudos que comparam diferentes métodos para avaliar aquele que tem maior aplicabilidade ao local de estudo. Foram coletados dados climatológicos mensais do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET para o município de Ilhéus/BA. Foi estimada a evapotranspiração de referência através dos métodos de Thornthwaite, Camargo, e Priestley & Taylor, e seus resultados foram confrontados com o método padrão Penman-Monteith (FAO-56) por meio de índices estatísticos, índice de concordância de Wilmott, coeficiente de correlação de Pearson e o índice de confiança. O método de Priestley-Taylor foi classificado como "Ótimo" ( $c > 0,85$ ). As metodologias de Thornthwaite e Camargo foram classificadas como "Mediano" ( $0,61 < c < 0,65$ ) e "Bom" ( $0,66 < c < 0,75$ ), respectivamente. O método de Priestley-Taylor superestimou os valores do método PMFAO, entretanto, obteve maior coeficiente de determinação com seus valores próximos aos encontrados pelo método padrão, podendo ser utilizada como uma alternativa ao método de referência de Penman-Monteith (FAO-56) para a região de Ilhéus-BA. Os métodos de Thornthwaite e Camargo apresentaram baixos coeficientes de determinação e obtiveram os piores desempenhos estatísticos, portanto devem ser usados com cautela.

**Palavras-chave:** Manejo da irrigação; Evapotranspiração de referência; Estimativa.

### Abstract

Knowledge of evapotranspiration at various stages of plant development allows irrigation management to be more efficiently carried out according to the actual crop demand. There are a variety of methods that can be used to determine reference evapotranspiration, and due to the high variability of parameters influencing this phenomenon, it is common to have studies that compare different methods to evaluate which one has the greatest applicability to the study location. Monthly climatological data from the National Institute of Meteorology - INMET were collected for the municipality of Ilhéus/BA. Reference evapotranspiration was estimated using the Thornthwaite, Camargo, and Priestley & Taylor methods, and their results were compared with the standard Penman-Monteith method (FAO-56) using statistical indices, the Wilmott agreement index, Pearson correlation coefficient, and confidence index. The Priestley-Taylor method was classified as "Excellent" ( $c > 0.85$ ). The Thornthwaite and Camargo methodologies were classified as "Fair" ( $0.61 < c < 0.65$ ) and "Good" ( $0.66 < c < 0.75$ ), respectively. The Priestley-Taylor method overestimated the values of the PMFAO method, but obtained a higher coefficient of determination with values close to those found by the standard method, and can be used as an alternative to the Penman-Monteith (FAO-56) reference

method for the Ilhéus-BA region. The Thornthwaite and Camargo methods had low coefficients of determination and obtained the worst statistical performance, and therefore should be used with caution.

**Keywords:** Irrigation management; Reference evapotranspiration; Estimation.

### Resumen

El conocimiento de la evapotranspiración en las diferentes etapas de desarrollo de las plantas cultivadas permite que el manejo del riego se realice de manera más eficiente, de acuerdo con las necesidades reales de la cultura. Existe una variedad de métodos que se pueden utilizar para determinar la evapotranspiración de referencia y, debido a la gran variabilidad de los parámetros que influyen en este fenómeno, es común realizar estudios que comparan diferentes métodos para evaluar aquellos que tienen mayor aplicabilidad en el lugar de estudio. Se recopiló datos climatológicos mensuales del Instituto Nacional de Meteorología - INMET para la ciudad de Ilhéus/BA. Se estimó la evapotranspiración de referencia mediante los métodos de Thornthwaite, Camargo y Priestley & Taylor, y sus resultados se compararon con el método estándar Penman-Monteith (FAO-56) mediante índices estadísticos, el índice de concordancia de Wilmott, el coeficiente de correlación de Pearson y el índice de confianza. El método de Priestley-Taylor fue clasificado como "Óptimo" ( $c > 0,85$ ). Las metodologías de Thornthwaite y Camargo fueron clasificadas como "Mediano" ( $0,61 < c < 0,65$ ) y "Bueno" ( $0,66 < c < 0,75$ ), respectivamente. El método de Priestley-Taylor sobreestimó los valores del método PMFAO, sin embargo, obtuvo un mayor coeficiente de determinación con valores cercanos a los encontrados por el método estándar, lo que permite su uso como alternativa al método de referencia de Penman-Monteith (FAO-56) para la región de Ilhéus-BA. Los métodos de Thornthwaite y Camargo presentaron bajos coeficientes de determinación y tuvieron el peor desempeño estadístico, por lo que deben usarse con precaución.

**Palabras clave:** Manejo del riego; Evapotranspiración de referencia; Estimación.

## 1. Introdução

De maneira geral, o termo evapotranspiração é utilizado para expressar a transferência de vapor d'água que se processa para a atmosfera proveniente de superfícies vegetadas. Fundamentalmente, a evapotranspiração é proveniente de duas contribuições: a evaporação da umidade existente no substrato (solo ou água) e a transpiração resultante das atividades biológicas dos vegetais. Informações da quantidade de água evaporada ou evapotranspirada são necessárias em diversos estudos hidrológicos e para adequado planejamento e manejo (Das Neves et al., 2022; Beruski & Duarte, 2020; Dias et al., 2022). A determinação do consumo hídrico da planta, representada pela evapotranspiração da cultura é de extrema importância para um manejo adequado da irrigação e pode ser feita a partir do conhecimento da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>).

Segundo a definição de Doorenbos e Pruitt (1977), a ET<sub>o</sub> é aquela que ocorre em uma extensa área de grama com altura de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo. Ainda, essa faixa deve cobrir o solo em sua totalidade e não deve haver déficit de água. Essa definição é congruente com a definição de evapotranspiração potencial postulada por Thornthwaite (1946) e por Penman (1948). Já de acordo com Smith (1991), a ET<sub>o</sub> pode ser definida como a evapotranspiração que ocorre de uma cultura hipotética, com altura fixa de 0,12 m, albedo igual a 0,23, e resistência da cobertura ao transporte de vapor d'água igual a 69 s.m<sup>-1</sup>, que representaria a evapotranspiração de um gramado verde, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo e sem falta de água.

De acordo com Carvalho et al. (2011) existem diferentes métodos que foram desenvolvidos para estimativa da ET<sub>o</sub>, em razão de três importantes situações: adequação do método às condições climáticas da região, simplicidade de uso e limitação de elementos meteorológicos ou climáticos que alimentam estes métodos. Dessa forma, os métodos de estimativas da ET<sub>o</sub> apresentam acurácia variável no seu comportamento de acordo com a região estudada, visto que os mesmos utilizam características climatológicas em seus cálculos (Aparecido et al., 2020; Santana et al., 2020; De França et al., 2021).

O Método de Thornthwaite (1948) foi um dos primeiros métodos desenvolvidos exclusivamente para se estimar a evapotranspiração potencial mensal é baseado num conjunto de equações elaboradas a partir de balanços hídricos em bacias hidrográficas e em medidas realizadas em lisímetros. O método utiliza somente a temperatura do ar como variável condicionante do processo de evapotranspiração, sendo por isso muito criticada (Pereira & Camargo, 1989). No entanto, segundo os mesmos autores ela funciona muito bem desde que sejam asseguradas as condições de contorno para a ETP, ou seja, extensa área gramada e sem restrição hídrica, funcionando, assim, muito bem em regiões de clima úmido e em meses

chuvosos, onde tais condições são satisfeitas. Camargo (1961; 1962) substituiu no método de Thornthwaite o complexo índice "I" por um índice "T", cujo valor corresponde à temperatura média anual da região. Posteriormente, Camargo (1978) preparou uma tabela simples para obter o valor de ETp diário, não corrigido pela latitude, com base no índice "T", o qual facilitou grandemente a estimativa da ETp, segundo Thornthwaite. (Camargo & Camargo, 2000).

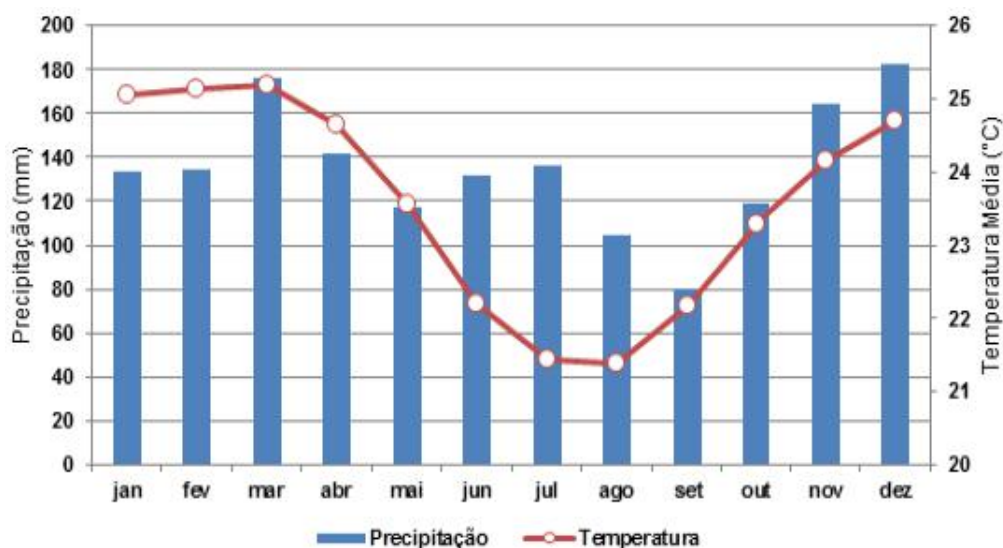
O método de Priestley-Taylor se baseia no método original de Penman e considera que a ETo proveniente do termo aerodinâmico, ou seja, do poder evaporante do ar, é uma porcentagem da ETo condicionada pelo termo energético. Assim, mesmo levando em consideração o balanço de energia, esse método apresenta um componente empírico (Pereira et al., 2007).

O método de Penman-Monteith é o próprio método de Penman (1948), porém com modificações apresentadas por Monteith (1965), teoria da "big leaf", sendo assim denominado Penman-Monteith. Essas modificações incluem na formulação proposta por Penman a resistência do dossel à difusão do vapor d'água. Esse método é recomendado pela FAO como padrão de estimativa da ETo (Allen et al., 1994). Carvalho et al. (2011) afirmam que devido à diversidade destes métodos, em razão da grande variabilidade dos parâmetros que influenciam o fenômeno é comum haver estudos que comparam diferentes métodos para avaliar aquele que tem maior aplicabilidade ao local de estudo (Santana et al., 2020; Aparecido et al., 2020; Da Silva et al., 2022). Assim, este trabalho tem como objetivo determinar a evapotranspiração de referência pela estimativa da evapotranspiração através dos métodos de Thornthwaite, Camargo e Priestley & Taylor, tomando como medida padrão a equação de Penman-Monteith (FAO-56) e, a partir dos resultados obtidos definir os métodos que apresentam um melhor desempenho para aplicação na região de Ilhéus/BA sendo esta informação de grande importância para o manejo da irrigação.

## 2. Metodologia

Segundo classificação climática de Köppen, o clima de Ilhéus/BA, (39°13'59" WO; 14°45'15" S) é do tipo Af (Clima tropical úmido ou superúmido), com temperaturas médias anuais variando de 22 a 25°C sendo maiores e com menor amplitude térmica na faixa costeira (Faria Filho e Araújo, 2003). Para o período de 1985 a 2014, os valores médios de temperatura média e precipitação total foram de 23,6°C e 1637,7mm (Santana et al., 2016). Pela Figura 1 se verifica que os maiores valores de temperatura ocorreram nos meses de março e dezembro, com queda significativa nas temperaturas entre os meses de maio a outubro.

**Figura 1** - Precipitação e temperatura média mensal do Cepec/Ceplac, Ilhéus, Bahia, de 1985 a 2014.



Fonte: Santa et al. (2016).

Para a realização dos cálculos foram obtidos dados do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes aos meses dos anos de 2017 e 2018, visto que para os anos posteriores há escassez de informações em alguns meses. Para o método de Thornthwaite foram utilizados dados de uma série histórica 30 anos (1988 a 2018) para o cálculo do índice de calor da região.

Os métodos utilizados para os cálculos de evapotranspiração de referência foram os seguintes: Thornthwaite, Camargo, Priestley-Taylor, tomando como medida padrão a equação de Penman-Monteith (FAO-56).

I) Thornthwaite:

$$ETP = 16 \left( 10 \frac{T_n}{I} \right)^{\alpha}$$

Em que:

$T_n$  = Temperatura média do mês  $n$ , em °C ( $n = 1$  é janeiro,  $n = 2$  é fevereiro, etc.);

$I$  e  $\alpha$  = Índice de calor da região.

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2 \cdot T_n)^{1,514}$$

$$\alpha = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,75 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239$$

II) Camargo:

$$ETP = 0,01 \cdot Q_0 \cdot T \cdot ND$$

Em que:

$Q_0$  = Irradiância Solar Global Extraterrestre;

$T$  = Temperatura média do ar, em °C;

III) Priestley & Taylor:

$$ETC = 1,26 \cdot W \cdot (R_n - G)$$

Em que:

$W$  = Fator de ponderação o dependente da temperatura e do coeficiente psicrométrico;

$R_n$  = Saldo de radiação à superfície (mm dia-1);

$G$  = Fluxo de calor no solo (mm dia-1).

$$W = ,0483 + 0,01 \cdot T \quad (16,1 \text{ °C} < T < 32 \text{ °C})$$

Penman-Monteith (FAO-56):

$$ET_o = \frac{0,408(R_n - G) + y \frac{900}{T + 273} \mu_2 (e_s - e_a)}{\Delta + y + (1 + 0,34\mu_2)}$$

Em que:

Rn = Saldo de radiação à superfície (MJ m<sup>-2</sup> mes<sup>-1</sup>);  
G = Fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> mes<sup>-1</sup>);  
y = Constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>);  
T = Temperatura média mensal (°C);  
μ<sub>2</sub> = Velocidade do vento 2m acima da superfície do solo (m s<sup>-1</sup>);  
es = Pressão de saturação de vapor (KPa);  
ea = Pressão real de vapor (KPa);  
Δ = Inclinação da curva de vapor de saturação (kPa °C<sup>-1</sup>).

Os valores de evapotranspiração estimados pelos diferentes modelos foram confrontados com os valores estimados pelo método de Penman-Monteith (FAO-56), por meio de índices estatísticos, índice de concordância de Wilmott (Wilmott et al. 1985), coeficiente de correlação de Pearson e o índice de confiança de Camargo e Sentelhas (1997).

### 3. Resultados e Discussão

No ano de 2017, a temperatura mínima foi de 21,5°C (em agosto) e a máxima de 25,9°C (janeiro). Resultado semelhante ocorreu para o ano de 2018, com mínima de 21,4°C (agosto) e máxima de 25,9°C (fevereiro e março), conforme se observa na Tabela 1. Em relação a precipitação, os totais anuais foram de 1756 e 1626 mm, para os anos de 2017 e 2018, respectivamente.

**Tabela 1** - Valores de temperatura máxima (°C) e mínima (°C) para os meses dos anos de 2017 e 2018.

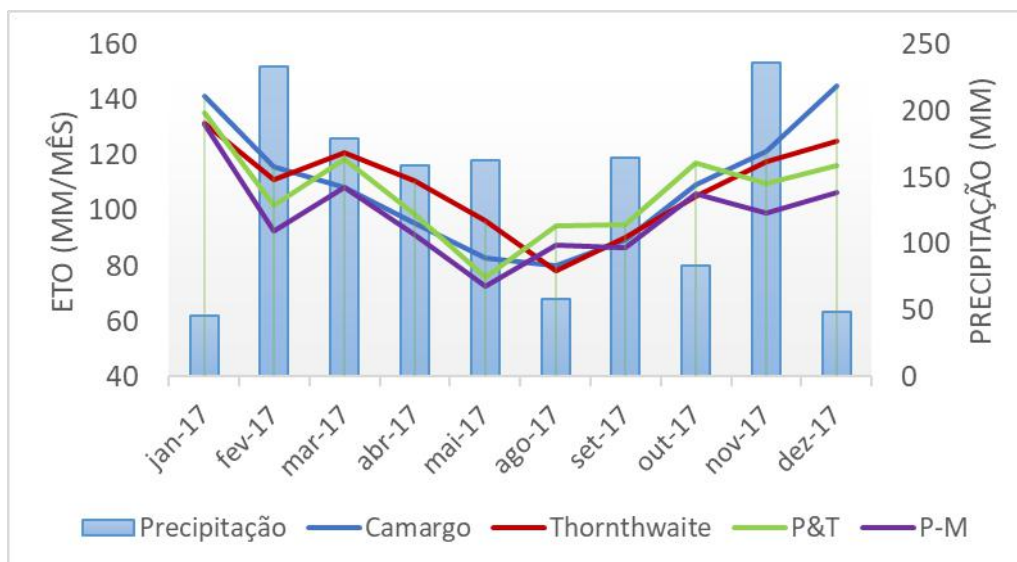
Mês/Ano	TEMP.	
	MÁX.(°C)	TEMP. MÍN. (°C)
jan-17	25,87	24,71
fev-17	25,29	24,29
mar-17	25,42	24,45
abr-17	25,18	24,27
mai-17	23,90	22,98
ago-17	21,51	20,49
set-17	21,95	20,98
out-17	23,54	22,52
nov-17	24,52	23,57
dez-17	25,39	24,46
jan-18	25,66	24,62
fev-18	25,85	24,86
mar-18	25,94	24,94
abr-18	24,46	23,52
mai-18	23,79	22,87
jun-18	22,69	21,75
jul-18	21,88	20,89
ago-18	22,39	21,41
set-18	23,00	22,00
out-18	24,31	23,35
nov-18	24,71	23,77
dez-18	25,55	24,54

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2021).

A Figura 2 apresenta o resultado dos valores de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) obtidos através dos métodos avaliados e a precipitação total mensal para o ano de 2017. Pode-se observar que o método de Camargo apresentou os maiores

valores de ETo nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, meses mais quentes em Ilhéus, onde as temperaturas variaram de 24°C a 25,4°C. No mês de agosto, com menores valores de temperatura (21°C) e precipitação (58 mm) em relação aos demais meses do ano, os valores de evapotranspiração tenderam a se aproximar em todos os métodos.

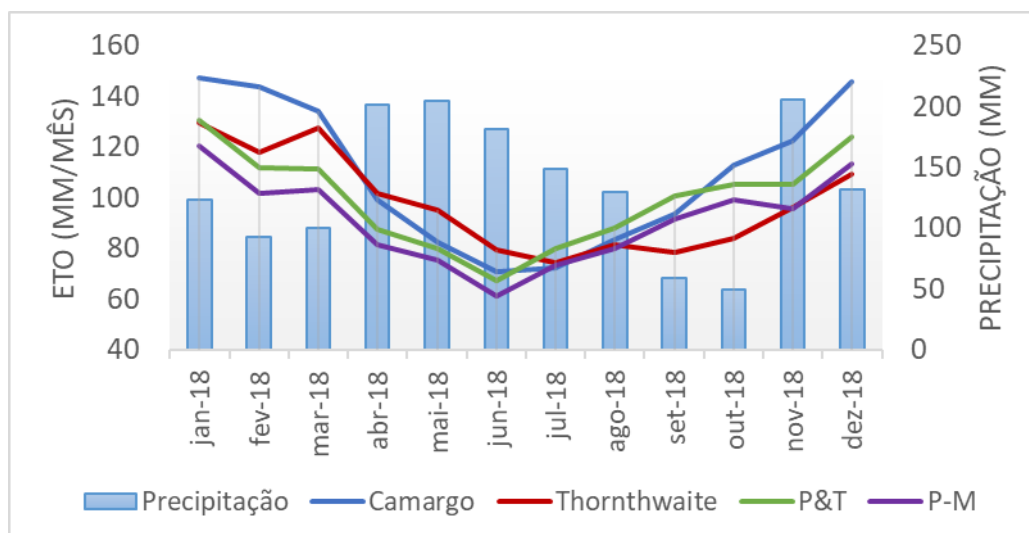
**Figura 2** - Estimativas de evapotranspiração utilizando os métodos de Camargo, Thornthwaite, Priestley & Taylor e Penman-Monteith (FAO-56) no município de Ilhéus-BaA no ano de 2017.



Fonte: Autores (2021).

Em 2018, o comportamento dos valores de ETo foram semelhantes ao ano de 2017, com maiores valor de evapotranspiração registrados nos meses mais quentes (janeiro, fevereiro, novembro e dezembro) calculados pelo método de Camargo e em julho e agosto foram obtidos os menores valores de evapotranspiração, estando bem próximos em todos os métodos calculados. O modelo cujos valores de ETo ficaram mais próximos aos obtidos por PMFAO, durante todos os meses do ano foi o de Priestley & Taylor (Figuras 2 e 3).

**Figura 3** - Estimativas de evapotranspiração utilizando os métodos de Camargo, Thornthwaite, Priestley & Taylor e Penman-Monteith (FAO-56) no município de Ilhéus-Ba no ano de 2018.



Fonte: Autores (2021).

A classificação do desempenho dos métodos baseou-se no indicador estatístico *c*, por ser um índice mais rigoroso uma vez que este coeficiente é obtido pelo produto do coeficiente de correlação (*r*) e o índice de Willmott (*d*) e interpretado pelos referidos autores como: "ótimo" ( $c > 0,85$ ); "muito bom" ( $c$  entre 0,76 e 0,85); "bom" ( $c$  entre 0,66 e 0,75); "mediano" ( $c$  entre 0,61 e 0,65), "sofrível" ( $c$  entre 0,51 e 0,60), "mau" ( $c$  entre 0,41 e 0,50) e "péssimo" ( $c < 0,40$ ). Os demais indicadores servem apenas para dar suporte à classificação. A Tabela 2 mostra os valores do coeficiente de correlação de Pearson (*r*), índice de concordância de Willmott (*d*) e índice de confiança (*c*), obtidos pelos métodos de estimativa da ETo avaliados.

**Tabela 2** - Coeficiente de correlação de Pearson (*r*), índice de concordância de Willmott (*d*) e índice de confiança ou desempenho (*c*), obtidos pelos métodos de estimativa da ETo avaliados comparados com o método de Penman-Monteith (FAO-56) para Ilhéus-BA, anos de 2017 e 2018.

Métodos	<i>r</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	Índice de confiança
Thornthwaite	0,761	0,816	0,621	Mediano
Priestley & Taylor	0,994	0,944	0,937	Ótimo
Camargo	0,870	0,787	0,685	Bom

Fonte: Autores (2021).

De acordo com Pereira et al. (2009), a análise estatística do desempenho de métodos mais simples em relação ao método de Penman-Monteith-FAO consiste em um estudo relevante para aplicação mais precisa ao manejo de irrigação, à simulação hidrológica e à análise climática de uma determinada região. Dentro dos índices estatísticos utilizados, observa-se os índices de correlação de Pearson (*r*) foram altos, indicando uma forte relação linear entre os valores de evapotranspiração de referência para cada método em relação ao método PMFAO. O método de Thornthwaite foi o que teve menor índice de confiança, sendo classificado como "mediano" (0,621), o método proposto Camargo foi considerado "Bom" (0,685), já o método de Priestley & Taylor obteve desempenho "Ótimo" (0,937) de acordo com o índice de confiança proposto por Camargo e Sentelhas (1997) utilizando o método de Penman-Monteith (FAO-56) como referência.

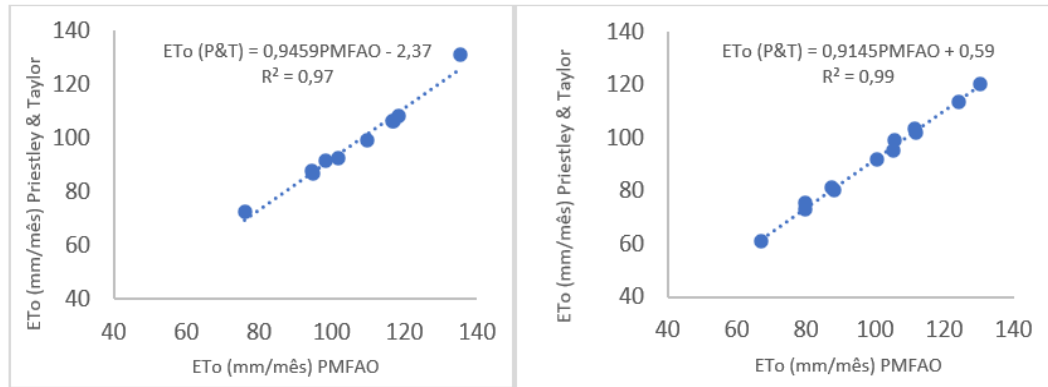
Para o método de Priestley & Taylor, a correlação foi próxima de 1,0, com uma grande relação com o método de PMFAO. Resultados similares foram encontrados por Santana et al. (2020), que obtiveram os maiores coeficientes de correlação para o método de Priestley & Taylor dentre os métodos utilizados na estimativa da ETo para Uberaba/MG. Ainda segundo os autores, esse foi o método que apresentou menor diferença na superestimativa da ETo quando comparado ao método PMFAO.

Embora os métodos de Camargo e Thornthwaite tenham apresentado classificações distintas quanto aos seus índices de confiança, seus valores de coeficiente de correlação de Pearson e índice de concordância foram numericamente próximos. Esses resultados foram condizentes com os encontrados por Conceição e Mandelli (2005), que verificaram similaridade entre esses métodos de estimativa da ETo para a região de São Bento Gonçalves no Estado do Rio Grande do Sul. Camargo (1961; 1962) substituiu no nomograma de Thornthwaite o complexo índice de calor da região (*I*) por um índice "T", e esse valor refere-se à temperatura média anual da região. Esse novo índice funcionou de forma satisfatória para regiões de clima tropical e equatorial úmidos. Esses dois métodos foram desenvolvidos com o propósito de estimar valores mensais e, de fato, podem gerar boas estimativas para a escala mensal, mas se mostram inadequados para representar as variações diárias típicas da alternância natural de períodos seco e úmido, ensolarado e nublado ou com vento e sem vento (Monteiro et al., 2017). Essa característica apresenta concordância com os resultados obtidos por Aparecido et al. (2020) que identificaram que o desempenho estatístico dos métodos de Thornthwaite e Camargo foi superior para a estimativa da evapotranspiração potencial

na escala mensal quando comparada às escalas semanal e diária, que apresentaram desempenho menor.

Foram feitas análises de regressão linear entre os métodos estudados em comparação com o método PMFAO. Na Figura 4 encontram-se os gráficos da relação linear entre os valores de ETo pelo método de Priestley & Taylor e os valores de ETo pela PMFAO, para os anos de 2017 ( $R^2 = 0,97$ ) e 2018 ( $R^2 = 0,99$ ).

**Figura 4** - Análise de regressão linear entre os valores de ETo por Priestley & Taylor e PMFAO, para os anos de 2017 e 2018.

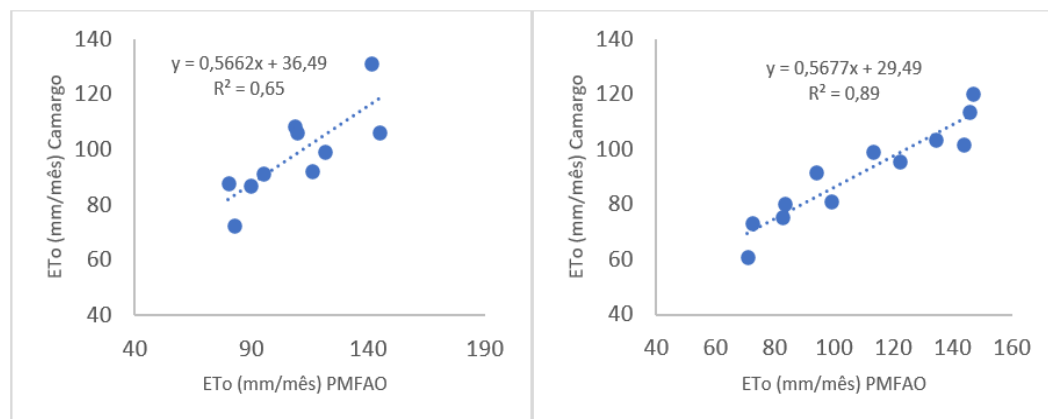


Fonte: Autores (2021).

Tagliaferri et al. (2012) avaliaram o desempenho de equações empíricas utilizadas na estimativa da ETo para as condições climáticas dos municípios de Anagé, Piatã e Ilhéus, no Estado da Bahia, sendo utilizadas variáveis climáticas referentes aos anos de 2006 e 2007. A análise dos resultados obtidos para a localidade de Ilhéus mostrou que os métodos de Blaney-Criddle, Priestley-Taylor e Turc apresentaram desempenho considerado “Muito Bom” e, que o método Priestley-Taylor superestimou a ETo em relação ao método padrão. Embora o método Priestley-Taylor apresente os maiores valores de coeficiente de determinação (Figura 4), a superestimativa vista por Tagliaferri et al. (2012) também pode ser percebida nas Figuras 2 e 3, uma vez que esse método superou o PMFAO em todos os meses para os anos de 2017 e 2018.

Para o método de Camargo, o coeficiente de correlação foi de 0,87, mostrando uma boa correlação com o método PMFAO e com um coeficiente de determinação  $R^2 = 0,65$  e  $R^2 = 0,89$ , para os anos de 2017 e 2018, respectivamente (Figura 5).

**Figura 5** - Análise de regressão linear entre os valores de ETo por Camargo e PMFAO, para os anos de 2017 e 2018.



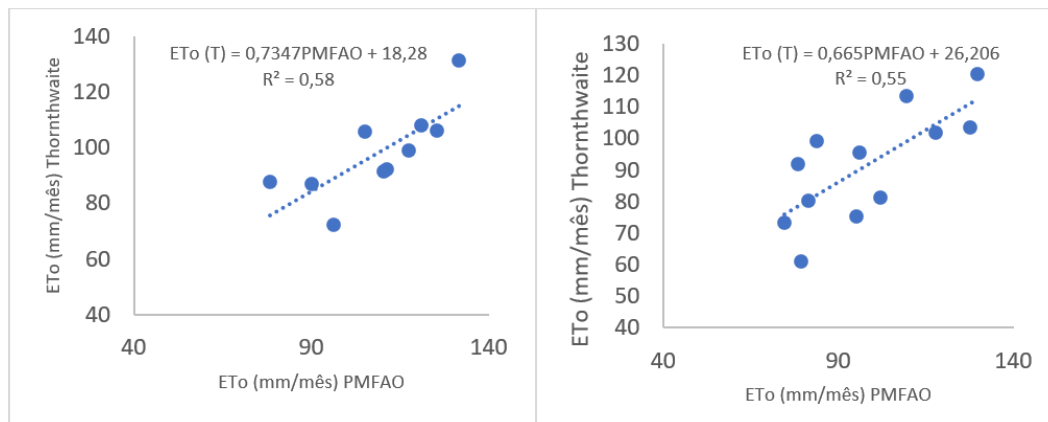
Fonte: Autores (2021).

O menor índice de correlação ( $r = 0,761$ ) foi obtido para o método de Thornthwaite, assim como os menores



coeficientes de determinação, para os anos de 2017 ( $R^2 = 0,58$ ) e 2018 ( $R^2 = 0,55$ ) (Figura 6).

**Figura 6** - Análise de regressão linear entre os valores de ETo por Thornthwaite e PMFAO, para os anos de 2017 e 2018.



Fonte: Autores (2021).

O modelo de Thornthwaite funciona adequadamente em regiões de clima úmido, independentemente da latitude e altitude (Camargo & Camargo, 2000). Apesar deste método ter sido desenvolvido para estimativas da ETo em ambientes de clima tropical e equatorial úmido foi o que apresentou a menor correlação com o método da FAO-56 e isso pode estar relacionado ao fato de que Thornthwaite utiliza apenas a temperatura do ar como variável climatológica para os cálculos de evapotranspiração. Os baixos coeficientes de determinação dos métodos de Camargo e Thornthwaite (Figuras 5 e 6) corroboram com resultados de Ongaratto e Bortolin (2021) que encontraram os piores desempenhos estatísticos para esses dois métodos dentre os estudados.

Em contrapartida, os valores encontrados a partir da metodologia de Priestley & Taylor, que foi desenvolvida para climas semiáridos, mantiveram-se muito próximos aos que foram obtidos utilizando Penman-Monteith (FAO-56).

#### 4. Conclusão

O método Priestley-Taylor superestimou os valores de ETo obtidos pelo método PMFAO para todos os meses dos anos de 2017 e 2018, entretanto, apresentou o maior desempenho estatístico em comparação aos estudado neste trabalho, podendo, portanto, ser considerada como uma alternativa ao método padrão de Penman-Monteith (FAO-56) para a região de Ilhéus-BA na ausência de todos os dados meteorológicos necessários para a aplicação deste modelo.

O método de Thornthwaite, embora tenha sido desenvolvido para estimativas da ETo em ambientes de clima tropical e equatorial úmido não apresentou boa correlação com o método da FAO-56, isso pode estar relacionado ao fato de que Thornthwaite utiliza apenas a temperatura do ar como variável climatológica.

Os métodos de Thornthwaite e Camargo apresentaram os menores desempenhos estatísticos para o município de Ilhéus nos anos em estudo, portanto, devem ser utilizados com cautela para a estimativa da evapotranspiração de referência para essas condições.

Como sugestão para trabalhos futuros podem ser feitas essas análises com uma base de dados mais recente para o município de Ilhéus/BA, se essas informações estiverem disponíveis. De posse de dados mais recentes a evapotranspiração de referência também pode ser estimada por métodos que não foram abordados neste trabalho e avaliar a sua aptidão de uso para as condições de Ilhéus/BA.

## Agradecimentos

Agradecimentos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de estudos e a Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC.

## Referências

- Allen, R. G. A., Tasumi, M., & Trezza, R. (2007). Penman-Monteith: a response to the critique by Feddes et al. *Irrigation science*, 25(4), 355-361.
- 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.
- Aparecido, L. E. D. O., Meneses, K. C. D., Torsoni, G. B., Moraes, J. R. D. S. C. D., & Mesquita, D. Z. (2020). Acurácia de modelos de evapotranspiração potencial em diferentes escalas de tempo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35, 63-80.
- Beruski, G. C., & Nepomuceno, Y. C. (2020). Estimativa da evapotranspiração potencial sob distintas condições de referências para determinação do consumo hídrico da soja e milho. *Revista Brasileira de Climatologia*, 27, 864-882. Recuperado de <http://www.revistas.usp.br/rbc/article/view/164775>.
- Camargo, A. (1962). Contribution to the evaluation of the potential evapotranspiration at the state of São Paulo. *Bragantia*, 21, 163-213.
- Camargo, A. P. (1961). *Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo*. (Doctoral dissertation, ESALQ/USP). Piracicaba.
- Camargo, A. P. (1978). Balanço hídrico no Estado de São Paulo (4th ed.). Boletim, 116. Instituto Agrônômico.
- Camargo, A. P., & Camargo, M. B. P. (2000). Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia*, 59(2), 125-137. 10.1590/S0006-8705200000200002.
- Camargo, A. P., & Sentelhas, P. C. (1997). Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 5(1), 89-97.
- Carvalho, L. G. D., Rios, G. F. A., Miranda, W. L., & Castro Neto, P. (2011). Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41, 456-465.
- Conceição, M. A. F., & Mandelli, F. (2005). Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 13(2), 303-307.
- da Silva, M. B. P., de Souza, V. C., Cremasco, C. P., Calça, M. V. C., dos Santos, C. M., Cremasco, C. P., & Escobedo, J. F. (2022). Estimativa da evapotranspiração de referência do Planalto Paulista por meio de regressões múltiplas com dados ausentes estimados via análise de componentes principais. *Research, Society and Development*, 11(8), e43211831120-e43211831120.
- das Neves, E., de Almeida Gutierrez, M. I., da Silva, P. F., & Santos, T. M. (2022). Determinação da demanda hídrica através do uso de tanques evaporímetros. *Research, Society and Development*, 11(1), e4611124578-e4611124578. 10.33448/rsd-v11i1.24578.
- de Faça, M. V., de Medeiros, R. M., de Holanda, R. M., Saboya, L. M. F., Neto, F. C. R., & de Araújo, W. R. (2021). Análise da estimativa da evapotranspiração por diferentes modelos para Amparo de São Francisco–Sergipe. *Research, Society and Development*, 10(13), e514101321505-e514101321505.
- Dias, T. L., Vicente, M. R., dos Santos, R. M., Lima, V. O. B., & Nunes, S. M. V. (2022). Estimativa de consumo hídrico do eucalipto através de imagens de sensores orbitais. *Research, Society and Development*, 11(7), e48011730362-e48011730362. 10.33448/rsd-v11i7.30362.
- Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1977). Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, 24.
- Faria Filho, F., & Reis de Araujo, Q. (2003). Zoneamento do meio físico do município de Ilhéus, Bahia Brasil, Utilizando a técnica de geoprocessamento (No. 31684 caja (399)). CEPLAC.
- Instituto Nacional de Meteorologia (2021). INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Recuperado de <https://portal.inmet.gov.br/>.
- José de Santana, M., Hordones Chaves, H., Ferreira de Oliveira, M. E., Teixeira Fernandes, A. L., Alves Calzado, M., & Neves Ferreira, M. (2020). Estimativa da evapotranspiração e dos coeficientes de cultivo da cultura da beterraba. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, 14(4), 1-10.
- 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), 227-236.
- Ongaratto, J. M., & Bortolin, T. A. (2021). Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência no município de São José dos Ausentes (RS), Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 26, 979-987. 10.1590/s1413-41522021212584.
- Penman, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London. Series A. *Mathematical and Physical Sciences*, 193(1032), 120-145.
- Pereira, A. R., & De Camargo, A. P. (1989). An analysis of the criticism of Thornthwaite's equation for estimating potential evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology*, 46(1-2), 149-157.
- Pereira, A. R., Villa Nova, N. A., Sedyama, G. C., & Silva, M. G. (1997). Evapo(transpi)ração. FEALQ: Piracicaba, 183p.

- Pereira, D. D. R., Yanagi, S. D. N. M., Mello, C. R. D., Silva, A. M. D., & Silva, L. A. D. (2009). Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. *Ciência Rural*, 39, 2488-2493.
- Pereira, D. dos R., Yanagi, S. de N. M., Mello, C. R. de, Silva, A. M. da, & Silv, L. A. da. (2009). Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. *Ciência Rural*, 39(9), 2488-2493.
- Santana, M. J., Hordones Chaves, H., Ferreira de Oliveira, M. E., Teixeira Fernandes, A. L., Alves Calzado, M., & Neves Ferreira, M. (2020). Estimativa da evapotranspiração e dos coeficientes de cultivo da cultura da beterraba. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, 14(4).
- Santana, S. O., Silva, J. M. L., Costa, E. L., Souza, J. A., & Oliveira, L. C. (2016). Levantamento detalhado de solos do CEPEC (CEPLAC), Ilhéus, Bahia, Brasil (No. 207, Boletim Técnico, 58p). Ilhéus: CEPLAC/CEPEC.
- Sentelhas, P. C., Gillespie, T. J., Santos, E. A., & Vieira, S. R. (2000). Variação sazonal do parâmetro de Priestley-Taylor para estimativa diária da evapotranspiração de referência. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 8(1), 49-53.
- Smith, M. (1991). Report on the expert consultation of procedures for revision of FAO Guidelines for prediction of crops water requirements (45 p.). Rome, IT: FAO.
- Tagliaferri, C., Silva, J. P., Depaila, A., Guimarães, D. U. G., & Barroso, N. I. S. (2012). Estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades do estado da Bahia. *Revista Caatinga*, 25(2), 136-143.
- Thornthwaite, C. W. (1946). The moisture factor in climate. *Transactions of the American Geographical Union*, 27, 41-48.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1), 55-94.
- Viswanadham, Y., da Rocha, H. R., & Hutyrá, L. R. (1991). The Priestley-Taylor parameter for the Amazon Forest. *Forest Ecology and Management*, 38(3-4), 211-225.
- Willmott, C. J., Ackleson, S. G., Davis, R. E., Feddema, J. J., Klink, K. M., Legates, D. R., ... & Rowe, C. M. (1985). Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 90(C5), 8995-9005.
- Willmott, C. J., Matsuura, K., & Legates, D. R. (1985). Statistics for evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, 90(C5), 8995-9005.