

Estimativas da evapotranspiração de referência por equações empíricas para o município de Nossa Senhora da Glória – SE

Reference evapotranspiration estimates by empirical equations for the municipality of Nossa Senhora da Glória – SE

Rafael Barros Santos¹; Bruno Silva Santos²; Rayanne Thalita de Almeida Souza³; Thiago Limoeiro Ricarte⁴; José Jairo Florentino Cordeiro Júnior⁵

¹ Universidade Federal de Sergipe/UFS, Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Nossa Senhora da Glória/SE, Brasil. Email: rafaelbarrosn9@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8940-2409>

² Universidade Federal de Sergipe/UFS, Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Nossa Senhora da Glória/SE, Brasil. Email: eng.agrobrunosantos@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3333-8679>

³ Escola Técnica Estadual Governador Eduardo Campos, São Bento do Una/PE, Brasil. Email: raynnethalita@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8112-0423>

⁴ Universidade Federal de Sergipe/UFS, Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Nossa Senhora da Glória/SE, Brasil. Email: ricarteufs@academico.ufs.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4390-2755>

⁵ Universidade Federal de Sergipe/UFS, Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Nossa Senhora da Glória/SE, Brasil. Email: jairofcordeiro@academico.ufs.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1138-8309>

Resumo: O estudo da evapotranspiração é de fundamental importância na correta utilização dos recursos hídricos, para o gerenciamento de forma sustentável. Com isso, objetivou-se com esse trabalho avaliar, comparar e recomendar um ou mais métodos de estimativa de evapotranspiração com menor número de variáveis meteorológicas para a região de Nossa Senhora da Glória, Sergipe. Os dados de janeiro de 2018 a dezembro 2019, foram obtidos da estação meteorológica localizada na unidade experimental da Embrapa, campus Nossa Senhora da Glória. Foram aplicados os métodos de Blaney-Criddle, Camargo, Linacre, Jensen-Haise, Hargreaves & Samani e Penman-Monteith, que é o padrão da FAO. Os valores estimados por meio destes métodos foram comparados com os obtidos do método de Penman-Monteith, sendo avaliados através dos indicadores estatísticos do índice de concordância de Willmott, coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação de Pearson (r), erro padrão de estimativa (SEE) e do índice de desempenho c . Em relação ao desempenho do índice c , os métodos foram classificados como, Blaney-Criddle (péssimo), Camargo (mau), Linacre (bom), Jensen-Haise (muito bom) e Hargreaves & Samani (muito bom). Portanto o método de Jensen-Haise foi o mais indicado para estimar evapotranspiração de referência com menor número de variáveis climáticas, na região de realização do estudo.

Palavras-chave: Indicadores estatísticos; Penman-Monteith; Recursos hídricos.

Abstract: The study of evapotranspiration is of fundamental importance for the correct use of water resources, to manage them sustainably. Thus, the objective of this work was to evaluate, compare and recommend one or more methods for estimating evapotranspiration with fewer meteorological variables for the region of Nossa Senhora da Glória, Sergipe. Data from January 2018 to December 2019 were obtained from the meteorological station located in the experimental unit of Embrapa, campus Nossa Senhora da Glória. Blaney-Criddle, Camargo, Linacre, Jensen-Haise, Hargreaves & Samani and Penman-Monteith methods were applied, which is the FAO standard. The values estimated by these methods were compared with those obtained from the Penman-Monteith method, being evaluated using the statistical indicators of the Willmott concordance index, coefficient of determination r^2 , Pearson r correlation coefficient r , standard error of estimate (SEE) and the performance index c . Regarding index c performance, the methods were classified as, Blaney-Criddle (very bad), Camargo (bad), Linacre (good), Jensen-Haise (very good) and Hargreaves & Samani (very good). Therefore, the Jensen-Haise method was the most suitable for estimating reference evapotranspiration with a smaller number of climatic variables, in the region where the study was carried out.

Keywords: Statistical indicators; Penman-Monteith; Water resources.

Recebido: 09/09/2022; Aceito: 21/11/2022; Publicado: 15/12/2022.

1. Introdução

O estudo da evapotranspiração é essencial em diversas áreas do conhecimento, fundamental para o gerenciamento de forma racional dos recursos hídricos e reduzir os custos com a produção, em especial no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe, localizada no Semiárido Brasileiro, região que é caracterizada por encarar longos períodos de escassez água. A evapotranspiração é uma grandeza que está representada no processo de perda de água do solo e das plantas, através dos fenômenos naturais: evaporação e transpiração (LOPES *et al.*, 2019).

A evapotranspiração é um componente chave no balanço hídrico, pois através desse fenômeno a água da superfície terrestre passa do estado líquido para o gasoso, assim retornando para atmosfera e interferindo no processo de precipitação (FALALAKIS e GERMITZI, 2020). Ações de degradação ambiental causadas pelo ser humano, como o desmatamento, poluição e uso inadequado dos recursos hídricos, tem influenciado diretamente na evapotranspiração (FARIDATUL *et al.*, 2020).

De acordo com Souza *et al.* (2019) o desmatamento da mata nativa proporcionou uma redução na evapotranspiração e na magnitude de chuvas no período chuvoso. Quando afetada pela precipitação, a variação da radiação solar incidente e da umidade relativa do ar em períodos de chuva proporcionam uma relação inversa entre evapotranspiração e precipitação (COLLISCHONN e TUCCI, 2014). Nota-se ainda que em 63,89% da área total da terra existe uma correlação negativa entre a poluição do ar e a precipitação pluviométrica, afetando também a evapotranspiração, pois partículas presentes na atmosfera reduzem a quantidade de radiação solar incidente no solo, que é o fator dominante da evapotranspiração, resultando ainda em menos água disponível para a agricultura (GAUTAM *et al.*, 2020).

Na literatura existem quatro tipos de evapotranspiração: potencial, real, da cultura e de referência, as quais são influenciadas por diversos elementos, os principais são: a vegetação, precipitação, temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e radiação solar (DANTAS *et al.*, 2018).

De acordo com Vicente *et al.* (2018), o termo evapotranspiração de referência é definido como a taxa de evapotranspiração de uma superfície extensiva, coberta por gramado de tamanho uniforme, com 8 a 15 centímetros de altura e em fase de crescimento ativo, em um solo com ótimas condições de umidade.

A evapotranspiração de referência é importante em virtude de estimar a demanda hídrica da atmosfera, a qual fornece também subsídio para determinação da evapotranspiração da cultura e para o dimensionamento de projetos de irrigação e adubação, diminuindo as perdas agrícolas. Para a obtenção da estimativa da evapotranspiração de referência utiliza-se métodos indiretos, como, Blaney-Criddle (1950), Linacre (1977), Jensen-Haise (1963), Camargo (1971), Hargreaves & Samani (1985), Penman-Monteih FAO.

Deste modo, a estimativa da evapotranspiração de referência é fonte fundamental para um manejo adequado dos recursos hídricos, pois possibilita a utilização dos recursos de forma racional. Diante disso, o objetivo deste trabalho consistiu em comparar e recomendar um ou mais métodos de estimativa da evapotranspiração de referência com o menor número de variáveis meteorológicas para o município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe.

2. Metodologia

A área de estudo compreende o município de Nossa Senhora da Glória (Figura 1), localizado no território do Sertão Sergipano, a uma latitude 10° 13' 06'' sul e a uma longitude 37° 25' 13'' oeste, apresenta extensão territorial de 756,5 km² com 37.324 habitantes. Esta região possui clima As, verão seco e quente, com altitude média de 241 m, temperatura média anual de 24,8°C e precipitação anual em torno de 750 mm (ALVARES *et al.*, 2013).

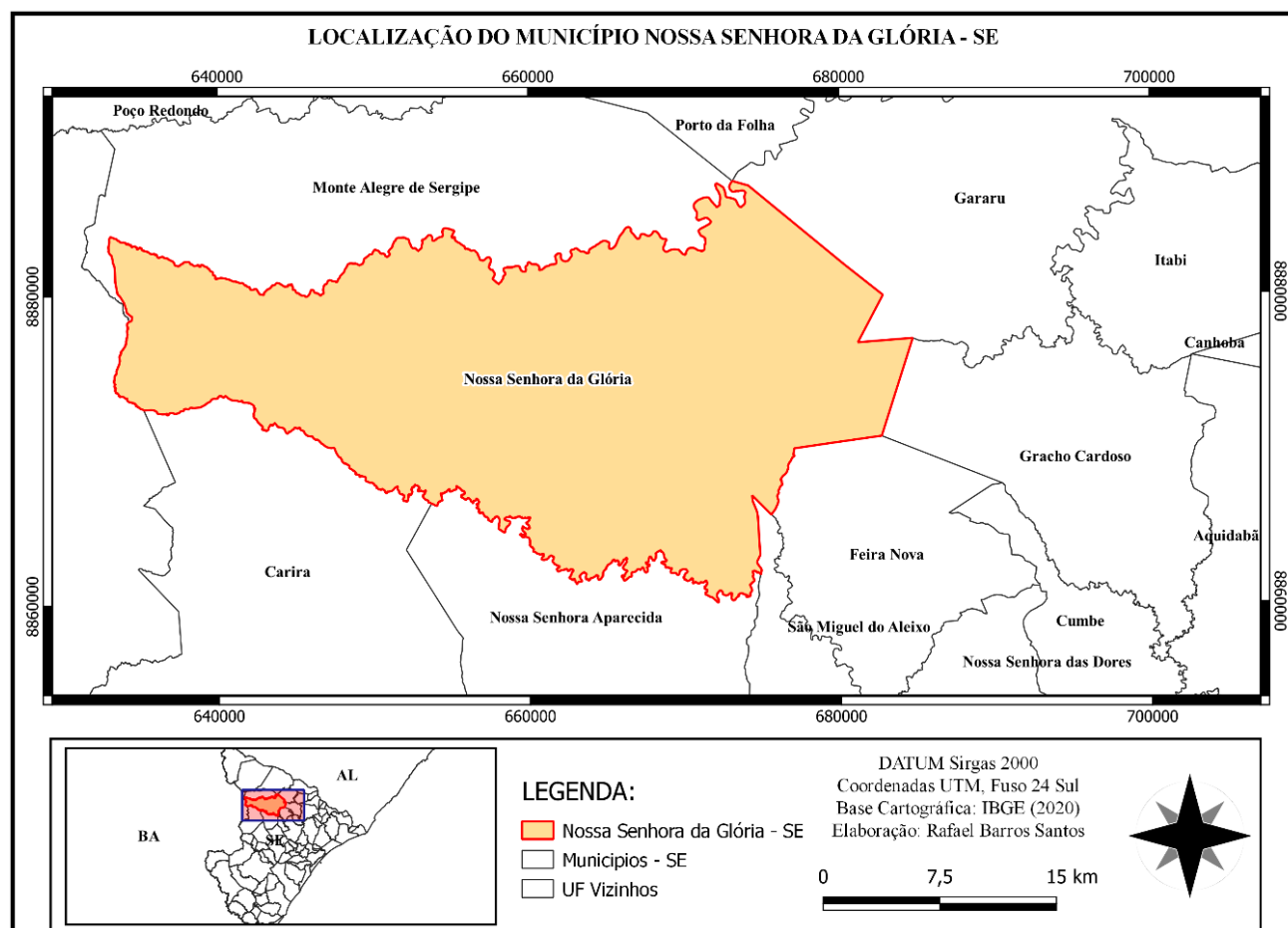


Figura 1 – Localização de Nossa Senhora da Glória.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os dados meteorológicos utilizados, do dia 12 de setembro de 2018 a 26 de março de 2019 e do período de 9 de abril de 2019 a 27 de outubro 2020, foram coletados da estação meteorológica automática localizada na unidade experimental da Embrapa, Campus Nossa Senhora da Glória, Sergipe. Foram coletados os dados meteorológicos de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), pressão atmosférica (hPa), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (m.s^{-1}), saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) e fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$).

A partir dos dados obtidos, foi possível calcular os parâmetros necessários para o processamento dos métodos empíricos e a obtenção diária da ETo, para cada modelo a ser comparado. Os modelos empíricos calculados para obtenção da ETo serão listados na sequência:

Método de Camargo (1971) facilita a estimativa da ETo, visto que não se tem a necessidade de se conhecer a temperatura média anual (normal climatológica). Sendo utilizada equação 1, para obter a estimativa da ETo.

$$ET_p = 0,01 * Q_o * T_a * ND \quad (1)$$

em que: Q_o é a irradiação solar global extraterrestre (mm dia^{-1}); T_a é a temperatura do ar no período considerado; ND é o número de dias do período considerado.

Método de Linacre é simples e foi baseado em uma simplificação da metodologia de Penman-Monteith (Equação 2).

$$ET_o = \frac{\frac{500(T_{med} + 0,006H)}{100 - \phi} + 15(T_{med} - T_d)}{80 - T_{med}} \quad (2)$$

em que: T é a temperatura do ar (°C); φ é a latitude (Graus); H é a altitude (m); T_d é a temperatura do ponto de orvalho (°C).

Método de Jensen-Haise (1963) desenvolvido para utilização em regiões áridas e semi-áridas (Equação 3).

$$ET_o = R_s * (0,025 * T_{med} + 0,078) \quad (3)$$

em que: R_s – é a radiação solar (mm dia⁻¹); T_{med} é a temperatura média do ar.

Método de Blaney-Criddle (1950) foi desenvolvido para regiões oeste dos Estados Unidos, uma região semi-árida dos estados de novo México e Texas (Equação 4).

$$ET_{oBC} = c_p * (0,46 * T_{med} + 8,13) \quad (4)$$

em que: c é o coeficiente de ajuste; P é a porcentagem do total de fotoperíodo médio mensal (°C); e T_{med} é a temperatura média do ar (°C).

Método de Hargreaves & Samani (1985) é o método de maior simplicidade de estimativa da E_{to} (Equação 5).

$$Eto = 0,0023 * Q_o * (T_{max} - T_{min})^{0,5} (T_{med} + 17,8) \quad (5)$$

em que: Q_o é a irradiância solar extraterrestre (mm dia⁻¹); T_{max} é a temperatura máxima do ar (°C); T_{min} é a temperatura mínima do ar (°C); e t_{med} a temperatura média do ar (°C).

Método de Penman-Monteith FAO (1998) é o método padrão, um dos mais utilizados (Equação 6).

$$ET_o = \frac{0,408 s (R_n - G) + \frac{900 y U_2 (e_s - e_a)}{(T_{med} + 273)}}{(s + y)(1 + 0,34 U_2)} \quad (6)$$

em que: R_n é a radiação líquida total diária (MJ m².d⁻¹); G é o fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹); y = 0,063 kPa °C⁻¹ é a constante psicrométrica; T é a temperatura média do ar (°C); U₂ é a velocidade do vento a 2m (m s⁻¹), sendo cerca de 75% do valor da velocidade do vento a 2m (m s⁻¹), sendo cerca de 75% do valor da velocidade medida a 10m de altura em posto meteorológico; e_s é a pressão de saturação de vapor (kPa); e_a é a pressão parcial de vapor (kPa); e s é a declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar, em kPa °C⁻¹, sendo dado por:

$$s = \frac{4098 \times e_s}{(T + 237,3)^2} \quad (7)$$

$$e_s = 0,6108 \times (10)^{\left(\frac{7,5T}{237,3+T}\right)} \quad (8)$$

$$e_a = \frac{(e_s \times UR)}{100} \quad (9)$$

Os valores de E_{to} estimados para cada um dos cinco métodos foram comparados com os valores obtidos do método de Penman-Monteith, que o padrão da FAO, por meio dos indicadores estatísticos: coeficiente de determinação r², coeficiente de correlação de Pearson; erro padrão de estimativa (SEE); índice de concordância de Willmott (Willmott et al. 1985) e o índice de desempenho c, proposto por Sentelhas e Camargo (1997). A dispersão dos dados ao redor da reta de regressão será medida pelo erro padrão da estimativa, dado pela equação 10 a seguir:

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum (E_i - O_i)^2}{n-1}} \quad (10)$$

em que: E_i e O_i são os valores estimados pelos métodos (mm dia⁻¹); n é o número de observações.

O índice de Willmott (1985) permite a avaliação dos desvios entre os valores estimados pelos métodos e observado pelo método de Penman-Monteith. Varia de 0 a 1 e quanto menor o desvio, melhor o desempenho. Será calculado pela a seguir:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (11)$$

em que: P_i é o valor estimado por Penman Monteith; O_i o valor observado pelo método; e O é a média dos valores observados.

O índice c será obtido pelo produto entre o coeficiente de correlação de Pearson (r) e o índice de Willmott (d) $c=r*d$. A tabela 1 mostra os valores de “ c ” para interpretação do desempenho das estimativas de ETo.

Tabela 1 – Valores de “c” para interpretação do desempenho da estimativa.

Valor de “c”	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	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

3. Resultados e discussão

Na Figura 2 observa-se os indicadores estatísticos do coeficiente de determinação “ r^2 ” e da representação das regressões lineares da comparação entre o método padrão de Penman-Monteith da FAO com os métodos de Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves & Samani, Jensen-Haise e Linacre. Pode-se observar que o método de Blaney-Criddle apresenta o menor índice do coeficiente de determinação com o método padrão de Penman-Monteith da FAO, com valor aproximadamente de 13%, seguido do método de Camargo com 66%, como representado na Figura 4 (b) e Figura 4 (e), este desempenho do método de Camargo pode ser relacionado com utilização, apenas das variáveis meteorológicas de temperatura do ar e irradiação solar global extraterrestre. Lima et al. (2021) em estudo de estimativa da ETo com base em modelos de temperatura do ar e radiação solar na região do Maranhão no município de Estreito, o qual apresenta clima tropical com pluviosidade irregular e longos períodos de insolação, detectaram-se baixo ajuste do método de Camargo com o de Penman-Monteith, com valor de r^2 correspondente a 26%.

Visualiza-se na Figura 2 (c) que o método de Jensen-Haise apresentou maior associação com o método de Penman-Monteith, com r^2 em torno de 93%. Tal desempenho pode estar relacionado as condições climáticas da localidade de realização do experimento. Lopes et al. (2018) observaram resultado de r^2 em torno de 92% para o modelo de Jensen-Haise em estudo de estimativa da evapotranspiração para o município de Areia-PB, o qual possui classificação climática As, igual a de Nossa Senhora da Glória, Sergipe. Enquanto que Sales et al. (2018) em estudo de ajuste dos coeficientes das equações de estimativa da ETo, realizado no município de São Mateus no Espírito Santo, no qual verificaram-se valor de r^2 equivalente a 99%.

Além disso, verificou-se que os métodos de Hargreaves & Samani e o de Linacre, Figura 2 (a) e Figura 2 (d), apresentaram resultados semelhantes de r^2 , com valores aproximados de 78% e 80%, respectivamente. Tal resultado do método de Hargreaves & Samani assemelha-se o encontrado por Dantas et al. (2016) na região do sertão do paraibano, com valor de r^2 igual 82%.

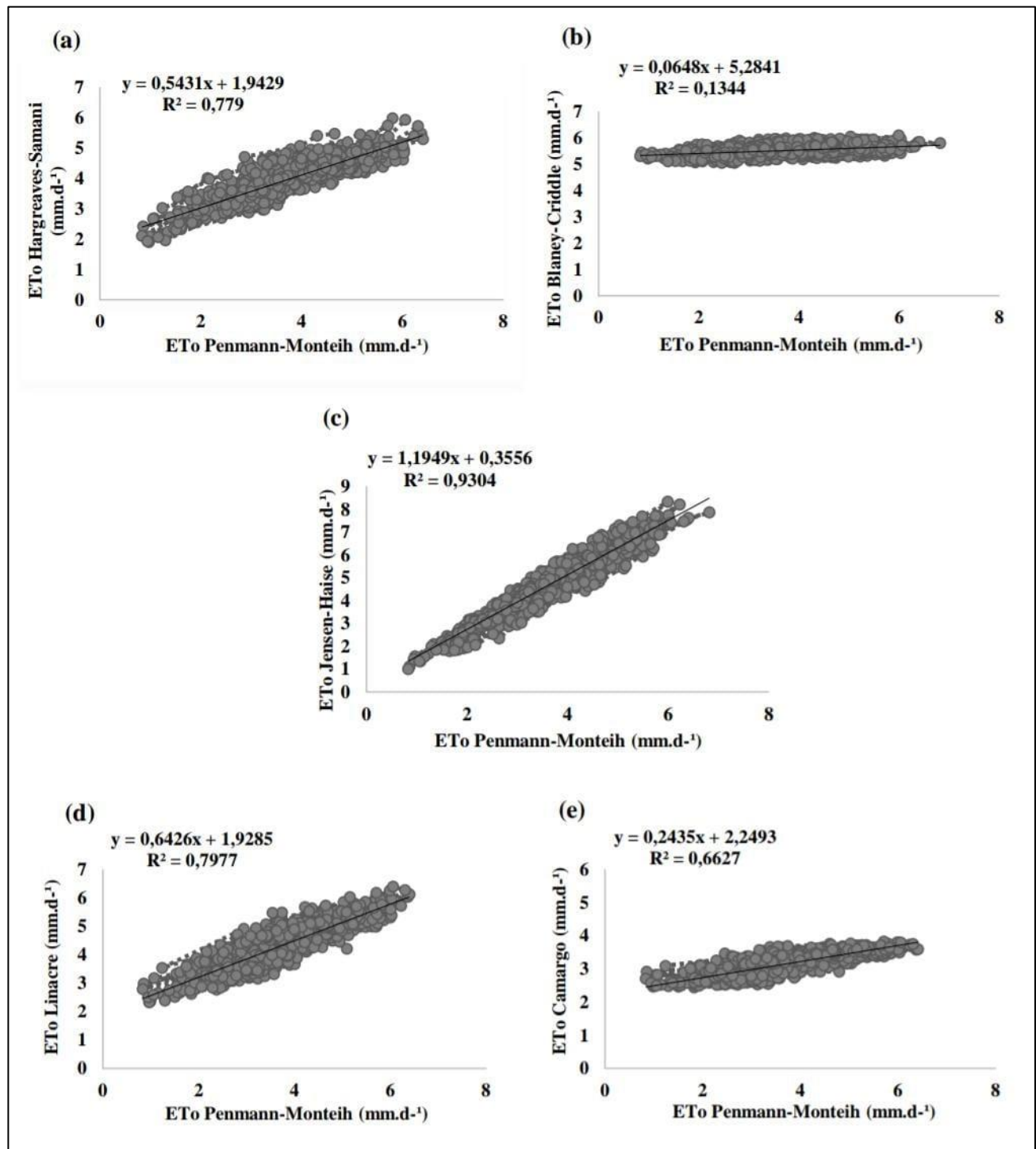


Figura 2– Representação do coeficiente de determinação “ r^2 ” e a regressão linear entre os valores diários de ETo do método padrão da FAO (eixo x) em comparação com os métodos de Hargreves & Samani (a), Blaney-Criddle (b), Jensen-Haise (c), Linacre (d), Camargo (e), no período de 12/09/2018 a 26/10/2020 e de 09/04/2019 a 27/10/2020. Fonte: Autoria própria, (2021).

Na Tabela 2 encontra-se os valores de erro padrão de estimativa (SEE), coeficiente de correlação de Pearson (r) e do índice de “c” o qual foi utilizado para classificar o desempenho dos métodos.

O método de Hargreaves & Samani apresentou o menor valor de SEE (0,48) comparado os outros métodos, seguido pelos métodos de Camargo (0,75), Linacre (0,77), Jensen-Haise (1,03), Blaney-Criddle (1,34, como representado na Tabela 2. Resultado diferente do encontrado por da Rocha et al. (2015), no qual o método Hargreaves & Samani apresentou o maior valor de SEE (1,20), relataram que esta performance pode ser associada a menor temperatura média anual da região de realização do estudo, localizado no município de Garanhuns, Pernambuco, o qual apresenta 20°C de temperatura média anual, 4,8°C a menos em comparação a Nossa Senhora da Glória, Sergipe.

Visualiza-se neste trabalho que o método de Jensen-Haise apresentou o desempenho mais preciso de coeficiente de correlação de Pearson (r) com valor igual a 0,96, resultado semelhante ao encontrado por Lima et al. (2019), que avaliando equações bioclimáticas para estimativa da ETo em Conceição do Araguaia – PA, obteve-se valor de r igual a 0,88. Estes desempenhos do método de Jensen-Haise podem ser associados ao intuito do seu desenvolvimento, que foi elaborado com a intenção de estimar a ETo em regiões áridas e semi-áridas (RIBEIRO, SIMEÃO & SANTOS, 2016; SANTANA et al., 2019).

Observa-se que os métodos de Linacre e de Hargreaves & Samani apresentaram desempenho similar entre si, com r igual a 0,89 e 0,88, respectivamente, em correlação ao modelo de Penman-Monteith FAO. Enquanto, o método de Camargo exibiu valor de r igual a 0,81, seguindo do método de Blaney-Criddle, o qual apresentou a menor eficiência de r (0,37), tal resultado é classificado como correlação fraca, esta performance encontrada pode ser explicada, devido ao método de Blaney-Criddle utilizar dados tabelados como porcentagem de insolação, podendo tornar a estimativa imprecisa e com erros (CUNHA et al., 2013).

Tabela 2 – Indicadores estatísticos de coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação de Pearson (r), erro padrão de estimativa (SEE) e do índice de desempenho (c) para interpretação do desempenho da estimativa.

Métodos	SEE	r	Valor de “c”	Desempenho
Camargo	0,75	0,81	0,44	Mau
Linacre	0,77	0,89	0,75	Bom
Jensen-Haise	1,03	0,96	0,79	Muito Bom
Blaney-Criddle	1,34	0,37	0,03	Péssimo
Hargreaves & Samani	0,48	0,88	0,76	Muito Bom

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

Os métodos de Jensen-Haise e Hargreaves & Samani apresentaram o desempenho classificado como “muito bom”, com o índice “c” igual a 0,79 e 0,76, respectivamente. Santos et al. (2017) em trabalho de comparação entre métodos de estimativa da ETo, feito no município de Petrolina, Pernambuco, observaram resultados diferentes em relação aos dois métodos citados acima, com desempenho de 0,71 e 0,60, respectivamente. Este comportamento assimétrico entre os resultados, pode ser explicado pela diferença climática entre as áreas de estudos, pois conforme Alvares et al. (2013) o clima da região de Petrolina é classificado como BSw, muito quente e com período chuvoso no verão.

O método de Linacre teve sua performance classificada como “bom” e “c” igual a 0,75, diferente do encontrado por Souza (2020) que foi classificado como “péssimo” e “c” = 0,25, tal desempenho pode ser atribuído a localidade que foi realizado o estudo, no município de Rio Branco, Acre, no qual possui um clima tropical chuvoso, diferenciando-se da região de execução do presente trabalho, a qual apresenta clima semiárido (As), verão seco e quente. Enquanto o resultado do método de Camargo avaliado como “Mau”, tal desempenho pode estar associado a simplicidade de equação, a qual utiliza apenas as variáveis meteorológicas de irradiância solar global extraterrestre média diária e a temperatura do ar para a obtenção da ETo, conferindo uma menor precisão (SANTANA et al., 2018).

Ainda na Tabela 2, pode-se observar que o método de Blaney-Criddle apresentou o pior desempenho, entre os métodos analisados, sendo classificado de modo “péssimo” e o índice “c” = 0,03. Santos et al. (2017) constataram resultados semelhantes, com desempenho “péssimo” e “c” = 0,30, esta similitude pode ser explicada devido as religiões de realizações dos estudos apresentar temperaturas estáveis, em contrapartida, Barros et al. (2018) obtiveram desempenho “bom” e “c” igual a 0,69, este desempenho pode ser explicado devido a estimativa ter sido realizada com dados do perímetro irrigado Jacaré Curitiba, localizado no baixo São Francisco.

4. Considerações finais

Para o município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe, o método de Jensen-Haise demonstrou o melhor desempenho em relação aos demais.

O método de Hargreaves-Samani se apresentou com uma boa alternativa de estimar evapotranspiração de referência na região de realização do estudo, utilizando as variáveis meteorológicas de irradiação solar extraterrestre e de temperatura mínima, máxima e média do ar.

Agradecimentos

Nosso agradecimento ao Programa Institucional de Iniciação Científica desenvolvido pela Universidade Federal de Sergipe.

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brasil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARROS, A. C.; NETTO, A. D. O. A; MEDEIROS, P. R. F. de; SILVA, T. M. M.; ALBUQUERQUE, K. A. D. Comparação entre métodos de referência em perímetro irrigado no baixo São Francisco. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, v. 11, n. 8, p. 2183-2193, 2018.
- COLLISCHONN, B.; TUCCI, C. E. M. Relações regionais entre precipitação e evapotranspiração mensais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, V. 19, n. 3, p. 205 – 214, 2014.
- CUNHA, F. F. da; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. de. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul – MS. *Revista Engenharia na Agricultura – Reveng*, v. 21, n. 2, p. 159-172, 2013.
- DANTAS, G. F.; OLIVEIRA, V. M. R.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; SANTOS, M. G.; FARIA, R. T. Desempenho de métodos na estimativa de evapotranspiração de referência para o estado da Paraíba, Brasil. *Irriga*, v. 21, n. 3, p. 481-490, 2016.
- FALALAKIS, G.; GERMITZI, A. A simple method for water balance estimation based on the empirical method and remotely sensed evapotranspiration estimates. *Journal of Hydroinformatics*, v. 22, n. 2, p. 440-451, 2020.
- FARIDATUL, M. I.; WU, B.; ZHU, X.; WANG, S. Improving remote sensing based evapotranspiration modelling in a heterogeneous urban environment. *Journal of Hydrology*, v. 581, p. 124405, 2020.
- GAUTAM, D. B.; BOLIA, N. Air pollution: impact and interventions. *Air Quality, Atmosphere & Health*, v. 13, p. 209-223, 2020.
- LIMA, E. F.; DAMASCENA, J. F.; PEREIRA, J. A.; CONCEIÇÃO, F. A. da; OLIVEIRA, P. L. de S.; DINIZ, P. O.; MORAES, W. dos S.; SILVA, C. M. da. Reference evapotranspiration estimate based on air temperature and solar radiation models for the Municipality of Estreito – MA. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 5, p. e23410514881, 2021.
- LIMA, E. F.; SANTANA, J. S.; MORAES, R. G. S.; FONSECA, B. L. A. S.; SOUSA OLIVEIRA, P. L. de.; SILVA, C. M. de. Desempenho de equações bioclimáticas para estimativa da evapotranspiração de referência em Conceição do Araguaia/PA. *Revista Sustinere*, v. 7, n. 1, p. 96-105, 2019.
- LOPES, D. M.; FREITAS, N. S. S.; ARAUJO, I. S.; NASCIMENTO, V. C.; BORGES, P. F.; ARAUJO, L. S. Estimativa da evapotranspiração de referência por diferentes métodos para o município de Areia-PB. *Anais contecc*, 2018.

-
- LOPES, D. M.; FREITAS, N. S. S.; ARAUJO, I. S.; NASCIMENTO, V. C.; BORGES, P. F.; ARAUJO, L. S. Estimativa da evapotranspiração de referência por diferentes métodos para o município de João Pessoa Paraíba. *Revista Craibeiras de Agroecologia*, v. 4, n. 2, 2019.
- SALES, R. A.; OLIVEIRA, E. C.; LIMA, M. J. A.; GELCER, E. M.; SANTOS, R. A.; LIMA, C. F. Ajuste dos coeficientes das equações de estimativa da evapotranspiração de referência para São Mateus, ES. *Irriga*, v. 23, n. 1, p. 154-167, 2018.
- SANTANA, J.; LIMA, E.; FERNANDES, M.; FONSECA, B. Desempenho de equações agrometeorológicas para as estações secas e chuvosa para a cidade de Balsas/MA. *Enciclopédia biosfera*, v. 16, n. 29, p. 605-619, 2019.
- SANTANA, J. S.; LIMA, E. F.; SILVA, W. A.; FERNANDES, M. C.; RIBEIRO, M. I. D. Equações de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para a região de Balsas-MA. *Enciclopédia Biosfera*, v. 15, n. 27, p. 1-14, 2018.
- SANTOS, R. A.; SANTOS, E. P.; SALES, R. A.; SANTOS, R. L. Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA). *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, v. 11, n. 4, p. 1617-1626, 2017.
- SANTOS, R. D. S.; SOUZA, M. H. C. de; BISPO, R. de C.; VENTURA, K. M.; BASSOI, L. H. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Petrolina, PE. *Irriga*, v. 1, n. 1, p. 31-39, 2017.
- SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. Evapotranspiração Definições e Conceitos. *ESALQ/USP*, 2012.
- SOUZA, M. L. A. de.; SOUSA, J. W. Avaliação do desempenho de métodos empíricos para estimativa da evapotranspiração de referência em Rio Branco, Acre. *Scientia Naturais*, v. 2, n. 1, 2020.
- SOUZA, V. A. S. de; ROTUNNO FILHO, O. C.; MOREIRA, D. M.; RUDKE, A. P.; TORTURELI DE SÁ, M. R. Dynamics of deforestation in Amazonia and its impactes in hydrology: Machadinho River Basin – Rondônia / Brasil. *Ciência Florestal*, V. 29, n. 3, p. 1004 – 1018, 2019.
- RIBEIRO, A. A.; SIMEÃO, M.; SANTOS, A. R. B. Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência no período chuvoso e seco em Piripiri (PI). *Revista Agrogeoambiental*, v. 8, n. 3, p. 89-100, 2016.
- ROCHA, I. P. da; SILVA, L. N. da; CHARGAS, R. M.; ALMEIDA, G. L. P. da. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Garanhuns | Comparison of empirical equations to estimate the reference evapotranspiration for the city of Garanhuns, PE. *Revista Geama*, v. 1, n. 2, p. 112-127, 2015.
- VICENTE, M. R.; LEITE, C. V.; SANTOS, R. M.; LUCAS, P.; DIAS, S. H. B.; SANTOS, J. S. Evapotranspiração de referência utilizando o método FAO Penman-Monteith com dados faltantes. *Global Science And Technology*, v.11, n. 3, p. 217-228, 2018.