



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA

BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

**EVAPORAÇÃO NO SEMIÁRIDO: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E
COMPARAÇÃO DE 7 MÉTODOS PARA ESTIMATIVA**

TAYS FERREIRA BARROS

SERRA TALHADA-PE

2022



TAYS FERREIRA BARROS

**EVAPORAÇÃO NO SEMIÁRIDO: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E
COMPARAÇÃO DE 7 MÉTODOS PARA ESTIMATIVA**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada como requisito para obtenção do título de Engenheira de Pesca.

Prof^a. Dr^a. LUCIANA SANDRA BASTOS DE SOUZA

Orientadora

SERRA TALHADA-PE

2022

- B277e Barros, Tays Ferreira Barros
 EVAPORAÇÃO NO SEMIÁRIDO: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E COMPARAÇÃO DE 7 MÉTODOS PARA
ESTIMATIVA / Tays Ferreira Barros Barros. - 2022.
 41 f. : il.
- Orientador: Luciana Sandra Bastos de .
 Inclui referências e apêndice(s).
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Engenharia de Pesca, Serra Talhada, 2022.
1. Precipitação. 2. Semiárido. 3. Evaporação. I. , Luciana Sandra Bastos de, orient. II. Título

TAYS FERREIRA BARROS

**EVAPORAÇÃO NO SEMIÁRIDO: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E
COMPARAÇÃO DE 7 MÉTODOS PARA ESTIMATIVA**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada como requisito para obtenção do título de Engenheiro de Pesca.

Aprovada em __de____ de 2022.

Banca Examinadora

Dra. Luciana Sandra Bastos de Souza

(Orientadora, UAST/UFRPE)

Dr. José Edson Florentino de Moraes

(Examinadora externo, UAST/UFRPE)

Dr. Thieres George Freire da Silva

(Examinador interno, UAST/UFRPE)

DEDICATÓRIA

Dedico meu trabalho a minha mãe Elzeunice, pois é minha maior inspiração, motivo da minha persistência em busca dos meus objetivos e a minha orientadora Luciana Sandra, sem ela não teria conseguido.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o responsável por minha existência, sem ele nada seria possível, o meu incentivo e meu suporte emocional diário.

A minha família, por sempre me apoiar em todas as minhas escolhas, por me incentivar a correr atrás dos meus objetivos e nunca desistir. Imensa gratidão, meu refúgio.

Aos meus colegas de curso e agora amigos, por todos os momentos agradáveis e por tanto aprendizado proporcionado, fica aqui minha gratidão a todos.

A professora orientadora Luciana Sandra, por tanto ensinamento, paciência, tempo dedicado, pelas palavras de incentivo e pela amizade que levarei para a vida.

Ao laboratório de Bioclimatologia, Hidrologia e Meteorologia (BIOHIMET), pelo acolhimento e todo conhecimento obtido.

Ao Programa de Educação Tutorial do curso de Engenharia de Pesca (PET-PESCA), por tanto aprendizado e por todas as amizades que adquiri.

A Universidade e colaboradores, que apesar das dificuldades ao longo da minha graduação nos proporcionou qualidade no ensino e condições favoráveis de aprendizado.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho, faça registrado o meu agradecimento.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A evaporação é uma variável chave no entendimento da disponibilidade hídrica de um ambiente. Sobretudo, em regiões semiáridas, o conhecimento das perdas de água são imprescindíveis e podem subsidiar o desenvolvimento de atividades nestes ambientes. Vários modelos têm sido propostos para a estimativa da evaporação, estes dependem da disponibilidade de dados, escala de tempo e condições para os quais foram desenvolvidos. Este estudo buscou analisar a sensibilidade dos métodos do tanque classe “A” e o de Penman às variáveis meteorológicas e comparou 7 métodos para a estimativa da evaporação para um local no Semiárido brasileiro. O banco de dados utilizados foi obtido a partir de uma estação meteorológica localizada no município de Juazeiro-BA, e, compreendeu o período de 1969-1999. O método de Penman foi considerado padrão e correlacionado com as variáveis meteorológicas: temperatura (T), umidade (UR), radiação (Rg), vento (Vv) e déficit de pressão de vapor (DPV), por meio de análises de regressão para entendimento das relações entre estes. O mesmo procedimento foi realizado para as medidas da evaporação obtida por meio do Tanque Classe “A” (TCA). Adicionalmente, as informações foram usadas para cálculo da variável por meio de métodos alternativos: Stephens– Stewart, Priestley– Taylor, Linacre, Makkink, TCA, Jensen-Haise e Camargo. Essas informações foram comparadas por meio de índices estatísticos, para os quais consideram-se coeficiente de correlação de Pearson (r), coeficiente de determinação (r^2) e o índice de concordância de Willmont. Com base nos resultados obtidos foi possível constatar que a variável DPV apresentou alta correlação com a evaporação estimada com os métodos de Penman e o TCA. Dentre os métodos alternativos aquele que mais se aproximou do método

considerado padrão foi o de Linacre. Já Stephens– Stewart, Makkink e Camargo não apresentaram boa adequação na região analisada.

Palavras-chave: Precipitação, Semiárido, Evaporação.

ABSTRACT

Evaporation is a key variable in understanding the water availability of an environment. Above all, in semi-arid regions, knowledge of water losses is essential and can support the development of activities in these environments. Several models have been proposed to estimate evaporation, these depend on the availability of data, time scale and conditions for which they were developed. This study sought to analyze the sensitivity of the class "A" tank and Penman methods to meteorological variables and compared 7 methods for estimating evaporation for a location in the Brazilian semiarid region. The database used was obtained from a meteorological station located in the municipality of Juazeiro-BA, and comprised the period from 1969-1999. The Penman method was considered standard and correlated with the meteorological variables: temperature (T), humidity (UR), radiation (Rg), wind (Vv) and vapor pressure deficit (DPV), through regression analysis for understanding of the relationships between them. The same procedure was performed for the evaporation measurements obtained through the Class "A" Tank (TCA). Additionally, the information was used to calculate the variable through alternative methods: Stephens–Stewart, Priestley–Taylor, Linacre, Makkink, TCA, Jensen-Haise and Camargo. This information was compared using indices for which Pearson's correlation coefficient (r), coefficient of determination (r^2) and Willmont's concordance index are considered. Based on the results obtained, it was possible to verify that the variable DPV presented a high correlation with the evaporation estimated with the Penman and TCA methods. Among the alternative methods, the one that came closest to the method considered standard was Linacre's. Stephens–Stewart, Makkink and Camargo did not show good adequacy in the analyzed region.

Keywords: Precipitation, Semi-arid, Evaporation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município de Juazeiro-BA. Autor: Cruz-Neto, J.F.C.	24
Figura 2. Comportamento da Evaporação medida por meio do Tanque Classe A e pelo método de Penman, em Juazeiro-BA, 1969-1999.	28
Figura 3. Diferenças no cálculo da evaporação diária pelos 7 métodos em relação ao método de Penman para o período de 1969-1999, Juazeiro-BA.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Modelos utilizados na estimativa da evaporação (E) em Juazeiro – BA, 2022.	25
Tabela 2. Equações utilizadas e valores ideais dos índices estatísticos e erros utilizados para analisar o desempenho dos modelos.	27
Tabela 3. Valores médios dos elementos meteorológicos para o período de 1969-1999, Juazeiro-BA.	29
Tabela 4. Sensibilidade da Evaporação estimada pelo método de Penman e medida pelo Tanque Classe A às variáveis meteorológicas	30
Tabela 5. Comparação de métodos para estimativa da evaporação usando diferentes métodos para estimativa em relação ao Método de Penman, usando dados para o período de 1969-1999, Juazeiro-BA.	33

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
4. REFERÊNCIAS.....	19
5. ARTIGO – EVAPORAÇÃO NO SEMIÁRIDO: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E COMPARAÇÃO DE 7 MÉTODOS PARA ESTIMATIVA	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
5.1. INTRODUÇÃO.....	26
5.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
5.3. RESULTADOS.....	31
4.4. CONCLUSÕES.....	40
4.5. REFERÊNCIAS.....	40

1. APRESENTAÇÃO

Em regiões Semiáridas, onde a demanda da atmosfera é elevada o conhecimento da evaporação é proeminente para o dimensionamento e manejo de obras hídricas, que devem ser minuciosamente investigados para subsidiar ações de planejamento e gerenciamento na busca de um melhor aproveitamento das águas. Não obstante, valores elevados deste fenómeno podem reduzir a disponibilidade de água em reservatórios e comprometer o desenvolvimento das atividades pesqueiras.

A evaporação pode ser influenciada por fatores diversos (i.e. temperatura, umidade, vento, déficit de pressão de vapor, etc.) e pode ser estimada por métodos distintos (i.e. Penman, Priestley e Taylor, Makkink, TCA, etc.). Neste contexto, o método de Penman tem sido amplamente utilizado, com bons resultados. Para a região semiárida, no entanto, poucos são os trabalhos que buscaram entender a adequação dos diferentes métodos para a estimativa da evaporação e sua relação com as variáveis meteorológicas. É partindo do exposto, que buscamos analisar a sensibilidade dos métodos do tanque classe “A” e o de Penman às variáveis meteorológicas. Bem como estimar a evaporação por 7 métodos distintos. Para tanto, dividimos este trabalho em dois capítulos: 1) Revisão de literatura onde é feita uma breve caracterização da região semiárida, da disponibilidade hídrica e dos métodos para estimativa da evaporação; 2) Artigo científico: onde foram analisadas a sensibilidade dos métodos de Penman e do Tanque Classe “A” às variáveis meteorológicas e a adequação de 7 métodos para estimativa da evaporação.

2. OBJETIVOS

2.1. *Objetivo Geral*

Analisar a sensibilidade dos métodos do tanque classe “A” e o de Penman às variáveis meteorológicas e comparar 7 métodos para a estimativa da evaporação.

2.2. *Objetivos Específicos*

- Correlacionar dados de evaporação com os elementos meteorológicos;
- Analisar a sensibilidade de dois métodos para estimativa da evaporação às variáveis meteorológicas;
- Comparar o desempenho de diferentes modelos para estimativa da evaporação no Semiárido.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Clima no semiárido x disponibilidade hídrica

O clima é uma sequência das condições da atmosfera terrestre em uma determinada região (FILHO et al., 2021), cujo conhecimento é extremamente importante para o planejamento e tomada de decisão nas diferentes áreas (i.e. Engenharia de Pesca, Zootecnia, Agronomia, Ciências Biológicas, etc.).

O semiárido brasileiro apresenta como característica principal a ocorrência de balanço hídrico negativo (KILL et al., 2021), como resultado de precipitações médias anuais baixas (inferiores a 800 mm), concentradas especialmente de fevereiro a maio, e o período de chuvas nos meses de agosto a outubro e, nos demais meses ocorrem poucas precipitações pluviométricas e elevadas taxas de evapotranspiração (LEITE et al., 2021). O ambiente é marcado por temperaturas médias anuais de 23° a 27° C e a

amplitude térmica varia de 24°C até 28°C, evaporação potencial é em torno de 2.000 mm ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 50% (GALVÍNCIO et al., 2005). A área territorial do Semiárido corresponde a cerca de 969.589,4 km² (ARAUJO, 2011) e é considerada a região semiárida mais povoada do mundo (GALVÍNCIO et al., 2005).

No semiárido brasileiro uma ampla variabilidade espacial da precipitação é observada, neste aspecto em alguns locais podem apresentar volumes acumulados de precipitação mais elevados, enquanto que em outros ambientes a escassez desse elemento meteorológico gera deficiências hídricas mais acentuadas ao longo do ano (KILL, 2021). Essa variação interanual de precipitação bem como os anos de seca, grande parte das vezes é decorrente de fenômenos meteorológicos como por exemplo, o El Niño e LaNiña e nas variações de padrões de temperatura da superfície do mar (TSM). Esta última influencia na posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico, interferindo diretamente na ocorrência, intensidade, quantidade e frequência das precipitações (KILL, 2021).

3.2 Evaporação e métodos de estimativas

A evaporação é o processo físico no qual um líquido passa para o estado gasoso. Em um corpo de água esse fenômeno é bastante complexo e depende de vários aspectos como, fatores meteorológicos e ambientais, principalmente a concentração da substância evaporante, concentração de outras substâncias no ar (FONTES, 2005). A evaporação, além de intensificar o problema com a escassez de água ainda contribui para a má qualidade da água, principalmente em relação a salinidade, assim agindo como um fato facilitador desse processo, por auxiliar na extração dos sais que estão presentes no solo e assim elevando a concentração dos sais à medida que a água vai sendo evaporada dos reservatórios (GOMES, 2001).

O conhecimento da perda d'água de uma superfície natural é imprescindível nas mais variadas áreas de conhecimento científico, sobretudo nas aplicações da meteorologia e da hidrologia nas mais distintas atividades humanas (SOBRAL, 2012). A estimativa de evaporação é uma alternativa importante para o gerenciamento dos recursos hídricos, seja na atividade agrícola ou para armazenamento de água em reservatórios, assim como também estudar os impactos ambientais gerados por esse processo. Os estudiosos sobre os recursos hídricos consideram a evaporação como “perda”, pela elevada quantidade de água que é transferida para atmosfera em forma de vapor, sendo assim considerado relevante conhecer os valores que se obtenha essa evaporação (ROCHA et al., 2019). Esse processo de perda de água está diretamente ligado aos balanços de massa e de energia dentro de um volume de controle, que pode ser uma bacia hidrográfica inteira (evapotranspiração da bacia), ou evaporação do lago no caso de reservatórios (DIAS, 2008).

Na avaliação da evaporação da água em reservatórios é comum o emprego de modelos baseados no balanço de energia, balanço de água, métodos aerodinâmicos e métodos combinados (ROSENBERRY et al., 2007). Se tornando corriqueira a utilização de formulações empíricas ou semi-empíricas, para gerar os diferentes coeficientes para os modelos teóricos e também para obtenção indireta de parametrização dos modelos evaporimétricos para lagos (CABRERA et al., 2006; ROSENBERRY et al., 2007). Estes autores reportam que vários métodos estimam a evaporação a partir de dados de temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação, ou utiliza medidas de tanques de evaporação localizados em estações meteorológicas no ambiente terrestre.

Modelo Penman (1948)

Howard Penman, desenvolveu em anos próximos à 1948, o primeiro tratamento físico adequado com finalidade de classificar a evaporação de uma superfície de água livremente exposta à atmosfera, por meio de uma equação clássica, extremamente empregada até os dias de hoje (FONTES, 2005; OLIVEIRA, 2009). O método de Penman (1948), recomendado pela FAO é $EL = (sR_n/L + \gamma E_a)/(s + \gamma)$ (LEITÃO, 2007), e em sua abordagem, o emprego da temperatura da superfície do reservatório é descartada. Apesar disso, muitas variáveis são requeridas (i.e. temperatura do ar, número de horas de insolação, número potencial diário de horas de insolação, pressão do vapor do ar, velocidade média do vento, radiação recebida no topo da atmosfera e radiação incidente) o que tem limitado a sua utilização (ROQUE, 2001).

Estudo vêm sendo realizados a nível mundial sobre o método de Penman, e expressando resultados satisfatórios, como é o caso, de Bozorgi (2018) que analisou 12 métodos estimar a evaporação de uma superfície de água entre eles o de Penman, sendo classificados de acordo com sua precisão, sensibilidade e simplicidade da técnica. Leitão et al. (2007) avaliaram o desempenho de diferentes métodos nas regiões do Cariri e Sertão da Paraíba, nas cidades de Boqueirão e Patos, os métodos por ele analisados foram: Penman (1948); balanço de energia - razão de Bowen; Linacre (1993); Snyder (1992); Kohler et al. (1955); Gangopadhyaya et al. (1966) e Hounam (1973), onde os resultados que apresentaram o melhor desempenho foram os que utilizavam as variáveis: umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar.

Rosenberry et al. (2007) realizou a comparação entre 15 métodos de evaporação em um pequeno lago, localizado no nordeste dos Estados Unidos e observaram que os valores dos métodos de Priestley-Taylor, de Bruin-Keijman e de Penman foram as comparações mais favoráveis em relação com o BERB, apresentando erros médios entre 0,19 e 0,27 mm dia⁻¹ (20% dos valores de BERB) durante mais de 90% dos 27 meses

analisados. Manoel (2016) analisou a evaporação medida em tanques enterrados (evaporímetro de 20 m²), de superfície livre pelo método de Penman (1948) e outros cinco modelos (empíricos) para um período de 10 anos e concluiu que o método de Penman superestimou a evaporação no tanque.

3.4. REFERÊNCIAS

ARAÚJO. S. M. S; A REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE DO BRASIL: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Revista Científica da FASETE**, ano 5 n. 2011.

BOZORGI, A; HADDAD. O. B, SIMA. S; LOÁICIGA. A. H. Comparison of methods to calculate evaporation from reservoirs. **International Journal of River Basin Management**, 48P. 2018.

DIAS, N. L.; KAN, A. Evaporação Líquida no Reservatório de Foz do Areia, PR: Estimativas dos Modelos de Relação Complementar Versus Balanço Hídrico Sazonal e Balanço de Energia. **Revista Brasileira de Recursos Hídrico**, Curitiba, v. 13, n. 2, p.31-43, jun. 2008.

FONTE. A. S. Estudos da evaporação situado em região Semiárida: Uso de bacia experimental. P 147. **Mestrado em engenharia ambiental urbana**, Universidade Federal da Bahia- Escola Politécnica. Salvador-Bahia. 2005.

GALVÍNCIO, J. D.; SOUZA, F. A. S.; MOURA, M. S. B. Aspectos climáticos da captação de água de chuva no estado de Pernambuco. **Revista de Geografia**, Recife, v. 22, n. 2, p.15-35, 2005.

GANGOPADHYAYA, M.; HARBECK, G. E.; NORDENSON, T. J.; OMAR, M. H.; URYVAEV, V. A. Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration. Geneva: World Meteorological Organization, 1966. 121p. Technical Note n.83, WMO-

N.201, TP 105.

GOMES, R.M.; FILHO, T.B.O. Proposta de manejo hídrico e de operação em reservatórios de estiagem no nordeste brasileiro visando o aumento das vazões regularizadas. **In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 14.,2001, Aracaju. Anais... Aracaju: ABRH, 2001. 1 CD.

HOUNAM, C. E. Comparison between pan and lake evaporation. Geneva; World Meteorological Organization. Rapporteur on Lake Evaporation, 1973. 52p. Technical Note N°. 126.

LINACRE, E. T. Data-sparse estimation of lake evaporation using a simplified Penman equation. **Agricultural and Forest Meteorology, Elsevier, Amsterdam**, v.64, n.3-4, p.237–256, 1993.

KOHLER, M. A.; Noredenson, T. J.; Fox, W. E. Evaporation from pans and lakes. U. S. Weather Bureau Research, 1955. 21p. Paper 38.

KIILL. L. H. P; MOURA. M. S. B; CUNHA. T. J. F; JÚNIOR. L. A. J; ARAÚJO. J. L. P. A região semiárida brasileira. **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido** , 48P. 2021.

LEITÃO, M. de M.V.B.R.; OLIVEIRA, G.M de; LEITÃO, T.J.V. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evaporação para duas regiões da Paraíba, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 6, p. 585–593, 2007.

LEITE. J. P. A; SÁ. L. N; FILHO. G. B. Fatores climáticos atuantes no semiárido de Pernambuco: uma abordagem didática da geografia em sala de aula. **IJET-International Journal Education and Teaching- PDVL**, v.4, n.2 p. 14 - 32, 2021.

OLIVEIRA, G.X.S. **Relações entre medidas de evaporação de superfícies de água livre por evaporímetros e estimativas por métodos meteorológicos em duas regiões do Estado de São Paulo**. 2009. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2009.

OLIVEIRA, G. M. Estudo da evaporação nas microrregiões do Cariri e Sertão da Paraíba. Campina Grande: UFCG, 2003. 203p. Tese Doutorado.

MANOEL, C. M; CABRERA. J. A; ANACHE. A ; YOULTON. C; WENDLAND. E. Performance of evaporation estimation methods compared with standard 20 m² tank. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, n.10, p.874-879, 2016.

PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of Royal Society-Series A**, London, v.193, n.1, p.120 145, 1948.

ROQUE, R. O; SANSIGOLO. C. A. Estimativas de Evaporação do Lago de Taquaruçu, SP pelo Modelo Conceitual de Morton. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v 6 n.1, 21-28p, 2001.

ROSENBERRY, D. O.; WINTER, T. C.; BUSO, D. C.; LIKENS, G. E. Comparison of 15 evaporation methods applied to a small mountain lake in the northeastern USA. **Journal of Hydrology**, v. 340, p. 149-166, 2007.

SOBRAL. P. M; SOARES. W. A. Estimativa da Evaporação do Solo em Função do Nível do Lençol Freático em Garanhuns-PE. **Congresso de Matemática aplicada e Computacional**, P 75-77. 2012.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Jerusalem, v.118, n.6, p.977-980, 1992.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; ROWE, C. M.; O'DONNELL, J. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, Ottawa, v.90, n.C5, p.8995–9005, 1985

4. ARTIGO – EVAPORAÇÃO NO SEMIÁRIDO: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E COMPARAÇÃO DE 7 MÉTODOS PARA ESTIMATIVA

RESUMO

A evaporação em reservatórios afeta consideravelmente a viabilidade e estabilidade temporal dos recursos hídricos, sendo capaz de intensificar o problema de escassez desse recurso em regiões semiáridas. Períodos de estiagem prolongada tendem a prejudicar a qualidade de vida da população e contribuem para as disparidades observadas no desenvolvimento local. Na engenharia de pesca, as informações sobre a evaporação podem auxiliar no planejamento e na tomada de decisões das atividades. O objetivo do presente trabalho foi analisar a sensibilidade da evaporação medida pelo Tanque Classe “A” e estimada pela equação de Penman às variáveis meteorológicas, além de comparar sete métodos para a estimativa deste parâmetro. O banco de dados utilizados foi obtido a partir de uma estação meteorológica localizada no município de Juazeiro-BA, e, compreendeu o período de 1969-1999. O método de Penman foi considerado padrão e correlacionado com as variáveis meteorológicas: temperatura (T), umidade (UR), radiação (Rg), vento (Vv) e déficit de pressão de vapor (DPV), por meio de análises de regressão para entendimento das relações entre estes. O mesmo procedimento foi realizado para as medidas da evaporação obtida por meio do Tanque Classe “A” (TCA). Adicionalmente, as informações foram usadas para cálculo da

variável por meio de métodos alternativos: Stephens– Stewart, Priestley– Taylor, Linacre, Makkink, TCA, Jensen-Haise e Camargo. Essas informações foram comparadas por meio dos índices para os quais consideram-se coeficiente de correlação de Pearson (r), coeficiente de determinação (r^2) e o índice de concordância de Willmont. Com base nos resultados obtidos foi possível constatar que a variável DPV apresentou alta correlação com a evaporação estimada com os métodos de Penman e o TCA. Dentre os métodos alternativos aquele que mais se aproximou do método considerado padrão foi o de Linacre. Já Stephens– Stewart, Makkink e Camargo não apresentaram boa adequação na região analisada.

. **Palavras-chave:** Precipitação, Semiárido, Evaporação.

ABSTRACT

Evaporation from reservoirs considerably affects the viability and temporal stability of water resources, being able to intensify the problem of resources of these resources in semi-arid regions. Prolonged estimation periods tend to harm the population's quality of life and contribute to the observed disparities in local development. In fisheries engineering, information on evaporation can assist in planning and decision making for activities. The variable variables of the measurement of evaporation presented by the objective proposed by the work was to analyze the evaporation sensitivity of the measurement of the objective proposed by the analysis of comparison analysis of the seven methods for an estimated objective. The database used was located from a meteorological station in the city of Juazeiro-BA, covering the period 1969-1999. The deficit was considered standard and correlated with variable variables: temperature (T), humidity (meteors), radiation (R_g), radiation (V_v) and vapor pressure method (DPV),

through mechanical ventilation to understand the relationships between these. The same procedure was carried out for the evaporation measurements performed using the Class “A” Tank (TCA). In addition, the information was used to calculate the variable through alternative methods: Stephens–Stewart, Priestley–Taylor, Linacre, Makkink, TCA, Jensen-Haise and Camargo. This information was obtained through determination indices (r^2) and the Willmont determination index. Based on the results, it was possible to obtain that the variable DPV presents high the proven methods of estimated evaporation or TCA. Among the methods considered standard, the one that most became the considered alternative method. Already Stephens– Stewart, Makkink and Camargo don't look good in the house.

Keywords: Precipitation, Semi-arid, Evaporation

4.1. INTRODUÇÃO

O processo de evaporação têm sido alvo de discussões e pesquisas científicas devido a sua importância para planejar e gerenciar os recursos hídricos, assim como também estudar os impactos ambientais gerados por esse processo (OLIVEIRA et al., 2019). Sobretudo em regiões semiáridas o conhecimento deste parâmetro torna-se fundamental, logo que, pode reduzir a disponibilidade hídrica e prejudicar a qualidade de vida da população, conseqüentemente contribuindo para o déficit no desenvolvimento econômico e social do local (FONTE, 2005; AMAZONAS et al., 2013).

As taxas de evaporação são variáveis ao longo do tempo e dependem de uma complexa interação entre os elementos meteorológicos (i.e. radiação, temperatura, chuva, ventos, umidade do ar e déficit de pressão de vapor) e topográficos (TRAJKOVIĆ; ŽIVKOVIĆ, 2009; MEKOYA, 2020). Além da disponibilidade hídrica

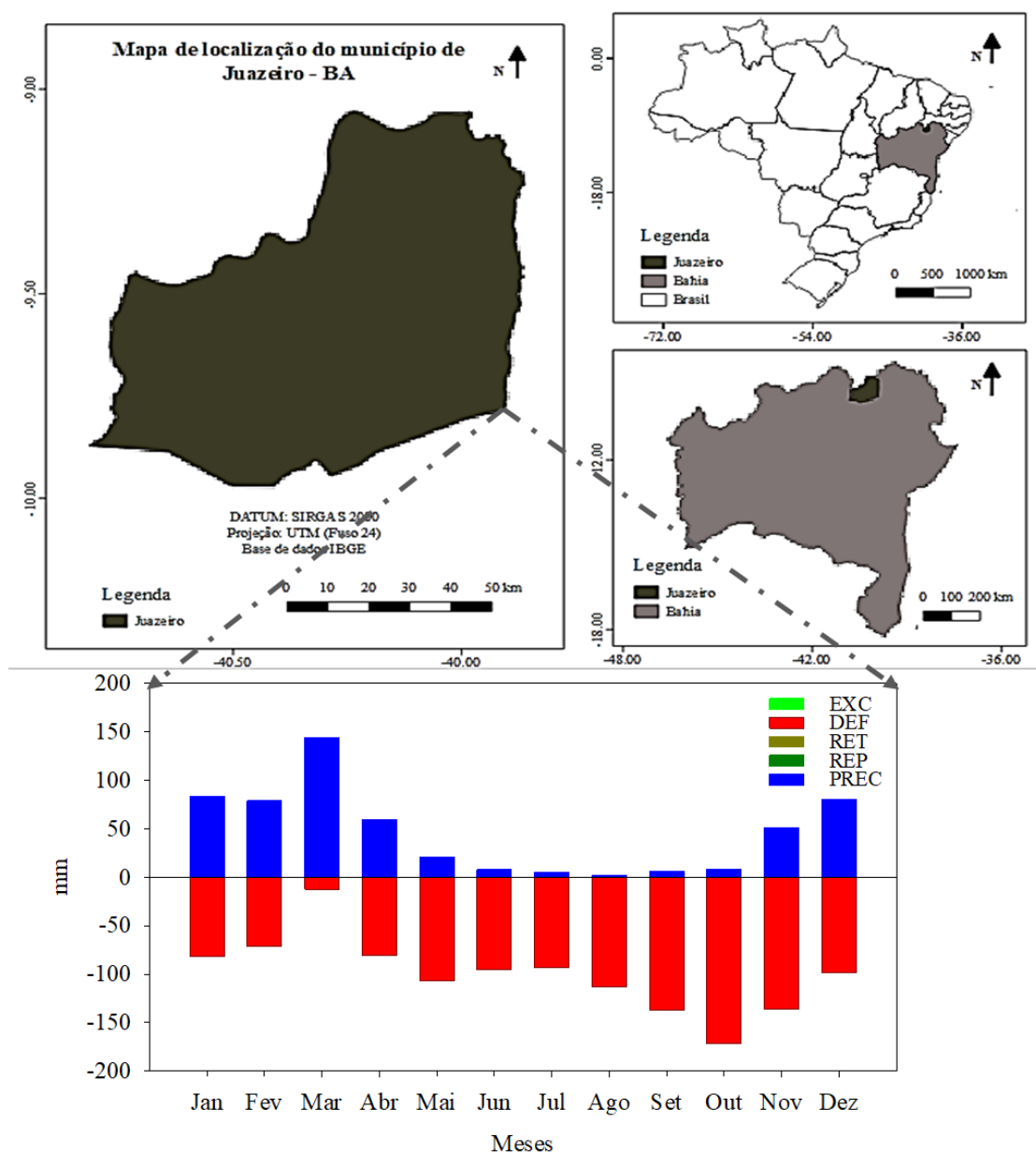
que pode ser fortemente afetada pelas atividades antrópicas ao mesmo tempo em que pode afetá-las. Gomes et al. (2017), observaram que o impacto da evaporação nos reservatórios pode influenciar consideravelmente sua viabilidade e estabilidade temporal no abastecimento hídrico e sendo capaz de intensificar o problema de escassez desse recurso na região. Adicionalmente, podem influenciar na qualidade da água, especialmente devido ao processo de salinização (FONTE et al., 2015). Partindo disso, estudos tem utilizado de métodos diretos (i.e. tanque 20m², Eddy covariance, etc.) e indiretos (i.e. BERB, Penman, Camargo, TCA, Linacre, etc.) para estimativa da evaporação (CABRERA et al., 2006; ROSENBERRY et al., 2007). Pereira (2004), em seu trabalho procurou distinguir os métodos onde são utilizadas apenas informações de estações climatológicas que dispõe de valores de evaporação mais próximos do calculado pelo método do balanço de energia (BERB), no reservatório de Sobradinho. Bozorgi (2018) comparou métodos de evaporação métodos por índice de precisão calculado assumindo o método BERB em relação à outros 12 métodos, visando escolher aquele de maior adequação e simplicidade.

Os métodos BERB tem sido considerado o mais robusto e preciso para a estimativa da evaporação (ROSENBERRY et al., 2007), apesar disso, a necessidade de obtenção de dados medidos na superfície dos reservatórios, muitas vezes limitam sua aplicação no espaço e no tempo. Em alternativa, alguns estudos têm usado o método de Penman como padrão para estimativa da evaporação, contudo, este requer uma grande quantidade de variáveis meteorológicas, que nem sempre estão disponíveis. É partindo disso, que o presente trabalho objetiva analisar a sensibilidade dos métodos do tanque classe “A” e o de Penman às variáveis meteorológicas e comparar sete métodos para a estimativa da evaporação.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos na estação meteorológica convencional situada no Campo Experimental de Mandacaru, pertencente a Embrapa Semiárido e localizado em Juazeiro na Bahia (latitude: 09° 24' S e longitude: 40° 26' W). O local é caracterizado por apresentar chuva média de 550 mm, temperatura média de 26,7 °C e balanço hídrico negativo (Figura 1).

Figura 1. Localização do município de Juazeiro-BA. Autor: Cruz-Neto, J.F.C.



Foram utilizados dados de temperatura máxima, mínima e média, umidade relativa máxima, mínima e média, velocidade do vento, precipitação e radiação solar global, para os anos de 1969-1999. As informações referentes aos elementos meteorológicos foram processadas no software Excel[®] versão 2010, para obtenção dos valores médios diários.

Foram feitos gráficos de correlação entre Penman (considerado padrão) e as variáveis: velocidade do vento (Vv, m/s), radiação global (Rg, MJ m⁻²dia⁻¹), temperatura média (Tm), temperatura máxima (Tx), temperatura mínima (Tn), déficit de pressão de vapor (DPV, kPa) e umidade relativa do ar (UR, %) para analisar a sensibilidade da E ao às variáveis. O mesmo procedimento foi adotado para as medidas de E pelo Tanque Classe A. Posteriormente, obtiveram-se os valores da Evaporação (E) por meio de diferentes métodos: Penman (padrão), Stephens– Stewart, Priestley– Taylor, Linacre, Makkink, Camargo, TCA e Jensen-Haise.

Tabela 1. Modelos utilizados na estimativa da evaporação (E) em Juazeiro – BA, 2022.

Grupo	Modelo	Equação	Variáveis	Fonte
Padrão	Penman	$E = EL = (sR_n/L + g E_a)/(s + g)$	Rn, G, T,	Penman (1948)
			vv, Patm e UR	

Stephens – Stewart	$E = (0.0082 T_a - 0.19)(Q_s \times 3.495 \times 10^{-2})$	T e UR	Mcguinness & Bordne (1972)
Priestley – Taylor	$E = k Q_{0\text{mm/dia}} T$	Qo e T	Stewart & Rouse (1976)
Linacre	$E_L = (0,015 - 0,00042T + 10^{-6} h) [0,8R_s - 40$	T, T _d , h, R _s , F, u ₂	Linacre et al. (1993)
Makkink	$E = \left(\left(52.6 \frac{s}{s + y} \frac{Q_s}{L_p} \right) - 0.12 \right)$	S, Q _s , y	Mcguinness & Bordne (1972)
TCA		Eca, Kp	Andrada (2016).
Camargo	$E = 0.01 \frac{R_A}{2.45} (1.08 t_{\max} - 0.36 t_{\min})$	T _{ef} , CRM	Camargo et al. (1999)

Jensen-	$E = (0.014T_a - 0.37)(Q_s \times 3.523 \times 10^{-2})$	Qg e T	Mcguinness
Haise			& Bordne
			(1972)

O método de Penman (1948), que é recomendado pela FAO: $E_L = (sR_n/L + g E_a)/(s + g)$
 R_n é o saldo de radiação sobre a água livre ($\text{cal cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$); s é o coeficiente angular da curva de pressão de saturação ($\text{hPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); g é o parâmetro psicrométrico ($\text{hPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); E_a é o poder evaporante da superfície.

A comparação entre os modelos para a estimativa de evaporação foi feita utilizando regressão linear e índices estatísticos para os quais consideraram-se (PINHEIRO et al., 2015; SILVA et al., 2015): erro médio absoluto (EMA), raiz quadrada do erro médio quadrado (RSME), coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação (r), índice de concordância de Wilmontt (d) e o coeficiente de Camargo (c), que é a relação entre (r e d) (Tabela 2). Para Moraes et al. (2014) os valores EAM relacionam-se aos erros de sub ou superestimava nos valores de E à longo prazo. Enquanto que o RSME permitem quantificar estas variações em curto prazo de tempo.

Tabela 2. Equações utilizadas e valores ideais dos índices estatísticos e erros utilizados para analisar o desempenho dos modelos.

Símbolo	Equação	Valor ideal	Fonte
R	$r = \frac{1}{n-1} \sum \frac{x_i - \bar{x}}{sx} \frac{y_i - \bar{y}}{sy}$	-1 ou 1	Citado por Filho e Júnior (2009)
EMA	$EMA = \left \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{n} \right $	0	Citado por Souza et al. (2011)
RSME	$RSME = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{N} \right]^{0,5} \left(\frac{100}{\bar{O}} \right)$	0	Legates & McCabe (1999)
r ²	$r^2 = \frac{(\sum_{i=1}^N Y_i \cdot Y_{e_i})^2}{\sum_{i=1}^N Y_{o_i}^2 \cdot Y_{e_i}}$	+1	Silva (2019)
D	$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (p_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i + O_i - O)^2} \right]$	+1	Willmontt (1985)
C	c=Rxd	>0,85	Camargo e Sentelhas (1997)

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A chuva ou precipitação pluvial é a principal maneira pela qual a água retorna da atmosfera para a superfície terrestre, após os processos de evaporação e condensação, com papel importante para o ciclo hidrológico. No período analisado, a precipitação média foi de 547 mm, com 70% deste total, ocorrendo entre os meses de dezembro à março. Com alta demanda da atmosfera, característica da região, a evaporação média diária foi elevada com valores próximos à 6,4 mm (método de Penman) e 6,57 (TCA). As altas magnitudes dos valores de E e sua intensa variação estão associadas às

oscilações dos elementos meteorológicos observados durante o período (Tabela 3), neste caso, a observância apenas dos valores médios dos valores de E pelo método do TCA e Penman estes não permitem perceber as oscilações associadas aos mesmos.

Figura 2. Comportamento da Evaporação medida por meio do Tanque Classe A (a) e estimada pelo método de Penman (b), em Juazeiro-BA, 1969-1999.

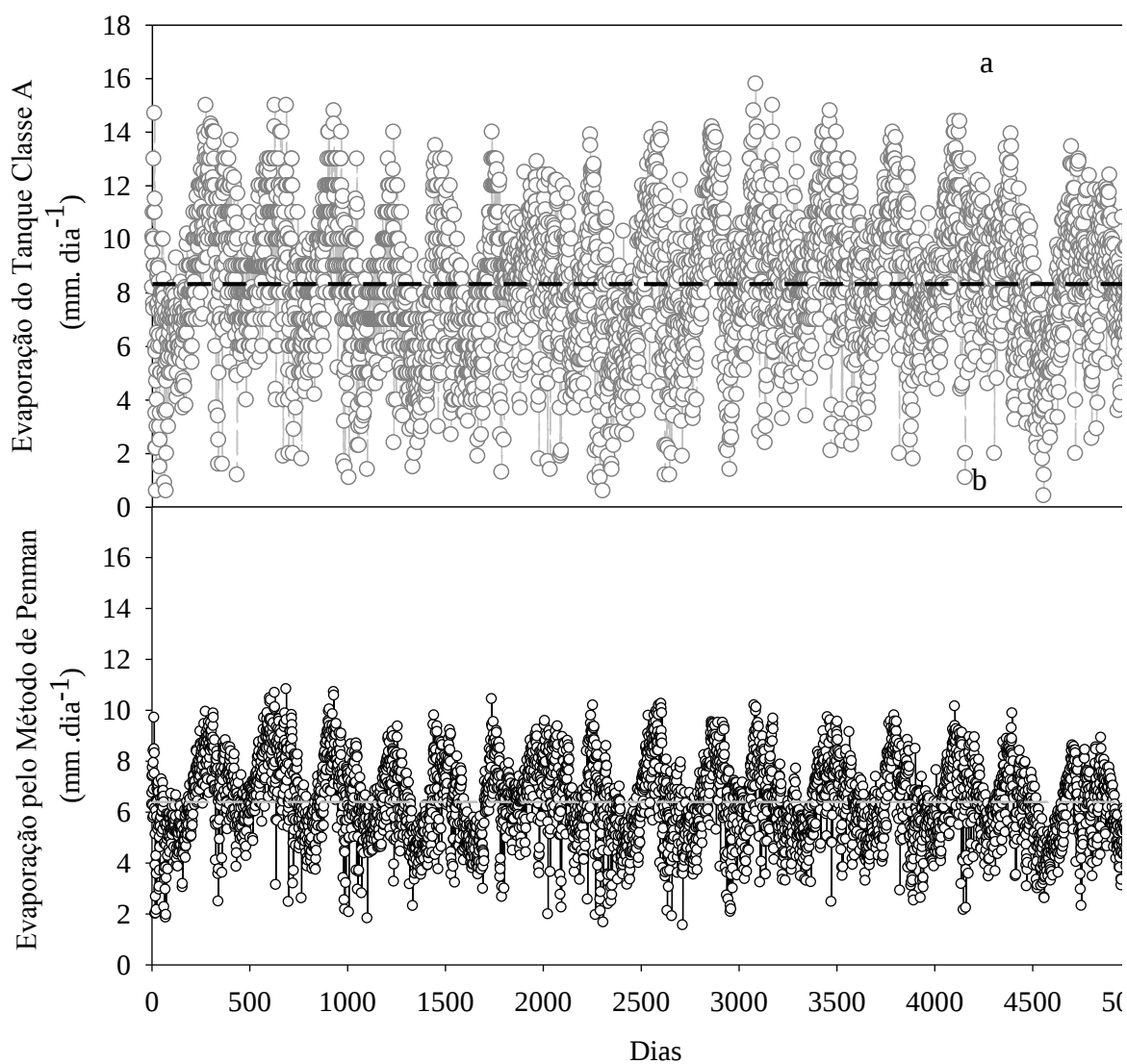


Tabela 3. Valores médios dos elementos meteorológicos para o período de 1969-1999, Juazeiro-BA.

Variável	Média	Máximo	Mínimo
T (°C)	26,92	32,90	20,25
UR (%)	58,44	95,00	29,00
Vv (m/s)	2,69	5,92	0,28
Rg (MJ m⁻² dia⁻¹)	18,52	29,14	2,37
DPV (kPa)	1,52	3,07	0,15

A análise de sensibilidade demonstrou que a evaporação foi dependente de parâmetros distintos. A evaporação do tanque foi mais responsiva ao déficit de pressão de vapor – DPV ($p < 0,05$), seguidos da umidade relativa do ar – UR ($p < 0,05$) e da temperatura máxima – Tx ($p < 0,05$). Há de se ressaltar, que as variáveis temperatura e umidade relativa do ar, são usadas no cálculo do DPV, e este reflete o efeito combinado da demanda da atmosfera. Para E pelo método de Penman observou-se uma maior dependência do déficit de pressão de vapor e radiação solar global ($p < 0,05$) (Tabela 4). Neste caso, a E teve sua magnitude e comportamento influenciados pela baixa nebulosidade (Rg) e pela demanda atmosférica (DPV), especialmente agravada pela sazonalidade do período chuvoso, demonstrando o efeito da dinâmica sazonal dos elementos meteorológicos.

A sensibilidade da perda de água em ambientes secos à variável DPV é relatada e promissora para entender o fluxo de água no ambiente (JERSZURKI et al., 2019;

SOUZA et al., 2022). A R_g por outro lado, representa a energia disponível no ambiente e que interfere diretamente no processo evaporatório (LOBIT et al., 2017).

Tabela 4. Sensibilidade da Evaporação estimada pelo método de Penman e medida pelo Tanque Classe A às variáveis meteorológicas

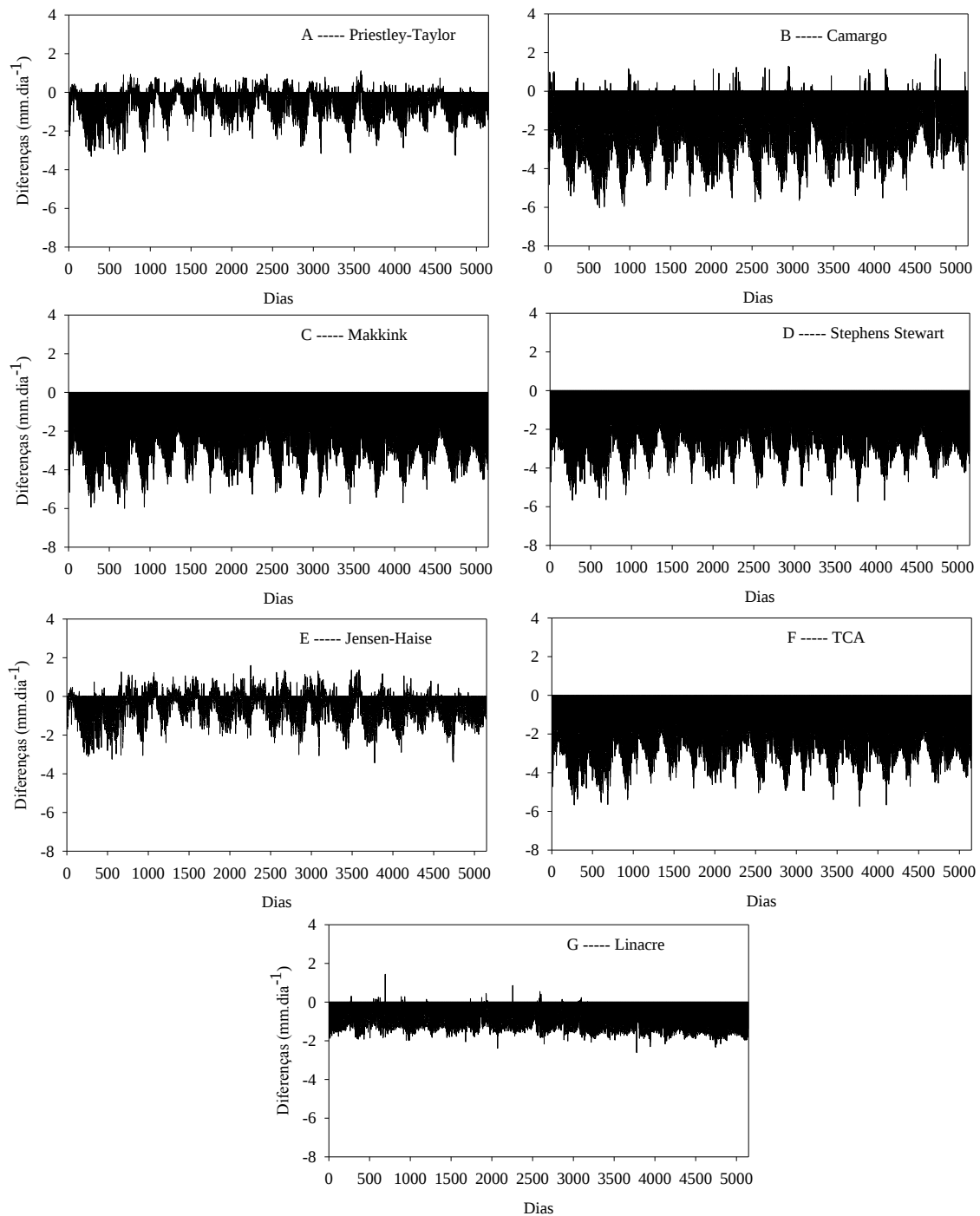
Relação E (P) x Variáveis meteorológicas							
$y = a + bX$	Vv (m/s)	R_g (MJm ² d)	tn	Tx	U R	T	DPV
A	4,83	0,82	3,01	-7,22	12,77	-7,86	2,65
B	0,59	0,30	0,16	0,43	-0,11	0,53	2,47
R ²	0,13	0,77	0,04	0,51	0,66	0,49	0,71
Relação E (TCA) x Variáveis meteorológicas							
$y = a + bX$	Vv (m/s)	R_g (MJm ² d)	tn	Tx	U R	T	DPV
A	5,24	2,45	4,47	-11,35	17,92	-11,11	2,77
B	1,15	0,32	0,19	0,62	-0,16	0,72	3,67
R ²	0,19	0,32	0,02	0,40	0,55	0,33	0,58

Quando comparados os métodos de Penman e o do Tanque Classe A, observaram-se maiores magnitudes dos valores neste último caso. Porém, há de se considerar que normalmente erros de superestimava têm sido associados à este em decorrência de características próprias do equipamento, como é o caso do seu tamanho e da exposição das paredes laterais à radiação que podem promover um arrefecimento da água alterando sua temperatura em relação àquela observada nos reservatórios. Assim,

optamos por utilizar o método de Penman, como sendo o padrão para comparação entre os métodos.

As comparações dos valores diários de evaporação por meio dos sete métodos permitiram observar que embora a maior parte dos modelos use como variáveis de entrada a temperatura e a radiação, quando comparados ao método Penman, é possível observar que o método de Priestley– Taylor e de Linacre foram aqueles que apresentaram menores erros e maior estabilidade ao longo de todo o período analisado (Figura 3). O que pode estar associado à necessidade de calibração das constantes da equação dos demais métodos para as condições locais. Leitão et al. (2007) em estudo realizado para Boqueirão e Patos indicaram a ocorrência de erros sistemáticos para o uso do método de Linacre, o que sugere que ajustes no mesmo podem produzir bons desempenhos na estimativa da E. Os métodos de Stephens– Stewart, Makkink, Camargo e TCA, produziram valores de E com erros consideravelmente negativos.

Figura 3. Diferenças no cálculo da evaporação diária pelos sete métodos em relação ao método de Penman para o período de 1969-1999, Juazeiro-BA.



A eficiência dos modelos foi analisada tanto com constantes mais simples como o coeficiente de correlação de Pearson (R) e o coeficiente de determinação (r^2), como as mais específicas como o índice de concordância de Willmontt (d) e o índice de desempenho proposto por Camargo e Sentelhas (c) (Tabela 5). Neste sentido, os modelos de Priestley-Taylor e Jensen-Haise apresentaram menores valores de RMSE,

da ordem 0,98 mm.d⁻¹ e 0,95 mm.d⁻¹, respectivamente, e foram clasificados como “*Muito bom*”. Já a equação de Linacre, apresentou RMSE de 1,27 mm.d⁻¹ e foi considerado ótimo (c=0,86). Isso demonstra que estes modelos têm elevado potencial para utilização na estimativa da E, pois, reduziram os erros na sua estimativa em curto prazo em relação aos demais.

O método do TCA apesar de valores de EMA de 0,17, demonstrou índice de desempenho “c” baixo (0,59, classificado como “*Sofrível*”) (Tabela 5). Os modelos de Camargo e Makkink foram aqueles de pior classificação, logo que, produziram os maiores viés tanto em longo quanto em curto intervalos de tempo, sendo classificados como “*Péssimos*”. É importante destacar que, na escolha de um método ou outro é preciso considerar a escala de tempo e a análise conjunta dos índices estatísticos.

Tabela 5. Comparação de métodos para estimativa da evaporação usando diferentes métodos para estimativa em relação ao Método de Penman, usando dados para o período de 1969-1999, Juazeiro-BA.

Índices	PT	C	M	SS	JH	TCA	L
E	6,40	5,71	3,40	3,55	5,77	6,57	5,19
EMA	-0,69	-2,51	-3,00	-2,85	-0,64	0,17	-1,21
RMSE	0,98	2,76	3,11	2,95	0,95	1,26	1,27
R ²	0,79	0,49	0,79	0,81	0,81	0,51	0,96
D	0,89	0,37	0,42	0,46	0,91	0,83	0,88
R	0,89	0,70	0,89	0,90	0,90	0,71	0,98
C	0,79	0,26	0,37	0,41	0,82	0,59	0,86
Classificação	Muito bom	Péssimo	Péssimo	Mau	Muito bom	Sofrível	Ótimo

4.4. CONCLUSÕES

Os métodos de Penman e do TCA foram sensíveis ao déficit de pressão de vapor. Os métodos de Linacre foi aquele cujos valores de evaporação mais se aproximaram dos obtidos pelo método de Penman. Os métodos de Makkink e Camargo não apresentaram resultados satisfatórios para a estimativa da E em relação ao de Penman. Sugere-se que estudos sejam desenvolvidos para a determinação da E com medições “*in loco*” para melhor refinamento das informações.

4.5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE. A. D.; MIRANDA. W.L.; CARVALHO. L. G. C.; P. H. F. F.; SILVA. T. B. S. Desempenho de métodos de cálculo do coeficiente de tanque para estimativa da evapotranspiração de referência. **Irriga**, v. 21, n. 1, p. 119-130, 2016.
- AMAZONAS. I. B. Determinação da evaporação em solo sem vegetação em condições semiáridas. **Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares**. Universidade Federal de Pernambuco Departamento De Energia Nuclear. Recife. 2013,
- BOZORGI, A.; HADDAD. O. B.; SIMA. S.; LOÁICIGA. A. H. Comparison of methods to calculate evaporation from reservoirs. **International Journal of River Basin Management**, 48p. 2018.
- CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A. P. Uma Revisão Analítica da Evapotranspiração Potencial. **Bragantia**. v.59 n.2 Campinas, p. 125-137 1999.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89–97, 1997.

SOUZA, J. L.M et al. Estimativa da evapotranspiração de referência horária pelo método Moretti-Jerszurki-Silva usando dados de estação alternativa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 8, p. 505-513, 2021.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. S. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

FONTES, A.S. Estudo da evaporação em reservatórios situados em região semiárida: uso de bacia experimental. 2005. 210 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana)** – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2005.

FONTES, A. S. et al. Avaliação dos fatores intervenientes no processo de salinização em reservatórios superficiais do semiárido brasileiro, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 20, n.3. p. 708 – 721, 2015.

GOMES, B. M. C. et al. Determinação da redução de evaporação em reservatórios de água através de instrumentos alternativos, **XXII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos**. p.8. 2017.

JUNIOR, J. B. C. Comparação de dados de evapotranspiração de referência estimados pelos métodos de Penman-Monteith e Tanque Classe A, Para Campina Grande-PB. **Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Curso de Especialização em Geoambiência e recursos hídricos do Semiárido**. 75p. 2014.

LEÃO, R.A.O.; SOARES, A.A.; TEIXEIRA, A.S.; SILVA, D.D. da. Estimativa da evaporação no açude Banabuiú, no Estado do Ceará, por diferentes métodos combinados, derivados da equação de Penman. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 1, p. 129-144, 2013.

LEITÃO, M. de M.V.B.R.; OLIVEIRA, G.M de; LEITÃO, T.J.V. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evaporação para duas regiões da

Paraíba, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 6, p. 585–593, 2007.

LIMA JUNIOR, J.C. et al. Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 447-454, 2016

MANOEL, C. M; CABRERA. J. A; ANACHE. A; YOULTON. C; WENDLAND. E. Performance of evaporation estimation methods compared with standard 20 m² tank. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, n.10, p.874-879, 2016.

MCGUINNESS, J.L.; BORDNE, E.F. “A comparison of lysimeter derived potential evapotranspiration with computed values.” Technical Bulletin 1452, US Department of Agriculture Agricultural Research Service, 1972.

PEREIRA, A.P.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Lavras: Agropecuária, 2004. 478p

OLIVEIRA, G.X.S. **Relações entre medidas de evaporação de superfícies de água livre por evaporímetros e estimativas por métodos meteorológicos em duas regiões do Estado de São Paulo**. 2009. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2009.

OLIVEIRA, P. A.; SANTOS, V. S.; CURI, R. C.; CARVALHO, J. R. M. Redução de evaporação de água: estudo de caso no reservatório de São Gonçalo/PB, **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. v.10 - n.5. 2019.

OLIVEIRA, G. M. Estudo da evaporação nas microrregiões do Cariri e Sertão da Paraíba. Campina Grande: UFCG, 2003. 203p. Tese Doutorado

PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of Royal Society-Series A**, London, v.193, n.1, p.120 145, 1948.

PEREIRA, S.B. (2004). Evaporação no lago de Sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco. Tese de Doutorado, **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 105p.

ROSENBERRY, D. O.; WINTER, T. C.; BUSO, D. C.; LIKENS, G. E. Comparison of 15 evaporation methods applied to a small mountain lake in the northeastern USA. **Journal of Hydrology**, v. 340, p. 149-166, 2007.

ROQUE, R. O; SANSIGOLO. C. A. Estimativas de Evaporação do Lago de Taquaruçu, SP pelo Modelo Conceitual de Morton. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v 6 n.1, 21-28p, 2001.

SILVA, M. T. L. avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região do Vale do São Francisco. 39p. **Monografia (Bacharel em Agronomia.)**. Universidade Federal Rural de Pernambuco Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2019.

TROVATI, L. R. (1987). Estimativas da evaporação do Lago de Ilha Solteira através do modelo de relação complementar In: **VII Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos**, Salvador. Anais, São Paulo, ABRH, v. 2, p. 162-67.

VIEIRA N. P. A; PEREIRA. S. B; MAURO. A; MARTINEZ. A.; SILVA. D. D. D; SILVA. F. B. Estimativa da evaporação nos reservatórios de Sobradinho e Três Marias usando diferentes modelos. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**. v 37n. 3p 433-448, 2016).

WILLMOTT, C. J. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, Ottawa, v.90, n.C5, p.8995– 9005, 1985.