



ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA MORRO DO CHAPÉU, BAHIA

EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION OF REFERENCE FOR MORRO DO CHAPÉU, BAHIA

Taiara Souza Costa¹, Ramon Amaro de Sales², Aldnira Tolentino Nogueira¹, Robson de Jesus Santos¹, Rosangela Leal Santos¹, Roziane Lopes Brito³, Rafael Cruz Cordeiro¹

¹Universidade Estadual de Feira de Santana, Campus Feira de Santana – Bahia, taiarauefs@gmail.com, niranina@hotmail.com, rosangela.leal@gmail.com, rccordeiro12@gmail.com; ²Universidade Federal de Viçosa, ramonamarodesales@hotmail.com; ³Universidade do Estado da Bahia, rozeane-brito@hotmail.com.

Apresentado na

30ª Semana Agronômica do CCAE/UFES - SEAGRO 2019

16 à 20 de Setembro de 2019, Alegre - ES, Brasil

RESUMO – O objetivou-se calcular a ETo usando métodos empíricos e ajustar em função do Penman-Monteith-FAO 56 para o município de Morro do Chapéu, Bahia. Foram utilizados dados diários das temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento, sendo esses dados provenientes da estação meteorológica convencional pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia, durante o período de 01 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2016. A partir dos dados adquiridos, elaborou-se os cálculos da ETo pelos métodos de Priestley e Taylor, (1972), Camargo, (1971) e pelo modelo padrão de Penman-Monteith (PM FAO–56). Os resultados da ETo mensal mostram grandes variações antes da calibração, além disso, observa-se, que existiu um comportamento de subestimativa e superestimativa da ETo para os métodos PT e CM respectivamente originais quando analisado em relação ao modelo padrão PM FAO–56, sendo mais pronunciada nos meses de maior demanda de evapotranspiração, que corresponde com o período mais seco do ano, ou seja, estações primavera e verão. Após o ajuste dos parâmetros, os métodos CM e PT tiveram os erros de suas estimativas reduzidos, entretanto o modelo PT tem um comportamento mais preciso para as condições climáticas quando comparado com CM, sendo indicado para estimar a ETo diária.

PALAVRAS-CHAVE: Métodos empíricos; Ajuste da equação; Penman-Monteith (FAO-56).

KEYWORDS: Empirical methods; Adjustment of the equation; Penman-Monteith (FAO-56).

SEÇÃO: Engenharia Agrícola

INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial, que está ligado de forma direta ou indiretamente nas atividades do homem, não obstante, algumas regiões do Brasil já vivenciam crises hídricas, em especial as regiões semiáridas, que é constituída em maior parte do ano pelo balanço hídrico negativo, o que consequentemente coloca em risco principalmente as atividades agrícolas de sequeiro (BEZERRA et al., 2010). Desta forma, a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) que está ligada ao manejo dos sistemas de irrigação são cruciais para o



melhor aproveitamento e manutenção deste recurso, haja vista que, é possível a obtenção de informações climáticas com praticidade e baixo custo.

Existe na literatura vários métodos empíricos que estimam a ETo, no qual se diferenciam quanto à necessidade das variáveis meteorológicas coletadas nas estações climáticas e consequentemente sua precisão. Com isso, é interessante que se tenha pelo menos um método que estime a ETo com boa precisão após ajustes das equações, com a intenção de minimizar erros cometidos no cálculo da ETo e aprimorar seus resultados para determinado município, quando comparado ao o modelo de Penman-Monteith recomendado pelo boletim 56 da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) como padrão e preconizado para calibração de métodos empíricos (ALLEN et al., 1994 a, b; ALLEN et al., 1998).

Entre os métodos empíricos mais comuns para a determinação da ETo, tem o de Priestley e Taylor-1972 (PT) que utiliza-se poucas variáveis para estimar a ETo (saldo de radiação, fluxo de calor no solo e temperatura do ar) e o método de Camargo- 1971 (CM) que requer apenas a temperatura média diária como dado entrada. Diante disso, torna-se importante a avaliação destes métodos quanto a sua acurácia em diferentes condições climáticas. Deste modo, o objetivo do presente trabalho, foi calcular a ETo diária usando estes métodos empíricos e ajustar em função do Penman-Monteith- FAO 56 para o município de Morro do Chapéu, Bahia.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado para o município do Morro do Chapéu, o qual tem sua área total 5.744,968 km², localizado na região semi-árida do Estado da Bahia (Latitude 11°,55'S, Longitude 41°,17'W e altitude de 1.017 m), que se encontra situado na região Nordeste do Brasil. Segundo Lobão et al. (2011), o clima do município é caracterizado por tipo seco a sub-úmido e semi-árido, concentrado o período chuvoso nos meses de novembro a janeiro.

Foram utilizados dados diários das temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento corrigida para 2 metros de altitude, sendo esses dados provenientes da estação meteorológica convencional pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), durante o período de 01 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2016. A partir dos dados adquiridos, elaborou-se os cálculos da ETo pelos métodos de Priestley e Taylor, (1972), Camargo, (1971) e pelo modelo padrão de Penman-Monteith (PM FAO-56).

Os dados de ETo foram calculados diariamente e em seguida, utilizou-se a ferramenta Solver do software Office Excel 2010® para realizar o ajuste dos métodos pela minimização do erro ao quadrado. Os dados de ETo foram analisados estatisticamente pelo software R (R Core Team, 2015) por meio da raiz do erro quadrático médio normalizado (RMSE), erro médio absoluto (MAE), Correlação de Pearson (r), índice de confiança (c), erro sistemático (BIAS) e índice de concordância d de Willmott (WILLMOTT et al., 1985) a fim de verificar o desempenho da calibração.

RESULTADO E DISCUSSÕES

Na Tabela 1, visualiza-se os valores de ETo, no qual através do cálculo diário foram agrupados e apresentados pela média diária para cada mês pelos diferentes métodos, os quais apresentam grandes variações antes da calibração. A média mensal estimada pelo modelo padrão PM FAO-56 foi de 128,72 mm mês⁻¹, sendo que o mês de dezembro apresentou o maior valor acumulado para a ETo original, com 154,62 mm mês⁻¹, enquanto o mês de junho, o menor valor, com 86,70 mm mês⁻¹, seguido com o mês de julho 94,52 mm mês⁻¹. É importante visualizar que o método CM estimou a menor média mensal de ETo original, 101,55 mm mês⁻¹ e teve a menor ETo no mês de junho, haja vista que representa o mês com menor temperatura média anual e este método utiliza como parâmetro de entrada a temperatura do ar.

Tabela 1. Estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) mensal, mm mês⁻¹, para o município de Feira de Santana (BA) no período de 2000 a 2016.

	PM FAO-56	Original		Ajustado	
		CM	PT	CM	PT
Jan	154,19	123,05	197,95	153,98	154,32



Fev	139,45	111,73	179,25	139,51	139,53
Mar	142,78	116,61	183,17	142,61	142,89
Abr	117,00	98,87	150,54	117,15	117,11
Mai	106,13	89,85	135,86	106,04	105,66
Jun	86,70	71,56	112,74	86,76	86,83
Jul	94,52	73,17	120,99	94,31	94,13
Ago	112,97	82,64	146,30	112,96	113,11
Set	132,54	96,27	170,16	132,38	132,67
Out	154,00	115,00	196,44	154,18	154,09
Nov	149,74	116,66	191,77	149,56	149,90
Dez	154,62	123,17	198,35	154,41	154,34
Média anual	128,72	101,55	165,29	128,65	128,71

Já o modelo PT antes do ajuste, que estima a ETo em função principalmente da radiação solar, obteve maior média mensal de 165,29 mm mês⁻¹, sendo que os meses de dezembro, janeiro e outubro apresentaram máximas ETo, 198,35; 197,95 e 196,44 mm mês⁻¹ respectivamente. Modelos que utiliza a radiação solar para estimar a ETo tem maior desempenho quando comparado com PM FAO-56, uma vez que esta variável climática está diretamente ligado a evaporação da água (PANDEY et al. 2016; SALES et al. 2018). Ainda na Tabela 1, verifica que o ajuste dos métodos tornaram a ETo mensal dos métodos alternativos intimamente associados ao PM FAO-55.

Os valores dos coeficientes originais e os coeficientes ajustados para cada um dos modelos avaliados, em relação ao método padrão de FAO-56 PM para o município do Morro do Chapéu, Bahia estão apresentados na Tabela 2. O método de CM apresenta coeficiente original igual a 0,011, com o ajuste foi para 0,014, o qual teve um aumento de 27,3% em contrapartida, o método de PT apresentou redução de 25 % no coeficiente ao ser ajustado quando comparado com o original que foi de 1,300.

Tabela 2. Coeficientes para os métodos ajustados e origina para ETo dia⁻¹, no município de Morro do Chapéu, Ba

Métodos	Originais	Ajustados
CM	0,011	0,014
PT	1,300	0,976

Na Figura 1 apresenta-se a variação das médias de evapotranspiração de referência mensal, ETo, ao longo dos meses para os métodos originais e ajustados. Observa-se, nesta figura, que existe subestimativa e superestimativa da ETo para os métodos PT e CM originais quando analisado em relação ao modelo padrão PM FAO-56, sendo mais pronunciada nos meses de maior demanda de evapotranspiração, que corresponde com o período mais seco do ano, ou seja, estações primavera e verão.

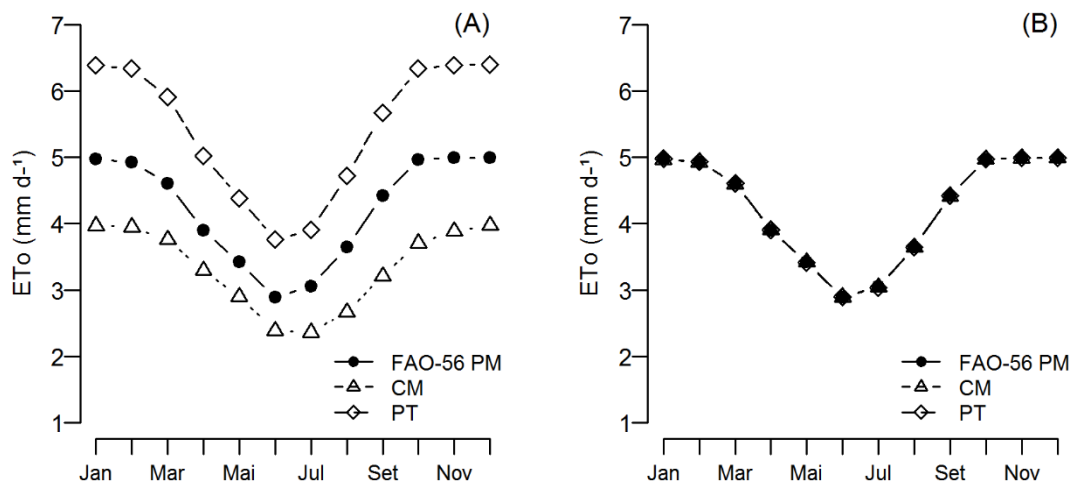


Figura 2. Comportamento médio mensal da estimativa da evapotranspiração de referência, obtida no período de 2000 à 2016 em Morro do Chapéu - BA. A- original e B-ajustado.

O método Priestley e Taylor foi o que superestimou e o modelo de Camargo subestimou o modelo PM FAO-56 (Figura 2 – A). No entanto, ao realizar o ajuste dos métodos, visualiza-se na Figura 2- B que os métodos alternativos apresentaram comportamento semelhantes ao modelo padrão. A utilização de valores de ETo mensal apenas não detecta a magnitude dos erros nos métodos em estudo (Costa et al., 2019). Com isso, realizou a análise de outros parâmetros estatísticos, afim de verificar melhor a precisão dos métodos (Tabela 3).

A Tabela 3 apresenta os resultados da avaliação da ETo diária em ordem crescente para a correlação de Pearson e para o índice d. Pode-se verificar a sub ou superestimava de um modelo através do BIAS. Com isso, é notório que para os métodos originais, PT superestimou em relação ao PM FAO-56. Apesar da superestimativa, o método PT obteve-se melhor acurácia, com valor de correlação $r = 0,99$, $d = 0,77$ e desempenho muito bom $c = 0,76$. Corroborando o exposto, no qual Silva et al. 2011 ao estimar a ETo para o Semiárido Pernambucano utilizando métodos empíricos, também verificou-se que PT superestimou, entretanto foi o único que foi considerado para uso, pois apresentou o melhor índice d (0,67) e de confiança mediado.

Tabela 3. Avaliação das estimativas de ETo diária (mm d^{-1}) nos anos de 2000 a 2016 com diferentes métodos em relação ao método PM FAO-56, antes (original) e após o ajuste (ajustado) dos parâmetros.

Métodos	Original					Ajustado				
	RMSE	BIAS	r	d	c	RMSE	BIAS	r	d	c
CM	0,88	0,78	0,90	0,75	0,68	0,39	-0,01	0,91	0,94	0,85
PT	1,22	-1,19	0,99	0,77	0,76	0,08	0,007	1,00	0,99	0,98

Raiz do erro quadrático médio (RMSE mm d^{-1}); Correlação de Pearson (r); Erro sistemático (BIAS mm d^{-1}); Índice de concordância de Willmott (d); índice de confiança “c”.

Já CM subestimou e obteve classificação bom quando analisado o índice c 0,68. Isso possivelmente é explicado porque o método apresenta bons resultados em condições climática úmida. Como expõem o trabalho Cavalcante Junior et al. 2011 que estima a ETo em condições semiárida no Nordeste brasileiro e observa-se que em condições úmida o método CM apresentou melhores resultados quando comparado as condições seca que é classificado como péssimo.

Após o ajuste dos parâmetros (Tabela 2), os métodos CM e PT tiveram os erros (RMSE) de suas estimativas drasticamente reduzidos. Destacando PT que reduziu de $1,22 \text{ mm d}^{-1}$ para $0,08 \text{ mm d}^{-1}$, o que significa 114% a menos e elevou o índice d para 0,99. O modelo CM também mostraram resultados satisfatório, o qual, apresentou índice de desempenho muito bom, entretanto foi menos preciso que PT que foi classificado com o desempenho ótimo e correlação 1,00 com o PM FAO-56.



CONCLUSÃO

Os métodos empíricos originais não são recomendados para o município de Morro do Chapéu, haja vista que PT superestimou e CM subestimou o método padrão PM FAO-56. Ao realizar o ajuste das equações, fica evidente a redução dos erros e a elevação do índices d para os métodos, entretanto o método PT tem um comportamento mais preciso para as condições climáticas quando comparado com CM, sendo indicado para estimar a ETo diária desta região.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; SMITH, M.; PERRIER, A.; PEREIRA, L. S. An update for the definition of reference evaporation. **ICID Bulletin**, v. 43, n. 2, p. 1-34, 1994a.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and Drainagepaper, 56. **FAO, Rome**, v. 300, n. 9, p. 297, 1998b.
- BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marrom, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 625-632, 2010.
- CAMARGO, A. P. **Balanço hídrico no Estado de São Paulo**. 3a ed., Campinas, IAC. 24 p. 1971. (Boletim 116).
- COSTA, T. S.; SALES, R. A.; SANTOS, R. A.; OLIVEIRA, E. C.; BOHRY, D.; SALLES, R.A.; SANTOS, E. P.; SANTOS, R. L. Calibration methods for estimation of reference evapotranspiration in Morro do Chapéu, Bahia, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 5, 2019.
- CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; OLIVEIRA, A. D.; ALMEIDA, B. M.; SOBRINHO, J. E. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Revista Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n.1, p. 1699-1708, 2011.
- PANDEY, P. K.; DABRAL, P. P.; PANDEY, V. Evaluation of reference evapotranspiration methods for the northeastern region of India. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 4, n. 1, p. 56-67, 2016.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Clima [Internet]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 25 abr. 2019.
- PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 100, p. 81-92, 1972.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 junho 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. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 154-167, 2018.
- SILVA, A. P. N.; SOUZA, L. R. Estimativa de evapotranspiração de referência no semiárido Pernambucano. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 003-022, 2011.
- WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for evaluations and comparisons of models. **Journal os Geophysical**, Ottawa, v. 90, n. 65.p. 8995-9005, 1985.