



ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA COM DADOS DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA PARA RIO BRANCO/AC

Helder J. F. da Silva¹, Paulo S. Lucio², Cláudio M. S. e Silva³, Jório B. C. Junior⁴

¹ Meteorologista. Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas, UFRN/PPGCC, Natal-RN, Fone: (0xx84) 3342-2479, (helderlagoia@hotmail.com).

² Matemático. Prof. Adjunto, Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas, UFRN/PPGCC, Natal-RN.

³ Meteorologista. Prof. Adjunto, Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas, UFRN/PPGCC, Natal-RN.

⁴ Geógrafo. Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas, UFRN/PPGCC, Natal-RN.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA

RESUMO: Antes da escolha de determinado método para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em uma região, é de extrema importância avaliar o grau de exatidão do modelo. A presente pesquisa objetivou avaliar o desempenho de quatro métodos para estimativa da ET_o para Rio Branco, AC. Os dados meteorológicos foram retirados do Instituto Nacional de Meteorologia no período de 6 meses (janeiro a junho de 2013). O método tomado como padrão foi o Penman-Monteith-FAO; e a comparação dos resultados foi por meio do coeficiente de determinação (r), índice de concordância de Willmott (d), coeficiente de correlação de Pearson (r) e do coeficiente de confiança (c). O melhor método para estimativa da ET_o foi o de Turc. Quando se tem apenas dados de temperatura, recomenda-se utilizar o método de Hargreaves-Samani, este poderá ser utilizado depois de sua equação receber calibração para a região de estudo. O método de Camargo não deve ser utilizado para a estimativa da ET_o em Rio Branco, AC.

PALAVRAS-CHAVE: Agrometeorologia, Evaporação, Penman-Monteith-FAO

ESTIMATE EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE DATA WITH AUTOMATIC METEOROLOGICAL STATION FOR RIO BRANCO/AC

ABSTRACT: Before choosing a particular method to estimate reference evapotranspiration (ET_o) as a region, is extremely importance to assess the degree of accuracy of the model. This study aimed to evaluate the performance of four methods for estimating ET_o for Rio Branco, AC. Meteorological data were taken from the National Institute of Meteorology in 6 months (January-June 2013). The method was taken as the standard Penman-Monteith-FAO, and the comparison of the results was by means of the coefficient of determination (r), Willmott index of agreement (d), the Pearson correlation coefficient (r) and the coefficient of confidence (c). The best method to estimate ET_o was to Turc. When you have only temperature data, it is recommended to use the method of Hargreaves-Samani, this can be used after your receive





calibration equation for the study region. The method of Camargo should not be used to estimate ETo in Rio Branco.

KEYWORDS: Agrometeorology, Evaporation, Penman-Monteith-FAO

INTRODUÇÃO

É indispensável o conhecimento acerca do ciclo hidrológico, dentre eles um dos mais importantes e difíceis de ser mensurada e/ ou estimada é da evaporação e transpiração. É muito comum e farta a bibliografia sobre o conhecimento do regime pluvial, por exemplo, mas, ainda, é menos comum o conhecimento de perda de água para a atmosfera. Nery e Castañeda (1992) já apontavam que a disponibilidade de água do solo para as plantas não depende apenas das precipitações pluviais, mas também de outro componente do balanço hídrico que corresponde às perdas de água do solo para a atmosfera, que ocorrem por evaporação e transpiração vegetal, processo denominado de evapotranspiração. Diante da variabilidade espacial da evapotranspiração e dos poucos estudos locais nessa área do conhecimento no estado do Acre, certamente o presente trabalho poderá contribuir para desenvolvimento de diversos setores da sociedade, tais como o: meio ambiente, agricultura irrigada, modelagem hidrológica e a saúde. O método de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998) é considerado como o que possui melhor desempenho quando aplicado em diversos tipos de clima, sendo por isso recomendado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura (FAO), como padrão para a estimativa da Evapotranspiração de Referência (ET_o). Sendo assim, este trabalho teve como objetivo comparar quatro métodos de estimativa diária da ET_o (Hargreaves-Samani, Ivanovi, Camargo e Turc em relação ao método de Penman-Monteith-FAO utilizando dados da estação meteorológica automática.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho utilizou dados coletados na Estação Automática Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalada a 40 km do centro de Rio Branco/AC. (em uma fazenda localizada próximo a estrada que dá acesso a Assis Brasil), a qual apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude 09° 57' 28" S, longitude 68° 09' 54" W e altitude de 220 m, município de Rio Branco, cujas observações e registros meteorológicos, foram realizados segundo as normas estabelecidas pela Organização Meteorológica Mundial (WMO)/INMET). Durante o período de janeiro a junho de 2013. Os dados meteorológicos horários foram convertidos para dados diários e depois para médias mensais. Os métodos avaliados foram: Hargreaves-Samani (2000), Ivanovi (1977), Camargo (1971) e Turc (1961), os detalhes das equações podem ser vistos em Cunha (2013). A análise de desempenho dos métodos foram feitas comparando os valores de ET_o obtidos pelos métodos empíricos com o método de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998). A metodologia adotada para comparação e aproximação dos valores de ET_o estimados por determinado método estudado, em relação aos





valores obtidos com uso do método padrão, foi obtida por um índice designado concordância ou ajuste, representado pela letra “d”, onde seus valores variam desde zero, onde não existe concordância, a 1, para a concordância perfeita. O índice de concordância de Willmott (d) foi calculado aplicando-se a Equação 1. Para validação do modelo, obteve-se também o coeficiente de correlação de Pearson (r) pela Equação 2 e o coeficiente de confiança ou desempenho (c) pela Equação 3 e Tabela 1, conforme proposto por Camargo e Sentelhas (1997), a seguir.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left[(|Y_i - \bar{X}|) + (|X_i - \bar{X}|) \right]^2} \quad (1) \quad r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (2) \quad c = r \cdot d \quad (3)$$

em que: d é o índice de concordância ou ajuste de Willmott; Y_i é a evapotranspiração de referência estimada pelo método-padrão (mm.dia⁻¹); X_i é a evapotranspiração de referência obtida pelo método testado (mm.dia⁻¹); \bar{X} é a média dos valores de evapotranspiração de referência obtidos pelo método testado (mm.dia⁻¹); n é o número de observações; r é o coeficiente de correlação de Pearson; \bar{Y} é a média dos valores de evapotranspiração de referência obtidos pelo método-padrão (mm.dia⁻¹); c é o coeficiente de confiança ou desempenho.

Segundo Cohen (1988), o coeficiente de correlação (r) pode ser classificado como: “muito baixo” ($r < 0,1$); “baixo” ($0,1 < r < 0,3$); “moderado” ($0,3 < r < 0,5$); “alto” ($0,5 < r < 0,7$); “muito alto” ($0,7 < r < 0,9$); e “quase perfeito” ($r > 0,9$).

Tabela 1 – Critério de avaliação do desempenho dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência pelo índice (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1997).

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os gráficos e os coeficientes de correlação linear considerando os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) utilizados na análise tendo o método de Penman-Monteith recomendado pela FAO como padrão. As relações de dispersão



(Figuras 1a a 1d) a partir de dados diários entre os métodos avaliados, ou seja, o método padrão de ETo_PM (eixo horizontal), e os métodos testados (eixo vertical), onde observa-se que o método ETo_TURC (Figura 2d) obteve o maior coeficiente de correlação linear em relação ao método ETo_PM com valor de $r=0,97$, em seguida tem-se o método de ETo_HS com $r=0,79$ (Figura 1a), ETo_IVA com coeficiente igual a $r=0,75$ (Figura 1c) e ETo_CAM que apresentou a menor correlação com $r=0,49$ (Figura 2b), corroborando com Souza (2009) em estudo realizado no município de Rio Branco utilizando dados da estação convencional disto 40 km da estação automática utilizada no referido estudo.

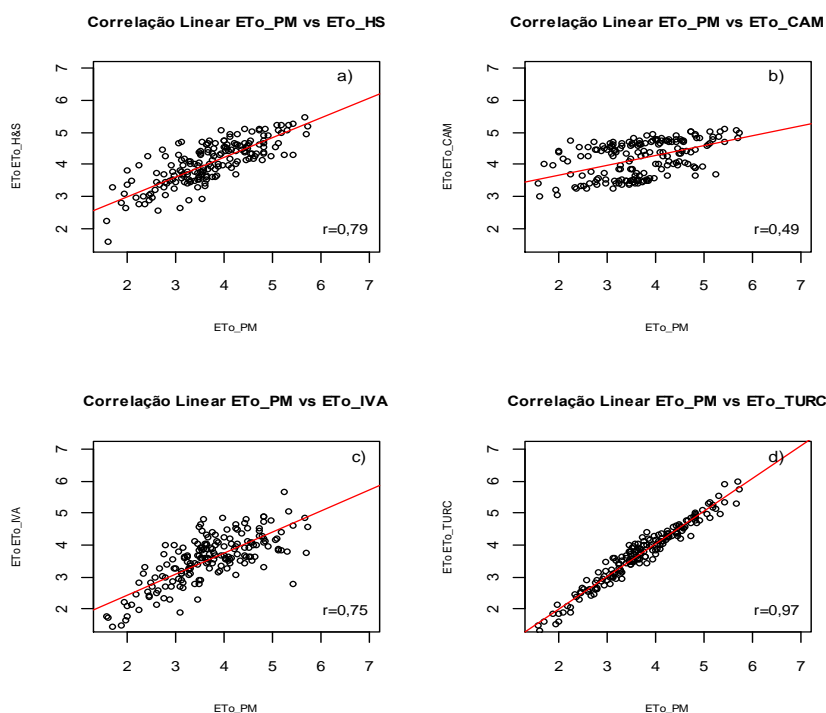


Figura 1 – Correlações entre os valores da ETo estimados com dados diários (período de janeiro a junho de 2013) pelos métodos de Hargreaves-Samani-ETo_HS (1a), Ivanovi-ETo_IVA (1b), Camargo-ETo_CAM (1c), Turc-ETo_TURC (1d) e o modelo de Penman-Monteith-ETo_PM em (mm dia⁻¹) para o município de Rio Branco- AC, Estação Automática - 2013.

Na Tabela 2 estão apresentadas as estimativas das concordâncias de Willmott (d), correlações de Pearson (r), coeficientes de confiança (c) e desempenhos propostos por Camargo e Sentelhas (1997), obtidos das correlações entre os valores de evapotranspiração de referência (ETo) pelo método de Penman-Monteith-FAO com os obtidos pelos métodos estudados. Observa-se que o melhor método para estimativa da ETo para Rio Branco, AC, de acordo com o coeficiente de desempenho (c), foi o método de Turc, tendo recebido desempenho classificado como “Ótimo”, sendo, dessa forma, recomendado para estimativas de ETo em Rio Branco, corroborando com Souza (2009). Os métodos de Hargreaves-Samani, Camargo e Ivanovi são muito utilizados para estimativas da ETo no País, e apesar de ter apresentado valores de concordância próximos de 0,85 na presente pesquisa, receberam desempenhos classificados como “Mediano”, “Mau” e “Mediano”, respectivamente. Sugerindo que os métodos que receberam desempenhos medianos façam ajustes regionais e o que com desempenho “mau” não seja utilizado na região de estudo.



Tabela 2 – Estimativa da concordância de Willmott (d), correlação de Pearson (r), coeficiente de confiança (c) e desempenho de Camargo e Sentelhas, obtidos das correlações entre os valores de evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pelos métodos estudados, com os valores estimados pelo método de Penman-Monteith-FAO, na estação meteorológica automática em Rio Branco, AC.

Análise estatística		ET _o _HS	ET _o _CAM	ET _o _IVA	ET _o _TURC
d	índice de concordância	0,82	0,73	0,84	0,98
r	coeficiente de correlação	0,79	0,49	0,75	0,97
c	Índice de desempenho	0,65	0,49	0,62	0,94
Desempenho		Mediano	Mau	Mediano	Ótimo

CONCLUSÕES

Diante dos resultados, concluiu-se que o método de Turc (ET_o_TC), atendeu satisfatoriamente a estimativa da ET_o para o município de Rio Branco-AC, com desempenho ótimo.

Recomenda-se o ajuste regional dos métodos Hargreaves-Samani (ET_o_HS) e Ivanovi (ET_o_IVA), visando a melhoria dos índices de desempenho destes métodos.

Por fim, o método de Camargo (ET_o_CAM) não deve ser utilizado para estimativa da ET_o para o município de Rio Branco-AC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

CAMARGO, A.P. **Balço hídrico no estado de São Paulo**. 3. ed. Campinas: IAC, 1971. 24p. (Boletim, n. 116).

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1988. 569p.

CUNHA, F.F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da Evapotranspiração de Referência para Chapadão do Sul, MS – **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, v.21, n.2, mar./abr. 2013.

DORFMAN, R. **Crítérios de avaliação de alguns métodos de cálculo da evapotranspiração potencial**. Porto Alegre. UFRGS. Dissertação de Mestrado, 1977. 210p.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



NERY, J.T.; CASTAÑEDA, E. Cálculo da evapotranspiração potencial na região de Maringá: estudo estatístico. **Rev. Unimar**, Maringá, v. 14, n. 1, p. 59-74, 1992.

SAMANI, Z. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 126, n. 4, p. 265-267, 2000.

SOUZA, M.L.A. **Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em Rio Branco, Acre**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal), Universidade Federal do Acre, Rio Branco – Acre, 2009.

TURC, L. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle, formule simplifiée et mise à jour. **Annals of Agronomy**, v.12, n.1, p.13-49, 1961.

