

ESTUDO COMPARATIVO DA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR DIFERENTES MÉTODOS PARA A REGIÃO DE PEDRO AFONSO – TO

Jéssica Pereira de Souza¹,
Gislayne Dias Freitas¹,
Thiasly Moraes Lima¹,
Alexandre Barreto Almeida dos Santos²

RESUMO

A evapotranspiração é o processo de perda de água do solo vegetado devido à evaporação do solo e à transpiração dos vegetais, podendo ser estimada por vários métodos empíricos. Objetivou-se, com o presente trabalho, realizar a avaliação do desempenho dos métodos de Blaney-Criddle, Hargreaves e Camargo na estimativa da evapotranspiração potencial em comparação com o método-padrão Penman-Monteith (FAO 91), para as condições climáticas do município de Pedro Afonso - TO. Utilizou-se um conjunto de dados mensais de um ano (2012), trabalhando-se com os elementos climáticos temperatura, UR, velocidade do vento e radiação solar. A análise estatística utilizada foi a regressão linear e análise estatística simples. O método de Camargo e Blaney Criddle não apresentou bons desempenhos. Já o método de Hargreaves obteve a maior correlação com a equação padrão na estação do outono, verão e primavera, porém no inverno, o valor foi insatisfatório.

Palavras-chave: Variáveis metodológicas, Penman Monteith.

ABSTRACT

Evapotranspiration is the process of loss of water from vegetated soil due to soil evaporation and transpiration of plants, can be estimated by various empirical methods. The aim of the present work, appraise the performance of the Blaney-Criddle methods, Hargreaves and Camargo to estimate the potential evapotranspiration compared to the standard method Penman-Monteith (FAO 91), to the climatic conditions of the city Pedro

¹Acadêmicos do curso de agronomia, Faculdade Católica do Tocantins, jessicaagro11@gmail.com, gisgislayne@gmail.com, moraes23@globomail.com.

Jéssica Pereira de Souza, acadêmica do curso de Agronomia, Faculdade Católica do Tocantins; e-mail, jessicaagro11@gmail.com; Gislayne Dias Freitas, acadêmica do curso de agronomia, Faculdade Católica do Tocantins; e-mail, gisgislayne@gmail.com; Thiasly Moraes Lima, acadêmico do curso de Agronomia, Faculdade Católica do Tocantins; e-mail, moraes23@globomail.com.

²Alexandre Barreto Almeida dos Santos, Professor mestre do curso de Agronomia, Faculdade Católica do Tocantins, e-mail, barreto@catolica-to.edu.br.

Afonso - TO. We used a set of monthly data from one year (2012), working with the climatic elements temperature, RH, wind speed and solar radiation. The statistical analysis used was the simple linear regression and statistical analysis. The method of Camargo and Blaney Criddle did not produce good performances. But the method of Hargreaves had the highest correlation with the standard equation in the fall season, spring and summer, in winter the amount was unsatisfactory.

Keywords: methodological variables, Penman Monteith

INTRODUÇÃO

A agricultura é a principal atividade econômica do estado do Tocantins, tendo destaque às culturas do arroz, soja, milho, feijão, mandioca e a cana-de-açúcar (AMARAL, et al., 2010). Entre as cidades produtoras da região, Pedro Afonso, encontra-se em posição de destaque com tradicional produção de grãos, o hectare da área agrícola sai por R\$ 4.000 (quatro mil reais) e em área fechada, por R\$ 2.800 (dois mil e oitocentos reais). No município, a Bunge já começou a plantar cana-de-açúcar (IBGE, 2010).

A água tem sido um recurso natural de extrema necessidade e importância para o homem desde a descoberta de que a produção de alimentos dependia da oferta de água utilizada no cultivo.

Um dos desafios da humanidade é o atendimento da demanda por água de boa qualidade sendo que alguns fatores podem gerar sérios problemas ao abastecimento de água pelos próximos anos, com o crescimento populacional de forma exponencial, há necessidade de produção de alimentos para a população e para desenvolvimento industrial (GRASSI, 2011).

Um dos principais componentes do ciclo hidrológico é a evapotranspiração que tem por definição, segundo MENDONÇA et al. (2003), como a ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo e da transpiração das plantas. A precisão de sua estimativa é de grande importância para diversos estudos, como balanço hidrológico, modelagem dos processos climatológicos, projetos, manejos de irrigação, simulação de produtividade de culturas e planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (BACK, 2008).

Para aumentar a produção, qualidade e diversidade de alimentos, há a necessidade de estudos sobre novas técnicas de produção e o aperfeiçoamento das já existentes, entre estas técnicas encontra-se a irrigação (REIS et al., 2007). Entre as principais variáveis a serem observadas no planejamento, implantação e manejo de um

sistema de irrigação está a evapotranspiração (BERNARDO, 1995).

A evapotranspiração é um dos elementos mais relevantes para a irrigação, podendo ter a mesma importância que a precipitação, pois representa, teoricamente, a quantidade de água necessária a ser reposta na irrigação (CAMARGO & SENTELHAS, 1997).

Neste sentido, devido à ausência e a necessidade de estudos relacionados ao tema, o referido trabalho tem objetivo de estimar a evapotranspiração de referência para o município de Pedro Afonso – TO, para valores mensais e diários pelos métodos Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves e compará-los aos valores obtidos através do método Penman - Monteith FAO, para verificar a eficiência desses métodos na região de Pedro Afonso – TO.

1. Metodologia

Os dados foram coletados em períodos diários no período 01/01/2012 à 31/12/2012, foram obtidos pelo site <http://www.inmet.gov.br> da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de Pedro Afonso, norte do Estado de Tocantins, com altitude de - 8.96 m, com temperaturas que variam entre 25°C ao norte e 22°C ao sul, com coordenadas geográficas do município sendo latitude 8° 58' 17" Sul, longitude 48° 10' 31" Oeste. A região é classificada como Aw (tropical quente).

Os dados foram organizados em planilhas do Excel. As variáveis utilizadas foram temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), velocidade do vento a 2 metros de altura (m/s) e radiação solar (MJ/m².dia).

O método de *Penman–Monteith* será considerado como padrão, pois considera uma maior quantidade de variáveis e foi intitulada pela FAO (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração de referência foi estimada para períodos diários e mensais. As equações utilizadas para comparação foram de Blaney-Criddle, Camargo, e Hargreaves.

O Método *Penman-Monteith* FAO – PM foi parametrizado pela FAO - *Food and Agriculture Organization* (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) que recomenda a utilização deste como padrão para calibração dos demais métodos de estimativa (ALLEN et al., 1998).

Figura 1: Método Penman-Monteith FAO – PM

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

ET_o – evapotranspiração de referência (mm dia-1);

D – gradiente da curva de pressão de vapor contra temperatura (kPa °C -1);

e_s – pressão de saturação do vapor de água atmosférico (kPa);

R_n – radiação solar líquida disponível (MJ m-2 d-1);

G – fluxo de calor no solo (MJ m-2 d-1);

γ – constante psicrométrica (kPa °C -1);

u₂ – velocidade do vento medida a 2 m de altura (m s-1);

T_a – temperatura média diária do ar (°C);

e_a – pressão atual do vapor de água atmosférico (kPa);

O Método *Blaney-Criddle*, proposto por Blaney & Criddle (1950) é muito usado no oeste dos Estados Unidos para quantificar irrigação. Convertida para o sistema métrico, a equação pode ser expressa como na figura 2.

Figura 1: Método Penman-Monteith FAO – PM

$$ET_o = k p (0,46 T_a + 8,13)$$

k – coeficiente mensal dependente da vegetação, localidade e estação do ano, que varia de 0,5 a 1,2. Foram usados os valores de 0,85 para a estação úmida (novembro a abril) e 0,45 para a estação seca (maio a outubro)

p – porcentagem de insolação máxima diária (N) em relação ao horário de insolação teórico do ano (4380 h)

No Método Camargo, a equação é descrita da seguinte forma:

$$ET_o = 0,01 * Ra * T_m * K$$

Onde:

R_a - radiação solar extraterrestre incidente no topo da atmosfera no dia 15 de cada mês, mm·d-1;

T_m - temperatura média diária do ar, em °C; k - fator de ajuste de Camargo.

O coeficiente de Camargo é definido da seguinte forma: 1,00 para temperatura média do ar (T_m) até 23,5 °C; 1,05 para T_m de 23,6 a 24,5 °C; 1,10 para T_m de 24,6 a 25,5 °C; 1,15 para T_m de 25,6 a 26,5 °C; 1,20 para T_m de 26,6 a 27,5 °C e 1,30 para T_m superior a 27,5 °C.

No Método de Hargreaves, o modelo proposto por Hargreaves & Samani (1982; 1985) para estimar a E_{To} (mm d⁻¹) considera as variáveis latitude, temperatura diária máxima, média e mínima, é expresso pela seguinte equação:

$$E_{To} = 0,0023 \cdot (T_{med} - 17,8) \cdot (T_{max} - T_{min})^{0,5}$$

Onde:

E_{To} (HS) = evapotranspiração de referência segundo método Hargreaves - Samani, mm dia⁻¹;

R_a = radiação extraterrestre, mm dia⁻¹;

T_{max} - temperatura máxima do ar, °C;

T_{min} - temperatura mínima do ar, °C.

T_{med} - temperatura média do ar, °C;

K_t - coeficiente empírico empregado em regiões continentais (0,162), adimensional.

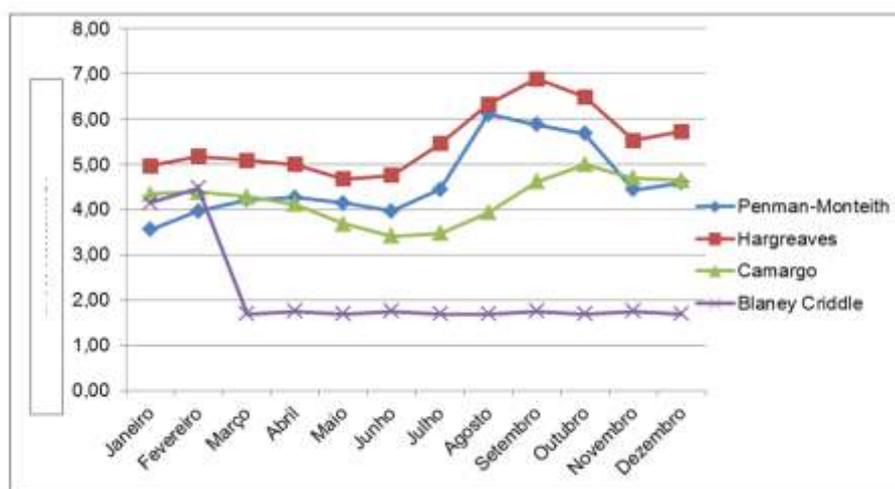
2. ESTATÍSTICA

O método padrão de Penman Monteith foi usado como referência para avaliar os demais métodos de evapotranspiração. Para processar os dados utilizou-se o editor de planilhas Microsoft Office Excel® em que foram calculadas as médias, porcentagens e regressão linear da evapotranspiração oriundas dos métodos estudados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra as médias mensais da evapotranspiração de referência adquirida por dados diários do ano de 2012 para a região de Pedro Afonso - TO, pelo método Blaney-Criddle (BC), Camargo (CG), Hargreaves (HG), tendo como referência o método de Penman - Monteith (PM).

Figura 3: Valores médios mensais de evapotranspiração de referência diária para a cidade de Pedro Afonso - TO, período 2012.



Para melhor compreensão os dados foram organizados por estação do ano.

A equação Hargreaves obteve a maior correlação com a equação padrão na estação do outono, 20/03/ a 19/06, verão, dia 21/11 a 19/03 e primavera, dia 22/09 a 20/11. No inverno (dia 20/06 a 21/09), o valor foi insatisfatório. Para o método citado, no outono e no verão o coeficiente de correlação de regressão $R^2=0,71$ e a equação de função resultado da regressão foram as seguintes, respectivamente: $y=0,6327x + 2,2082$; $y = 0.6529x + 2.6229$ (Figura 3). E na primavera o $R^2=0,61$.

A figura 4 mostra que no inverno ocorreu a maior variação entre a temperatura máxima e a mínima, influenciando diretamente no valor da ET_0 , e na correlação entre as equações.

FERNANDES et al., (2011), estimou a ET_0 para região de Goiás e observou a correlação entre a equação de Penman-Monteith e a Hargreaves e notou que a equação de Hargreaves teve $R^2=0,918$ no inverno, apresentando nesse período uma ótima correlação, diferindo do presente trabalho. Outros trabalhos comprovam a eficiência da equação tais como BORGES et al. (2007); OLIVEIRA et al. (2001); JÚNIOR et al.(2012).

Figura 4: Coeficiente e função resultado de correlação entre o Método de Penman Monteith e Hargreaves no Inverno, da cidade de Pedro Afonso - TO, no ano de 2012.

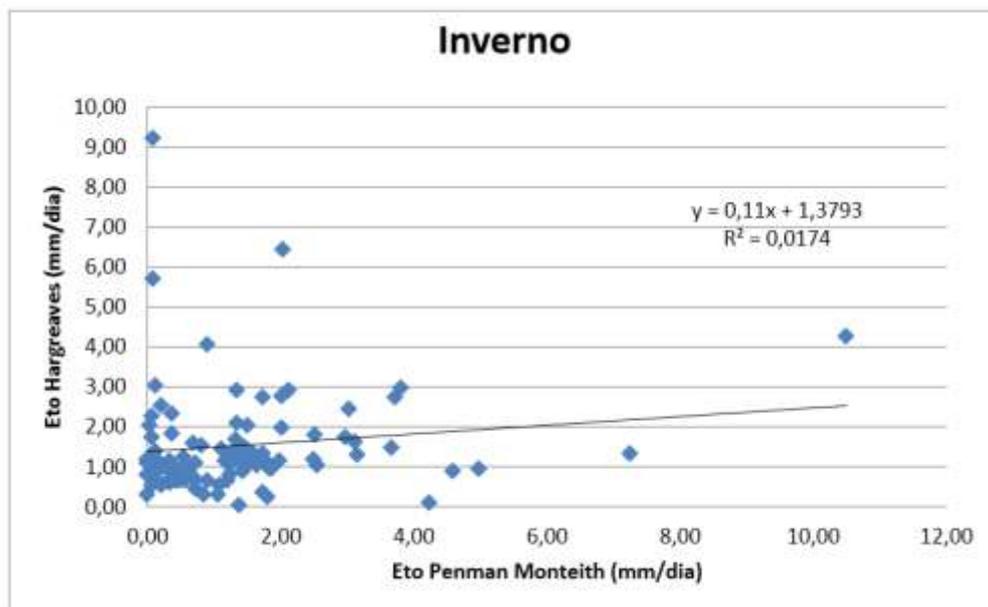


Figura 5: Coeficiente e função resultado de correlação entre o Método de Penman Monteith e Hargreaves na Primavera, da cidade de Pedro Afonso - TO, no ano de 2012.

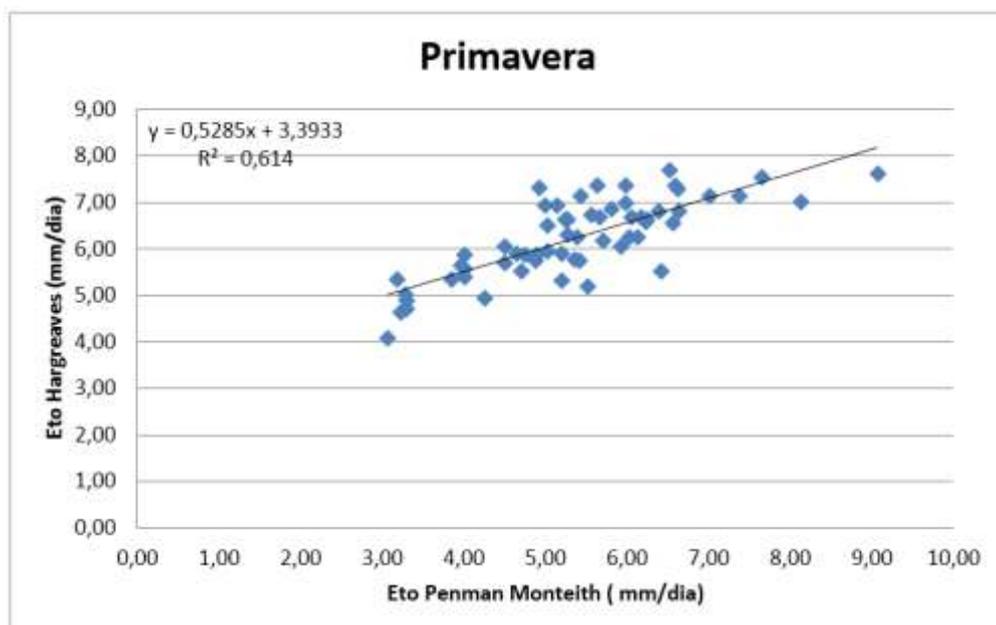
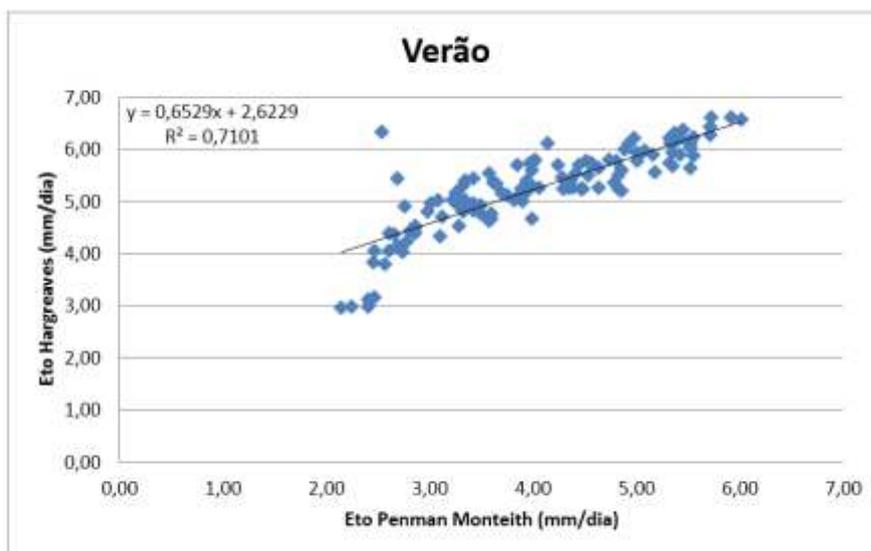


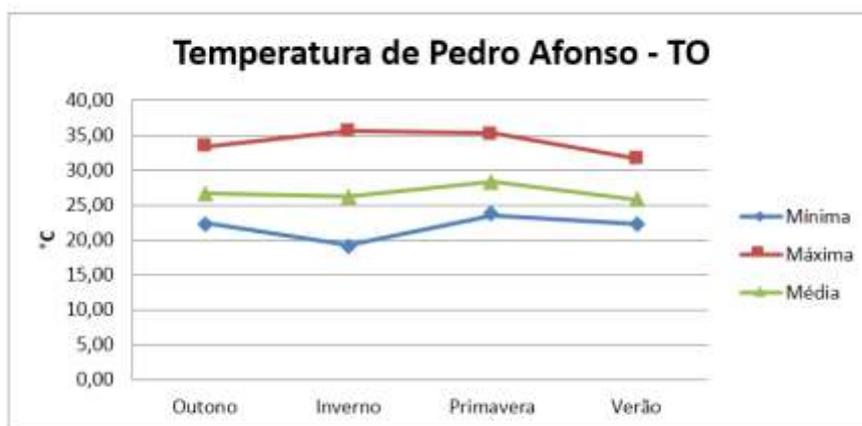
Figura 6: Coeficiente e função resultado de correlação entre o Método de Penman Monteith e Hargreaves no Verão, da cidade de Pedro Afonso - TO, no ano de 2012.



O método de Camargo não obteve correlação satisfatória para todas as estações do ano. O coeficiente de correlação R^2 foi: 0,21; 0,25; 0,53; 0,51, respectivamente, outono, inverno, primavera, verão. Diferindo de trabalhos realizados por Borges & Mendiondo, 2007 na bacia do rio Jacupiranga - SP; Klosowski & Galvani, 1997 na cidade de Maringá - PR, nos trabalhos o R^2 foi considerado bom.

O método de Blaney Criddle não obteve correlação de regressão com a equação padrão para a região estudada.

Figura 7: Temperatura máxima, mínima e média, da cidade de Pedro Afonso - TO, no ano de 2012.



CONCLUSÃO

O método de Hargreaves foi o que melhor se ajustou para a região, exceto na estação do inverno. Os métodos de Camargo e Blaney Criddle, não estão ajustados para a região estudada. Recomenda-se adequar os índices das equações para obter resultados próximos à equação padrão.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop. **Evapotranspirations: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 297p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- AMARAL; NASCIMENTO. **Produto Interno Bruto Estadual e Municipal. Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento de Roraima**. 6. ed. Boa Vista: CGEES/SEPLAN – RR, 2010.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6 ed. Viçosa: UFV, 1995. 657p.
- BACK, A.J. **Desempenho de métodos empíricos baseados na temperatura do ar para a estimativa da evapotranspiração de referência em Urussanga, SC**. Irriga, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 449-466, 2008.
- BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M. **Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.11, n.3, p.293-300, 2007.
- CAMARGO, Â. P.; SENTELHAS, P. C. **Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.5, n.1 p. 89 - 97, 1997.
- FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; TAKAY, B. Y. **Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba - MG**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.15, n.3, p.270-276, 2011.
- GRASSI, M.T. As águas do planeta Terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. Ed. Especial. Campinas. p. 31 – 40. 2001.
- JÚNIOR, D. F.; LOPES, A. S. ET AL. **Métodos Empíricos para Estimativa da Evapotranspiração de Referência para Aquidauana, MS**. Irriga, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 418 - 434, outubro - dezembro, 2012.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2010.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 183p. 1997.

KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E. **Estimativa de evapotranspiração potencial para a região de Maringá: estudo comparativo entre os métodos do Tanque Classe A, Thornthwaite, Camargo e Penman simplificado**. Rev. Unimar, Maringá, v. 19, n. 4, p. 1113-1124, 1997.

OLIVEIRA, G. M. de; LEITÃO, M. de M. V. B. R.; BISPO, R. de C.; SANTOS, I. M. S.; ALMEIDA, A. C. de. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na região Norte da Bahia**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.4, n.2, p.104-109, 2001.