



ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET₀) DIÁRIA PARA O MUNICÍPIO DE TRACUATEUA, PARÁ

RENATO A. S. RODRIGUES¹, RODRIGO O. R. DE M. SOUZA², LUÍS C. N. DE CARVALHO³, PAULO B. S. FILHO⁴.

1. Eng. Agrônomo, Estudante, Instituto de Ciências Agrárias, UFRA, Belém – PA, Fone: (091) 8300-9190, renato.augustor@hotmail.com
2. Eng. Agrícola, Prof./Orientador, Instituto de Ciências Agrárias-ICA/UFRA, Belém-PA.
3. Eng. Agrônomo, Estudante, Instituto de Ciências Agrárias, UFRA, Belém – PA
4. Eng. Agrônomo, Estudante, Instituto de Ciências Agrárias, UFRA, Belém – PA

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: O objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo comparativo entre o método padrão FAO Penman- Monteith e o modelo Hargreaves Samani para estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Tracuateua. Foram utilizados dados meteorológicos diários, obtidos na Estação Meteorológica Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, localizado no município de Tracuateua. A série histórica utilizada abrangeu os anos de 2002 a 2011. Nota-se que o método de Hargreaves-Samani superestimou os valores de ET₀, quando comparados aos valores do método padrão FAO Penman-Monteith. O método de Hargreaves-Samani apresentou valor de índice de confiança igual a 0,23, considerado “péssimo”. O método de Hargreaves-Samani não deve ser utilizado para a estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Tracuateua.

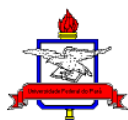
PALAVRAS-CHAVE: demanda hídrica, índice de confiança, irrigação

ABSTRACT: The objective of this study was to compare the FAO Penman-Monteith method and Hargreaves Samani model to estimate the reference evapotranspiration for the city of Tracuateua. The daily meteorological obtained in Conventional Meteorological Station of the National Institute of Meteorology, INMET, located in the city of Tracuateua were used in this study. The historical data used covered the years 2002 to 2011. The Hargreaves-Samani method overestimated the values of ET₀ when compared with values calculated using the FAO Penman-Monteith method. The Hargreaves-Samani method has has a reliability index of 0.23, considered "very bad". The Hargreaves-Samani method should not be used to estimate the reference evapotranspiration to the city of Tracuateua.

KEYWORDS: water demand, reliability index, irrigation.

INTRODUÇÃO

Segundo os dados do IBGE (2006) o estado do Pará possui 29.333 ha irrigados e um crescimento de 611% em relação ao ano de 1996. O nordeste do estado tem destaque na agricultura irrigada, pois possui o maior número de propriedades agrícolas com irrigação (SOUZA et al., 2012). O município de Tracuateua no Pará está localizado na mesorregião do nordeste paraense, microrregião do Salgado, possui área de 900,76 km², média anual de





temperatura e precipitação de 27,7°C e 2.787 mm respectivamente, sendo os meses de janeiro a maio os mais chuvosos, e os meses de setembro a novembro os mais secos (OLIVEIRA JUNIOR, 1999).

O método padrão para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) é o FAO Penman-Monteith, o qual possui consistência e bom desempenho, e onde se emprega o conceito de cultura hipotética. Entretanto, para isto é necessário um aparato meteorológico para recolhimento de um conjunto amplo de dados de entrada para a elaboração do método (Borges Júnior et. al 2012).

Quando uma base mais ampla de dados meteorológicos não está disponível, faz-se necessário o emprego de métodos mais simples, com menor requerimento de dados, como os métodos FAO-24 Radiação PriestleyTaylor, FAO-24 Blaney-Criddle, Camargo-71 e HargreavesSamani (Borges Júnior et. al, 2012). Diante desta problemática, objetivou-se realizar um estudo comparativo entre os métodos padrão FAO Penman- Monteith e Hargreaves Samani para estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Tracuateua.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente trabalho foram utilizados dados meteorológicos diários, obtidos na Estação Meteorológica Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, localizado no município de Tracuateua. O Município está localizado na Mesorregião do Nordeste Paraense, Microregião do Salgado, com coordenadas na sede do município de 00°46'18" de latitude sul e 47°10'35" de longitude oeste de Greenwich.

Os dados do INMET utilizados foram: T_{max}, T_{min}, T_{med}, umidade relativa, insolação e velocidade do vento. A conversão da velocidade do vento para altura de 2 m foi feita conforme Allen et al. (1998). A série histórica utilizada abrangeu os anos de 2002 a 2011, e os dados foram tabulados em planilha eletrônica.

O método FAO Penman-Monteith foi aplicado empregando-se a planilha desenvolvida por Marco Antônio Conceição, pesquisado da EMBRAPA Uva e Vinho, com procedimentos descritos em Allen et al. (1998). Já o método de Hargreaves-Samani foi calculado através de planilha eletrônica Excel (Microsoft® Corporation).

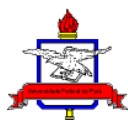
O método FAO Penman-Monteith é representado pela equação (Allen et al., 1998):

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

em que, ET_o - evapotranspiração de referência, mm d⁻¹; Δ - declividade da curva de pressão de vapor na saturação versus temperatura do ar, kPa °C⁻¹; R_n - saldo de radiação na superfície do cultivo, MJ m⁻² d⁻¹; G - densidade de fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹; γ - constante psicrométrica, kPa °C⁻¹; U₂ - velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹; e_s - pressão de vapor na saturação, kPa; e_a - pressão de vapor atual, kPa; T_{med} - temperatura média do ar tomada a 2 m de altura, °C.

A equação de Hargreaves-Samani utiliza apenas dados de temperatura (Jensen et. al., 1990; Pereira et al., 1997):

$$ET_o = 0,0023 R_a (T_{max} - T_{min})^{0,5} (T_{med} + 17,8)$$





em que, R_a - radiação solar extraterrestre recebida em uma superfície horizontal, expressa em equivalente de evaporação, mm d^{-1} .

A comparação de dados entre o método padrão FAO Penman-Monteith e o método de Hargreaves-Samani foi feita através dos seguintes parâmetros estatísticos: o erro absoluto médio (EAM); a raiz quadrada do erro quadrado médio (REQM); índice de concordância (d); o índice de confiança (C); os coeficientes de correlação (r) e determinação (R^2) e os coeficientes linear e angular da reta de regressão (aR e bR, respectivamente).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias mensais dos dados climáticos para a série histórica considerada no estudo são apresentadas na Tabela 1. Observa-se que as temperaturas médias, máximas e mínimas são maiores nos meses de Setembro a Janeiro, o mesmo ocorrendo para a insolação diária. Os meses com temperatura mais baixa correspondem aos meses Setembro, Outubro e Novembro, quando se observam, também, os menores índices pluviométricos e os valores de umidade relativa mais baixas. Com base nesses dados, observa-se duas “estações” distintas, de setembro a dezembro com menores índices de precipitação e temperatura, e a outra que inicia-se em janeiro e perdura até agosto, observando-se características climáticas inversas da primeira.

Tabela 1- Médias mensais de dados climáticos para a série histórica considerada.

Mês	Tmed	Tmax	Tmin	UR (%)	Precipitação (mm/mês)	Veloc. Vento (m/s)	Insolação (h/d)
		°C					
Jan	27,92	32,3	21,4	80,7	173,0	0,9	5,8
Fev	26,82	31,2	21,0	88,2	590,0	0,5	3,5
Mar	26,54	30,5	20,8	90,0	454,4	0,4	2,4
Abr	27,12	31,1	21,2	90,	418,0	0,3	3,6
Mai	27,3	31,4	21,0	88,2	295,5	0,4	4,0
Jun	27,27	31,7	20,8	87,0	257,0	0,7	5,7
Jul	27,08	31,6	20,4	86,2	195,0	0,7	7,4
Ago	27,22	32,0	19,9	82,0	84,0	1,0	8,7
Set	27,42	32,8	19,2	76,9	1,0	1,4	9,0
Out	27,76	33,2	19,6	74,2	7,5	1,6	8,9
Nov	28,22	33,5	20,3	73,9	9,6	1,5	8,1
Dez	28,34	33,3	20,7	75,7	24,0	1,1	5,9

Na Figura 1 pode-se observar os valores médios de evapotranspiração de referência diária, estimados com os modelos de Penman-Monteith e Hargreaves-Samani. Em todos os meses os valores estimados de Hargreaves-Samani foram superiores aos valores estimados com Penman-Monteith.



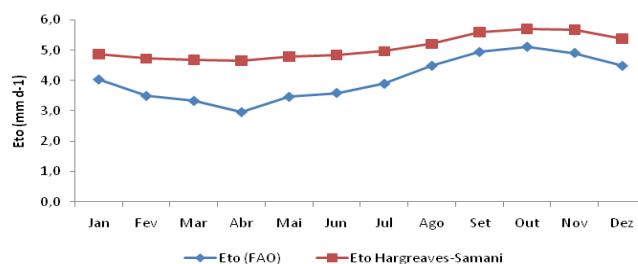


Figura 1 - Médias mensais de evapotranspiração de referência (ETo), mm d^{-1} , obtidas pelos métodos considerados.

Na Figura 2 pode-se observar graficamente a comparação entre os modelos de Hargreaves-Samani e Penman-Monteith. Nota-se que os métodos de Hargreaves-Samani apresentou a superestimação dos valores de ETo.

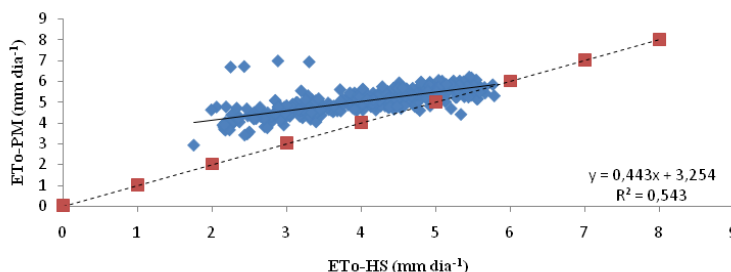


Figura 2 - Evapotranspiração de referência diária, ETo, para série histórica 2002 a 2011: método FAO Penman-Monteith versus método Hargreaves Samani, comparados por regressão linear (linha tracejada indica reta 1:1)

Camargo & Sentelhas (1996) obtiveram resultados semelhantes quando compraram o método de Hargreaves-Samani para estimativa da evapotranspiração medida em lisímetro em escala mensal para o Estado de São Paulo.

Na Tabela 2 pode-se observar o desempenho do método de Hargreaves-Samani através dos parâmetros estatísticos.

Tabela 1- Comparação do método avaliado com o método padrão FAO Penman-Monteith para a série histórica 2002 a 2011.

	FAO Penman-Monteith	Hargreaves-Samani
Média (mm)	3,9	5,1
Sd (mm)	1,1	0,7
CV	29%	14%
Máximo (mm)	6,4	7,6
Mínimo (mm)	1,2	2,9
r		0,3
EAM (mm)		1,4
EQM (mm^2)		1,2
REQM (mm)		1,8
d		0,8
C		0,2



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



Sd - desvio padrão; CV - coeficiente de variação; R - coeficiente de correlação; EAM - erro absoluto médio; EQM - erro quadrado médio; REQM - raiz quadrada do erro quadrado médio; EQMs - erro quadrado médio sistemático; REQM - raiz quadrada do erro quadrado médio sistemático; d - índice de concordância; C - índice de confiança.

O valor do erro absoluto médio (EAM) observado foi de 1,43 mm d⁻¹, sendo este superior ao observado por Jensen et al. (1990), que apresentou o valor de erro padrão de estimativa médio para regiões úmidas igual a 0,81 mm d⁻¹, que é característica de Tracuateua apresentando umidade relativa média anual para o período de estudo de 84,13%.

O método de Hargreaves-Samani, que estima a evapotranspiração de referência a partir da temperatura, apresentou um índice de confiança igual a 0,23, considerado “péssimo” conforme critério de Camargo & Sentelhas (1997). Fator este que pode ser explicado por Conceição (2003), que concluiu que os métodos de estimativa de ETo que usam apenas a temperatura do ar como variável climática limitam a representatividade das condições climáticas para efeito de estimativas da evapotranspiração de referência porque conforme as condições de umidade e vento, a demanda hídrica atmosférica será diferente para os mesmos valores de temperatura do ar.

A superestimativa dos dados poderia ser reduzida através do processo de calibração da fórmula, como observado por Borges & Mediondo (2007), que após esse procedimento chegaram a obter o valor de C igual à 0,996.

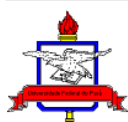
Para os dados diários de Tracuateua, foi observado coeficientes de determinação (R²) igual a 0,5436. Silva et al. (2005), encontraram os valores de R² iguais a 0,66 e 0,62 empregando, também, o método de Hargreaves-Samani em dados diários para Petrolina, PE, em que recomendou a utilização deste método quando faltarem dados de insolação e velocidade do vento.

CONCLUSÕES

O método de Hargreaves-Samani para estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) quando comparado ao método padrão FAO Penman-Monteith, superestima os dados de evapotranspiração. Apresentando o valor de índice de confiança igual a 0,23, considerado “péssimo”, podendo-se concluir que o método é insatisfatório e não deve ser utilizado para estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Tracuateua.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 301p. **Irrigation and Drainage**, Paper 56.
- BORGES, A. C.; MEDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. Revista **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.293-300, 2007.
- BORGES JÚNIOR, J.C.F.; ANJOS, R. J.; SILVA, T. J. A.; LIMA, J.R.S; ANDRADE, C. L. T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. v.16, n.4, p.380–390, 2012.





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



- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Equação para a estimativa da evapotranspiração potencial baseada no método de Hargreaves – 1974. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 77-81, 1996.
- CAMARGO, A. 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**, v.5, p.89-97, 1997.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. Estimativa da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 229-236, 2003.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006. Rio de Janeiro, 2009. 777p.
- JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. Evapotranspiration and irrigation water requirements. **New York: American Society of Civil Engineers**, 1990. 332p.
- OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; SANTOS, P.L. dos; RODRIGUES, T.E.; VALENTE, M.A. **Zoneamento agroecológico do município de Tracuateua, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 45p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 15).
- SILVA, V. P. R.; BELO FILHO, A. F.; SILVA, B. B.; CAMPOS, J. H. B. C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.547-53, 2005.
- PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A. V.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997, 183p.

