



# Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para região da Baixada Cuiabana, MT

Aurélio Fogaça de Souza<sup>1</sup> e José Holanda Campelo Júnior<sup>1(\*)</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando C. da Costa, nº 2367, Cidade Universitária, CEP 78060-900 Cuiabá, MT. E-mails: fogaca\_aurelio@hotmail.com e campelo@ufmt.br

(\*) Autor para correspondência

## INFORMAÇÕES

### História do artigo:

Recebido em 22 de Setembro de 2017

Aceito em 27 de Dezembro de 2017

### Termos para indexação:

balanço hídrico

clima

irrigação

## RESUMO

No presente trabalho foi avaliado o desempenho de cinco métodos de estimativas da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) para a região da Baixada Cuiabana, MT, durante o período de 2012 a 2014. Os métodos estudados foram os de Hargreaves & Samani, Linacre, Penman, Penman-Monteith e Thornthwaite, a avaliação foi realizada utilizando a média da  $ET_0$  em intervalos de tempo de dez dias, considerando o método do Tanque Classe A como padrão de validação. Os dados meteorológicos utilizados foram coletados na Estação Padre Ricardo Remetter, situada na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, no município de Santo Antônio de Leverger, MT. A avaliação de desempenho dos métodos foi realizada por meio dos índices estatísticos: coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), o índice de concordância ( $d$ ) proposto por Willmott (1981), o índice de confiança ( $c$ ) proposto por Camargo e Sentelhas (1997) e a raiz do erro do quadrado médio (REQM). A avaliação indicou que os métodos de Hargreaves & Samani e Linacre tiveram os melhores desempenhos. O método de Penman teve desempenho mediano e os demais métodos não tiveram desempenhos satisfatórios na região do presente estudo.

© 2017 SBAgro. Todos os direitos reservados.

## Introdução

Em 1944, Thornthwaite & Wilm conceituaram a forma de expressar a ocorrência simultânea dos processos de transpiração das plantas e a evaporação da água presente no solo e nas superfícies das folhas, utilizando o termo evapotranspiração.

A determinação da evapotranspiração pode contribuir para o sucesso da produção agrícola, considerando que informações confiáveis sobre sua estimativa auxiliam no manejo eficaz dos sistemas irrigados (Almeida et al., 2010),

uma vez que aplicações insuficientes ou em excesso diminuem a eficiência do uso da irrigação, causando prejuízos às plantas e ao solo (Silva et al., 1993).

Numa determinada região, uma componente importante que contribui para quantificar a demanda de água das plantas é a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) (Silva et al., 2010). Através da determinação dos valores da  $ET_0$  pode-se chegar ao valor da evapotranspiração máxima de uma cultura ( $ET_c$ ), utilizando-se de um coeficiente de cultura ( $k_c$ ) (Silva et al., 2011). A  $ET_c$  é a quantidade total de água utilizada por uma cultura, desde plantio/semearura

à colheita, sem restrição hídrica, sendo o principal parâmetro a ser considerado para o dimensionamento dos sistemas de irrigação.

Em todo o mundo pesquisadores desenvolveram métodos indiretos para estimativa da  $ET_0$  que diferem quanto aos dados meteorológicos utilizados em suas equações. Sendo assim, na escolha do método a ser aplicado para determinada região deve-se levar em consideração os dados climáticos disponíveis (Araújo et al., 2007).

No Brasil, alguns autores realizaram trabalhos importantes na avaliação do desempenho de métodos de estimativa da  $ET_0$ , destacando os estudos de Stone & Silveira (1995), Camargo & Sentelhas (1997) e Borges Junior et al. (2012).

Na região da Baixada Cuiabana, destacam-se os estudos realizados por Campelo Júnior (1989) e Schwerdtfeger et al. (2014).

Considerando a necessidade de mais estudos relacionados ao tema, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de métodos de estimativa da  $ET_0$  para a região da Baixada Cuiabana, visando encontrar aqueles que melhor se adequam as condições da região.

## Materiais e Métodos

Os dados meteorológicos utilizados foram coletados na Estação Meteorológica Padre Ricardo Remetter, instalada na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, localizada no município de Santo Antônio de Leverger, MT, na latitude 15° 51' 17" Sul; longitude 56° 4' 20" Oeste e altitude 150 metros.

O clima na área de estudo é classificado no sistema de Koppen como Aw, apresentando clima tropical semi-úmido, com duas estações distintas: uma de seca que compreende outono-inverno, com duração de aproximadamente 5 meses, e uma chuvosa que compreende a primavera-verão. No período de 1970 a 2002, verificou-se que a temperatura média anual é de 26,9 °C; sendo Julho o mês mais frio e Outubro o mês mais quente do ano, registrando temperatura média de 23,0 °C e 27,6 °C, respectivamente. O valor da precipitação média anual do período é de 1.378,7 mm (Maitelli, 1994).

Neste trabalho foram utilizados dados diários de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (UR; %) e velocidade do vento a 10 metros de altura (U; m s<sup>-1</sup>) coletados as 12:00, 18:00 e 24:00 UTC, temperatura máxima ( $T_{max}$ ; °C), temperatura mínima ( $T_{min}$ ; °C), insolação (h d<sup>-1</sup>), evaporação do Tanque Classe A (mm d<sup>-1</sup>) e pressão atmosférica (mbar), correspondente ao período 2012 a 2014.

Foi realizada uma análise visual nos dados de insolação, velocidade do vento, evaporação do Tanque Classe A e UR, com o intuito de identificar e descartar dados inconsistentes e dias com dados faltantes. Foram obtidos dados con-

sistentes para 946 dias dos 1096 dias que compreendem a série de dados estudada, e 61 decêndios completos.

As equações utilizadas para estimativa da  $ET_0$  em mm d<sup>-1</sup> assim como a metodologia do Tanque Classe A, são descritas a seguir:

### Hargreaves & Samani

A equação proposta por Hargreaves & Samani (1982) para estimativa da  $ET_0$  foi expressa como:

$$ET_0 = 0,0023 * Q_0 * (T_{max} - T_{min})^{0,5} * (T_{med} + 17,8)$$

Em que  $T_{med}$  é a temperatura média do ar em °C;  $T_{max}$  e  $T_{min}$  são as temperaturas máxima e mínima em °C, respectivamente, mensuradas em 24 horas;  $Q_0$  é a radiação solar extraterrestre, em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.

### Penman

O método proposto por Penman (1948) utiliza-se a seguinte equação para estimar a  $ET_0$ :

$$ET_0 = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} * Rn + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} * \frac{6,43 * (1 + 0,526 * u_2)}{\lambda} * (es - ea)$$

Em que  $\Delta$  é a inclinação da curva de pressão de vapor em kPa °C<sup>-1</sup>;  $\gamma$  a constante psicrométrica kPa °C<sup>-1</sup>; (es - ea) o déficit da pressão de vapor em kPa;  $\lambda$  é a constante de calor latente igual a 2,45 MJ kg<sup>-1</sup>, e  $u_2$  é a velocidade vento a 2 metros de altura em m s<sup>-1</sup>.

$Rn$  é a radiação líquida disponível em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, foi obtido pela metodologia proposta por Doorenbos e Pruitt (1977):

$$Rn = Q_0 * \left( a + b * \left( \frac{n}{N} \right) \right) * (1 - albedo) - L$$

$Q_0$  é radiação solar global, em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>,  $n$  é a insolação mensurada diariamente em h d<sup>-1</sup>,  $N$  é a insolação máxima possível em h d<sup>-1</sup>,  $a$  é constante igual a 0,21,  $b$  varia de acordo com o mês e o seu valor foi obtido através da Tabela 1 elaborada por Campelo Júnior (1998), e o albedo é igual a 0,23.

O termo  $L$  refere-se à radiação efetiva de onda longa que deixa superfície terrestre, ela é expressa em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, que foi calculada pela equação:

$$L = \delta T^4 * (0,34 - 0,044 \sqrt{ea}) * \left( 0,1 + 0,9 * \frac{n}{N} \right)$$

$\delta T^4 = f(T)$  é o efeito da temperatura na radiação de ondas longas expresso em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> e o seu valor foi obtido

**Tabela 1** - Valores da variável “b” utilizada no cálculo da Radiação solar líquida disponível.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0,4	0,4	0,4	0,33	0,29	0,29	0,29	0,31	0,38	0,43	0,4	0,43

Fonte: CAMPELO JÚNIOR (1998)

pela Tabela 2 elaborada por Doorenbos & Pruitt (1977), ea é pressão real de vapor em kPa.

### Linacre

O método de Linacre (1977) para estimava da  $ET_0$  é expresso pela seguinte equação:

$$ET_0 = \frac{700 * \frac{T_m}{100 - \Phi} + (T_{med} - T_d) * 15}{80 - T_{med}}$$

Em que:

$$T_m = T_{med} + 0,006z$$

z a altitude local em metros, Td a temperatura do ponto de orvalho em °C e  $\Phi$  a latitude local em graus (°).

### Penman-Monteith

A equação de Penman - Monteith descrita por Allen et al. (1998), estima a  $ET_0$  pela equação:

$$ET_0 = \frac{0,408 * \Delta * (R_n - G) + \gamma * \frac{900}{T_{med} + 273} * u_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma * (1 + 0,34 * u_2)}$$

Em que  $u_2$  é a velocidade do vento a 2 metros de altura em  $m s^{-1}$ ;  $R_n$  a radiação líquida disponível em  $MJ m^{-2} d^{-1}$ ;  $(e_s - e_a)$  o déficit da pressão de vapor em kPa;  $T_{med}$  a temperatura média compensada em °C;  $\Delta$  a inclinação da curva da pressão de vapor em  $kPa °C^{-1}$ ;  $\gamma$  constante psicrométrica em  $kPa °C^{-1}$ ;  $G$  o fluxo de calor no solo em  $MJ m^{-2} d^{-1}$ , que para regiões de clima tropical considera-se igual a zero (De Bruin, 1983).

### Thornthwaite

O método de Thornthwaite (1948), descrito conforme Pereira et al.(2002):

Quando a  $T_{med}$  do mês foi maior que 0 °C e menor que 26,5 °C utilizou-se a equação a seguir:

$$ET_0 = 16 * \left(10 \frac{T_{med}}{I}\right)^a$$

Em caso da  $T_{med}$  iguais ou superiores a 26,5 °C utilizou-se:

$$ET_0 = -415,85 + 32,24 * T_{med} - 0,43 * T_{med}^2$$

O termo “I” é um índice térmico anual que incorpora o

**Tabela 2.** Efeito da temperatura f(T) na radiação de ondas longas.

T °C	f(T) = $\partial T^4$	T °C	f(T) = $\partial T^4$
0	11,0	20	14,6
2	11,4	22	15,0
4	11,7	24	15,4
6	12,0	26	15,9
8	12,4	28	16,3
10	12,7	30	16,7
12	13,1	32	17,2
14	13,5	34	17,7
16	13,8	36	18,1
18	14,2	-	-

Fonte: DOORENBOS & PRUITT (1977)

efeito da temperatura média de cada mês, calculado pela equação:

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2 * T_{méd})^{1,514}$$

O expoente “a” é encontrado em função de “I” e também é um índice térmico, calculado pela equação:

$$a = 6,75 * 10^{-7} * I^3 - 7,71 * 10^{-5} * I^2 + 1,7912 * 10^{-2} * I + 0,49239$$

Aplicou-se em seguida correção da  $ET_0$  em função do número de dias e do fotoperíodo, através da equação:

$$ET_{0-corrigida} = ET_0 * Cor$$

O fator de correção “Cor” foi obtido pela equação:

$$Cor = \frac{ND}{30} * \frac{N}{12}$$

Sendo ND o número de dias do mês em questão e N o fotoperíodo médio daquele mês.

Neste trabalho foi realizada uma adaptação para obter valores diários da  $ET_0$  onde se utilizou o valor de ND igual a 1 e o fotoperíodo (N) do dia em questão, considerando assim estimativas em  $mm d^{-1}$ .

## Tanque Classe A

A evapotranspiração de referência é determinada pelo método do Tanque Classe A por meio da evaporação mensurada no tanque (ECA) multiplicada por um coeficiente “Kp”. Este coeficiente Kp (Tabela 3), é função do tamanho da bordadura circunvizinha ao tanque, da velocidade do vento e da umidade relativa do ar média. Foi utilizado neste trabalho bordadura máxima. A  $ET_0$  em  $mm\ d^{-1}$  foi obtida pela equação:

$$ET_0 = ECA * Kp$$

Neste estudo foram utilizadas as temperaturas médias diárias simples e a compensada proposta pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), obtida pelas equações:

Temperatura média compensada:

$$T_{méd} = \frac{T_{máx} + T_{mín} + T_{12} + 2 * T_{24}}{5}$$

Temperatura média simples:

$$T_{médiasimples} = \frac{T_{máx} + T_{mín}}{2}$$

Em que  $T_{12}$  e  $T_{24}$  representam as temperaturas observadas às 12:00 e 24:00 UTC respectivamente.

As estimativas foram calculadas para o período diário e agrupadas dentro do intervalo de dez dias consecutivos.

**Tabela 3.** Coeficiente para o Tanque Classe A (Kp) para diferentes bordaduras de vegetação baixa ao redor do tanque, e níveis de umidade relativa e velocidade do vento em 24 horas.

Vento (Km dia -1)	Bordadura (m)	Umidade Relativa		
		< 40%	40% a 70%	> 70%
Leve < 175	1	0,55	0,65	0,75
	10	0,65	0,75	0,85
	100	0,70	0,80	0,85
	1000	0,75	0,85	0,85
Moderado 175 a 425	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,60	0,70	0,75
	100	0,65	0,75	0,80
	1000	0,70	0,80	0,80
Forte 425 a 700	1	0,45	0,50	0,60
	10	0,55	0,60	0,65
	100	0,60	0,65	0,70
	1000	0,65	0,70	0,75
Muito forte > 700	1	0,40	0,45	0,50
	10	0,45	0,55	0,60
	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,55	0,60	0,65

Fonte: DOORENBOS & KASSAM (1994)

Foi obtida a evapotranspiração média em  $mm\ d^{-1}$  para cada um desses intervalos de tempo.

Com o objetivo de verificar quais os métodos que tiveram melhor desempenho, os valores médios da  $ET_0$  durante os decêndios obtidos pelos métodos de estimativas estudados, foram comparados com os valores obtidos pelo método do Tanque Classe A nos mesmos intervalos. A metodologia utilizada para avaliar o desempenho destes métodos foi o coeficiente de correlação de Pearson (r), o índice de concordância (d) proposto por Willmott (1981), o índice de confiança (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1997) e a raiz do erro do quadrado médio (REQM).

O coeficiente de relação de Pearson (r) foi obtido pela análise de regressão linear extraíndo a raiz quadrada do valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ). Este índice foi avaliado de acordo com a classificação proposta por Hopkins (2000) apresentada na Tabela 4.

O índice de concordância (d) proposto por Willmott (1981) foi obtido pela equação:

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^{nd} (Pi - Oi)^2}{\sum_{i=1}^{nd} (|Pi - O| + |Oi - O|)^2} \right]$$

nd é número de pares de dados analisados, Pi é o valor de  $ET_0$  estimado pelo método empírico, Oi é o valor obtido pelo método Tanque Classe A (TCA) e O é a média dos valores de  $ET_0$  obtidos pelo método TCA.

O índice de confiança (c) proposto por Camargo & Sentelhas (1997) foi avaliado de acordo com a Tabela 5, e foi determinado pelo produto do coeficiente de concordância (d) pelo coeficiente de correlação (r).

$$c = d * r$$

A raiz do erro do quadrado médio (REQM) foi obtida pela expressão:

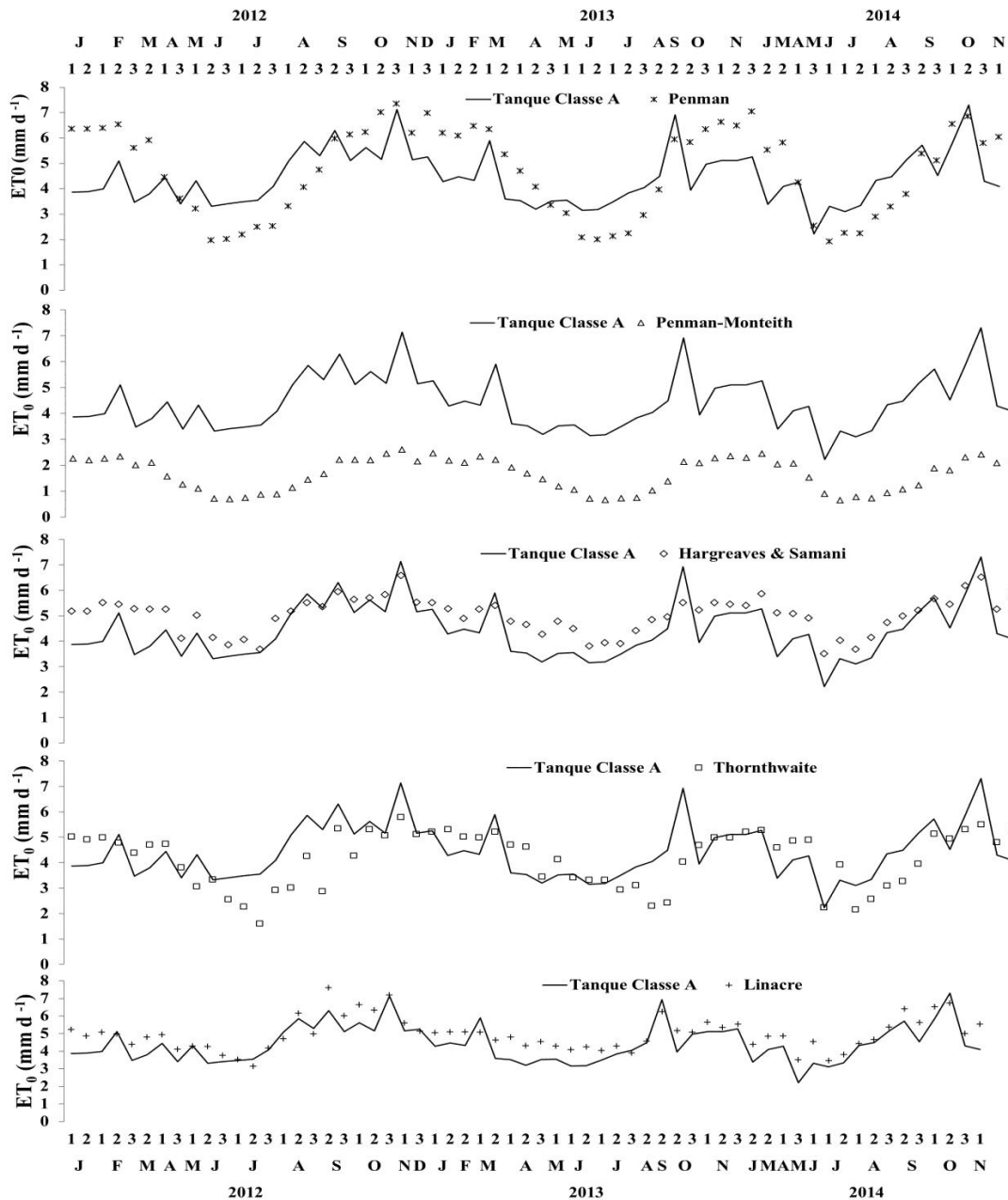
$$REQM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Pi - Oi)^2}{n}}$$

**Tabela 4** - Classificação das correlações de acordo com o coeficiente (r).

Coeficiente de correlação “r”	Classificação
0,0 - 0,1	Muito Baixa
0,1 - 0,3	Baixa
0,3 - 0,5	Moderada
0,5 - 0,7	Alta
0,7 - 0,9	Muito Alta
0,9 - 1,0	Quase perfeita

Fonte: HOPKINS (2000).

**Figura 1** - Evolução das estimativas médias decendiais da  $ET_0$  em  $mm\ d^{-1}$  comparadas ao método do Tanque Classe A, na região da Baixada Cuiabana, MT, de 2012 a 2014. As letras no eixo horizontal representam as iniciais dos meses do ano, e os números 1, 2 e 3 representam os decêndios do mês.



**Tabela 5** - Critério de interpretação do desempenho dos métodos de estimativa da  $ET_0$  pelo índice "c".

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
$\leq$ 0,40	Péssimo

Fonte: CAMARGO e SENTELHAS (1997)

n representa o número de pares de dados avaliados; Pi representa o valor estimado pelo método avaliado e Oi representa o valor obtido pelo Tanque Classe A.

### Resultados e Discussão

Na Figura 1 está representada a evolução dos valores médios decendiais das estimativas da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) efetuadas pelos métodos avaliados ao longo do período estudado.

Observou-se que o comportamento da  $ET_0$  estimada

pelo método do Tanque Classe A (TCA), apesar de possuir alguns picos de oscilações bruscas em alguns momentos, teve uma tendência a ter elevadas taxas de evapotranspiração na época mais quente, primavera-verão, e taxas mais baixas na época mais amena, outono-inverno.

O valor mais elevado da  $ET_0$  foi observado no segundo decêndio do mês de outubro de 2014, com um valor médio de  $7,30 \text{ mm d}^{-1}$  enquanto o valor mais baixo foi observado no último decêndio do mês de maio do mesmo ano, com uma  $ET_0$  média de  $2,22 \text{ mm d}^{-1}$ . As estimativas efetuadas pelos métodos avaliados tiveram em seus comportamentos ao longo do período a mesma tendência observada no comportamento do Tanque Classe A.

Verificou-se também que os métodos de Penman e Thornthwaite subestimaram a  $ET_0$  durante as épocas mais frias do ano. Por outro lado, o método de Penman-Monteith subestimou a  $ET_0$  obtida pelo método do TCA durante todo o período de estudo com valores duas a três vezes menores que o valor obtido pelo método padrão.

Os métodos de Hargreaves & Samani e Linacre tiveram valores de  $ET_0$  próximos dos obtidos pelo Tanque Classe A, sendo que na maior parte do ano detectou-se valores mais elevados da  $ET_0$  em relação ao padrão.

Na Tabela 6 observam-se os valores dos coeficientes de correlação (r), índice de concordância (d), índice de confiança (c) e raiz do erro do quadrado médio (REQM), obtidos pelos métodos de estimativa da  $ET_0$  avaliados.

De acordo com os índices estatísticos apresentados na Tabela 6, nota-se que as estimativas da  $ET_0$  obtidas pelos métodos de Hargreaves & Samani e Linacre tiveram uma elevada correlação e concordância com o método do Tanque Classe A, a correlação “r” foi “Muito alta” para Linacre e “Quase Perfeita” para Hargreaves & Samani. O índice “d” e o valor da REQM indicam que esses dois métodos foram os que tiveram menor fonte de erro na estimativa da  $ET_0$ , sendo considerados métodos de desempenho “Muito bom” pelo índice “c”, com o melhor desempenho do método de Hargreaves & Samani.

O método de Penman teve uma correlação considerada “Alta” comparado ao método do Tanque Classe A, e também, boa concordância, com valor do índice “d” inferior 6,82 e 8,89% aos verificados nos métodos de Hargreaves & Samani e Linacre, respectivamente. Entretanto, na avaliação pelo índice de confiança “c” foi considerado “Mediano”.

Verificaram-se índices estatísticos interessantes no método de Thornthwaite, com boa concordância, correlação considerada “Alta”, o valor da REQM foi superior 12,16 e 16,22% aos verificados nos métodos de Hargreaves & Samani e Linacre e ao ser avaliado pelo índice de confiança “c” este método teve um desempenho considerado “Sofrível”.

Para o método de Penman-Monteith foi verificado o

**Tabela 6** - Índices de avaliação do desempenho de métodos de estimativa da  $ET_0$ , em comparação com o método do Tanque Classe A, na região da Baixada Cuiabana, MT. Período 2012 a 2014.

	r	d	c	REQM
Penman	0,76	0,82	0,63	1,16
Penman Monteith	0,69	0,50	0,35	2,57
Hargreaves & Samani	0,93	0,88	0,82	0,65
Thornthwaite	0,69	0,83	0,57	0,74
Linacre	0,88	0,90	0,80	0,62

r - coeficiente de correlação; d - índice de concordância; c - índice de confiança; REQM - Raiz quadrada do erro do quadrado médio em  $\text{mm d}^{-1}$ .

pior desempenho entre os métodos estudados, este foi considerado “Péssimo” pelo índice “c”. O índice de concordância foi baixo e o valor da REQM foi elevado, embora tenha sido verificada uma correlação considerada “Alta” com o método do Tanque Classe A.

Os métodos de Penman e Penman-Monteith exigem um número maior de variáveis climáticas para estimativa da  $ET_0$ , e a necessidade de estimar as variáveis desta equação através de métodos empíricos gerou uma condição com maior susceptibilidade ao erro, refletindo na avaliação de ambos os métodos.

A variação da temperatura média ao longo do período estudado apresentou comportamento semelhante a  $ET_0$  das medidas obtidas com base no Tanque Classe A (Figura 2), o que certamente favoreceu o desempenho dos métodos de Hargreaves & Samani e Linacre, que têm como variável de entrada a temperatura.

Entretanto o método de Thornthwaite que se utiliza apenas de dados de temperaturas não teve resultado satisfatório, este resultado pode ser explicado pelo fato que neste método aplicou-se os dados de temperaturas para determinar índices térmicos que compõem a equação de estimativa. Este método também foi desenvolvido para estimar a  $ET_0$  para períodos mensais, sendo adaptado neste trabalho para estimar em período diário. Estas condições tenderam a agravar os resultados do desempenho deste método no presente estudo.

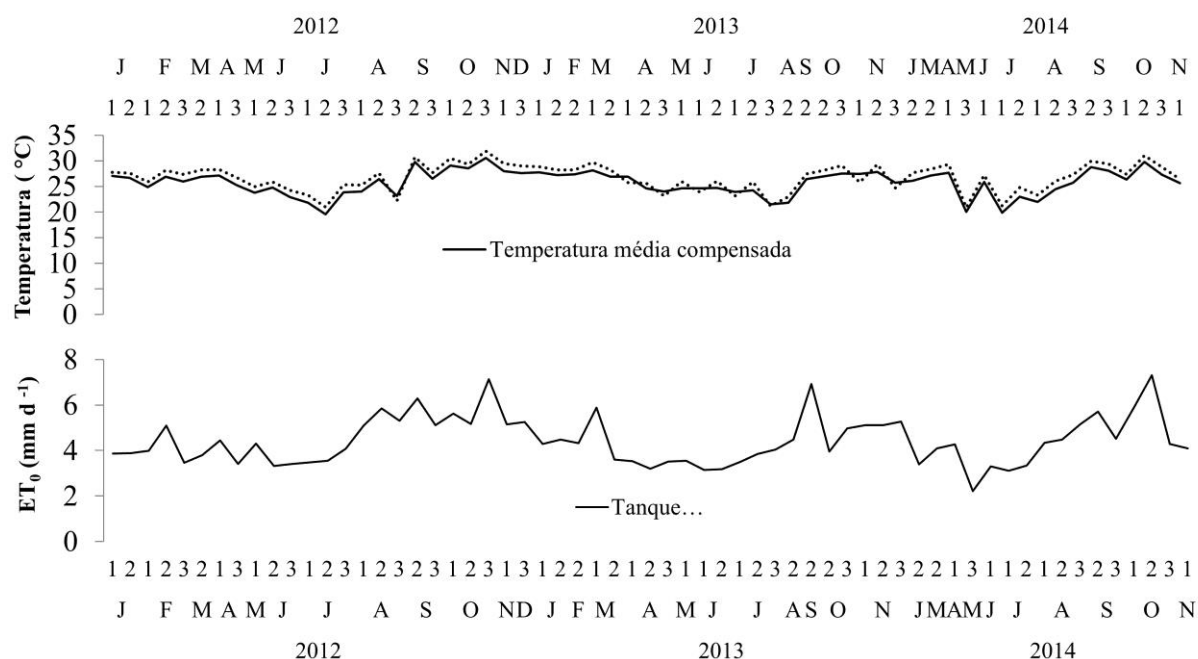
## Conclusões

Os métodos de Hargreaves & Samani e Linacre tiveram desempenhos satisfatórios para estimar a evapotranspiração de referência na região da Baixada Cuiabana, MT.

O método de Penman teve bons índices de desempenho na região da Baixada Cuiabana, MT, demonstrando a possibilidade de uso do mesmo.

O método de Penman-Monteith não teve bom desempenho para região da Baixada Cuiabana, MT, bem como o método de Thornthwaite que utiliza apenas uma variável climática.

**Figura 2** - Temperatura média simples e compensada do ar e evapotranspiração de referência obtida com Tanque Classe A, na região da Baixada Cuiabana, MT, de 2012 a 2014. As letras no eixo horizontal representam as iniciais dos meses do ano, e os números 1, 2 e 3 representam os decêndios do mês.



## Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. FAO: Irrigation and drainage, Paper 56, Roma, 297p, 1998.
- ARAÚJO, W. F.; COSTA, S.A.A.; DOS SANTOS, A.E. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) para Boa-Vista, RR. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.20, n.4, p.84-88, 2007.
- B. M. ALMEIDA, E. M. ARAÚJO, E. G. CAVALCANTE JUNIOR, J. B. OLIVEIRA, B. R. C. NOGUEIRA. Comparação de métodos de estimativa da ET<sub>0</sub> na escala mensal em Fortaleza, CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.4, n.2, p.93-98, 2010.
- BORGES JÚNIOR, J. C. F.; ANJOS, R. J. SILVA, T. J. A.; LIMA, J. R. S.; ANDARDE, C. L. T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.16, no.4, p.380-390, 2012.
- 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**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CAMPELO JÚNIOR, J. H. **Estudos Agrometeorológicos de Mato Grosso**. 1989. (Relatório de pesquisa).
- CAMPELO JÚNIOR, J. H. Relação sazonal entre radiação solar global e insolação no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n. 2, p. 193-199, 1998.
- DE BRUIN, H. A. R. Evapotranspiration in humid tropical regions, Hydrology of Humid Tropical Regions with Particular Reference to the Hydrological Effects of Agriculture and Forestry Practice. **Hamburg Symposium**, IAHS Publ. no. 140, Hamburg, 1983.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades Hídricas das culturas**. Campina Grande: F.A.O, 1977.204 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem 24).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. FAO: Irrigation and drainage, Paper 33, Roma, 193 p, 1979.
- HARGREAVES, G.H.; Z.A. SAMANI. Estimating potential evapotranspiration. **Journal of the Irrigation and Drainage Division** 108(3): 223-230, 1982.
- HOPKINS, W. G. **Correlation Coefficient**. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso: 15 de abril, 2015.
- LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates using temperature alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 18, p. 409-429, 1977.
- MAITTELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental**. O Exemplo de Cuiabá - MT. Tese de Doutorado (Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas), Universidade de São Paulo. 1994.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from water, bare soil and grass. **The Royal Society**, London v. 193, p. 120-143, 1948.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. 2002. **Agrometeorologia. Fundamentos e aplicações práticas**. Livraria e Editora Agropecuária, Guaíba.478 p.
- SCHWERDTFEGER J.; JOHNSON M. S.; COUTO E. G.; AMORIN R. S. S.; SANCHES L.; CAMPELO JÚNIOR J. H.; WEILER M. Inundation and groundwater dynamics for quantification of evaporative water loss in tropical wetlands. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 18, 4407-4422, 2014.
- SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: Miranda, J. H.; Pires, R. C. M. **Irrigação. Piracicaba**: Funep, 2001. p. 63-120.
- SILVA, A. A. G.; ANGELOCCI, L. R.; NOGUEIRA, L. C.; ANDRADE, C. L. T. Avaliação da eficiência de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>). Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p.2465-78.

SILVA, J. G. F.; RAMOS, H. E. A.; IGREJA, G. C.; FREITAS, R. A.; ROCHA, G. A. Estimativa de evapotranspiração de referência para o município de Marilândia - ES. In: Congresso Latino Americano y Del Caribe de Ingeniería Agrícola, 9; Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 39., 2010, Vitória - ES. **Anais...** Vitória: SBEA, 2010. CD Rom.

SILVA, V.P.R.; CAMPOS, J.H.B.C.; AZEVEDO, P.V. Water-use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, 120, p.467-472, 2009.

SILVA, V. J.; CARVALHO, H. DE P.; SILVA, C. R. DA; CAMARGO, R.; TEODORO, R. E .F. Desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária em Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.95-101, 2011.

STONE, L. F. & P. M. SILVEIRA. 1995. **Determinação da evapotranspiração para fins de irrigação**. Cnpaf - Embrapa. 49p. documento, 55.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev.**, v. 38, p. 55-94. 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; WILM, H. G. Report of the Commite on evapotranspiration and transpiration. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, D.C. p. 686-693, 1943-1944.

WILLMOTT CJ. On the validation of models. **Physical Geography 2:** p.184-194, 1981

## REFERENCIAÇÃO

SOUZA, A. F.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para região da Baixada Cuiabana, MT. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.25, n.2, p.395-403, 2017.



# Performance of the reference evapotranspiration estimating methods for the Baixada Cuiabana region, MT, Brazil

Aurélio Fogaça de Souza<sup>1</sup> and José Holanda Campelo Júnior<sup>1(\*)</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando C. da Costa, nº 2367, Cidade Universitária, CEP 78060-900 Cuiabá, MT, Brazil. E-mails: fogaca\_aurelio@hotmail.com and campelo@ufmt.br

(\*)Corresponding author

---

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 22 September 2017

Accepted 27 December 2017

---

### Index terms:

climate

irrigation

water balance

---

## ABSTRACT

The objective of this research was evaluated the performance of five reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) estimating methods for the Baixada Cuiabana region, Mato Grosso, Brazil, during the period from 2012 to 2014. The methods evaluated were Hargreaves & Samani, Linacre, Penman, Penman-Monteith and Thornthwaite, the evaluation was performed using the  $ET_0$  mean into ten-day time intervals considering Class A Pan method as the validation standard. The meteorological data were collected at the Padre Ricardo Remetter Station, located at the Experimental Farm of the Federal University of Mato Grosso, Santo Antônio do Leverger, MT. To evaluate the performance was considered: Pearson's correlation coefficient ( $r$ ), the concordance index ( $d$ ) proposed by Willmott (1981), the confidence index ( $c$ ) proposed by Camargo and Sentelhas (1997) and the root mean square error (REQM). It was verified that Hargreaves & Samani and Linacre methods were more accurate, Penman method had a regular performance and the other methods did not perform satisfactorily.

© 2017 SBAGro. All rights reserved.

---

## CITATION

SOUZA, A. F.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para região da Baixada Cuiabana, MT. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.25, n.2, p.395-403, 2017.