

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO MODELOS COM BASE NA TEMPERATURA DO AR E RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL PARA O ESTADO DE GOIÁS**

Kleber Gomes de Macêdo<sup>1</sup>, Francisco Dirceu Duarte Arraes<sup>2</sup>, Willame Candido de Oliveira<sup>3</sup>, Juarez Cassiano de Lima Junior<sup>4</sup> & Yara Rodrigues Araújo<sup>5</sup>

1 – Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, E-mail: kleber117@hotmail.com

2 - Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Professor, Dr., Inst. Fed. do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro. E-mail: dirceuarraes@gmail.com

3 – Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Fed. do Ceará, E-mail: willamecandidoo@gmail.com

4 - Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Mestre em Ciência dos Solos, Universidade Federal do Ceará. E-mail: limajr.soil@gmail.com

5 - Tecnóloga em Irrigação e Drenagem, E-mail: yaraaraujo20@hotmail.com

**Palavras-chave:**

Hargreaves e Samani  
manejo de irrigação  
penman-monteith

**RESUMO**

O manejo adequado da irrigação é uma prática agrícola que pode levar a economia de água e aumento da produção, pode ser realizado por meio da estimativa da evapotranspiração de referência, que segundo a FAO deve ser estimada por intermédio do modelo de Penman-Monteith, modelo que requer muitos dados climáticos de entrada, que muitas vezes não estão disponíveis. Assim, buscando uma estratégia de se estimar a evapotranspiração de referência para o estado de Goiás, objetivou-se neste estudo avaliar o desempenho de seis modelos (FAO-Radiação, Jensen-Haise, Makkink, Hargreaves-Samani, Hamon e Baier-Robertson). Foram utilizados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e insolação obtidos junto ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), das estações convencionais localizadas nas cidades de Aragarças, Catalão, Formosa, Goiânia, Goiás, Ipameri, Itumbiara, Jataí, Pirenópolis, Posse e Rio Verde, no estado de Goiás. O desempenho dos modelos foi avaliado segundo os índices estatísticos: raiz quadrada do erro médio (RQEM) e índice de Willmont (id). Os modelos que melhor estimaram a evapotranspiração de referência foram FAO-Radiação e Makkink em oito das onze cidades avaliadas. Para Aragarças o melhor modelo foi o Hamon e para Catalão e Posse foi o modelo de Hargreaves-Samani.

**Keywords:**

hargreaves and samani  
irrigation management  
Penman-Monteith

**EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE ESTIMATION USING MODELS BASED ON AIR TEMPERATURE AND GLOBAL SOLAR RADIATION IN THE STATE OF GOIÁS****ABSTRACT**

Proper irrigation management is an agricultural practice that can lead to considerable water saving and production increase, and can be accomplished through the estimation of the evapotranspiration, which, according to FAO, should be estimated through the model of Penman-Monteith. However, this model requires many climatic data, which are often not available. Thus, seeking a strategy to estimate reference evapotranspiration for the state of Goiás, this study aimed to assess the performance of six models (FAO-radiation, Jensen-Haise, Makkink, Hargreaves-Manim, Hamon and Baier-Robertson). Air temperature data, air relative humidity, wind velocity and heatstroke data were obtained from the INMET (National Meteorology Institute), which has conventional stations located in the towns of Aragarças, Catalão, Formosa, Goiânia, Goiás, Ipameri, Itumbiara, Jataí, Pirenópolis, Posse and Rio Verde, in the state of Goiás. Model performances were evaluated according to the square root of the average error (RQEM) and Willmont index (ID). The models that best estimated the evapotranspiration were FAO-radiation and Makkink in eight of the eleven cities evaluated. In the city of Aragarças, the best model assessed was the Hamon, and the best model in the towns of Catalan and Posse was Hargreaves-Samani.

## INTRODUÇÃO

A evapotranspiração (ET) é um dos principais parâmetros a serem considerados na agricultura, pois por meio dela é possível aferir a necessidade hídrica da cultura, sendo em conjunto com características do solo uma das formas mais utilizadas de manejo de irrigação. Tal estimativa ganha maior importância em regiões de clima seco, em que a disponibilidade hídrica é fator limitante e as chuvas estão distribuídas de forma irregular durante o ano (TABARI et al., 2014; MARTÍ et al., 2015). A evapotranspiração pode ser estimada com o auxílio de modelos físicos, matemáticos ou uma combinação destes.

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) recomenda no manual 56 que seja utilizado o modelo combinado de Penman Monteith (PM), para estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Este modelo requer dados climáticos de entrada como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e insolação (ALLEN et al., 1998).

Nos países em desenvolvimento a escassez de estações meteorológicas bem equipadas torna o uso do modelo de PM inviável, diante das limitações para obter os dados necessários a este modelo, Allen et al., (1998) recomenda o uso do modelo de Hargreaves e Samani (1985) para estimar a ET<sub>o</sub>, pelo fato de este utilizar apenas dados de temperatura do ar (MARTÍ et al., 2015; FENG et al., 2016; PANDEY et al., 2016).

A indisponibilidade de dados meteorológicos suficientes para o uso adequado do modelo de PM levou a realização de vários estudos utilizando modelos com base em temperatura do ar, tendo estes mostrado boas estimativas para locais e climas distintos, com destaque para os modelos de Hargreaves e Samani (1985), Hamon (1960) e Baier e Robertson (1965) (TABARI, 2010; TABARI et al., 2013; PANDEY et al., 2014; ALMOROX et al., 2015; FENG et al., 2017).

Em locais com disponibilidade de dados de insolação, também podem ser utilizados modelos com base em radiação solar global, dentre eles FAO 24 Radiação (1977), Jensen e Haise (1963) e Makink (1957), utilizados para estimar a ET<sub>o</sub> por autores como: Ahooghalandari et al., (2016), Feng

et al., (2016) e Pandey et al., (2016).

Diante do exposto o presente trabalho teve o objetivo de estimar a evapotranspiração de referência para 11 municípios no estado de Goiás, utilizando três modelos baseados na temperatura do ar e três modelos baseados em radiação solar global, bem como verificar seu desempenho quando comparados com o modelo padrão Penman Monteith.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o cálculo da evapotranspiração de referência foram utilizados dados médios mensais de temperatura máxima, mínima e média do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e insolação. Estes dados foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da sua rede de estações convencionais localizadas em 11 cidades do estado de Goiás, região centro oeste do Brasil (Figura 1).

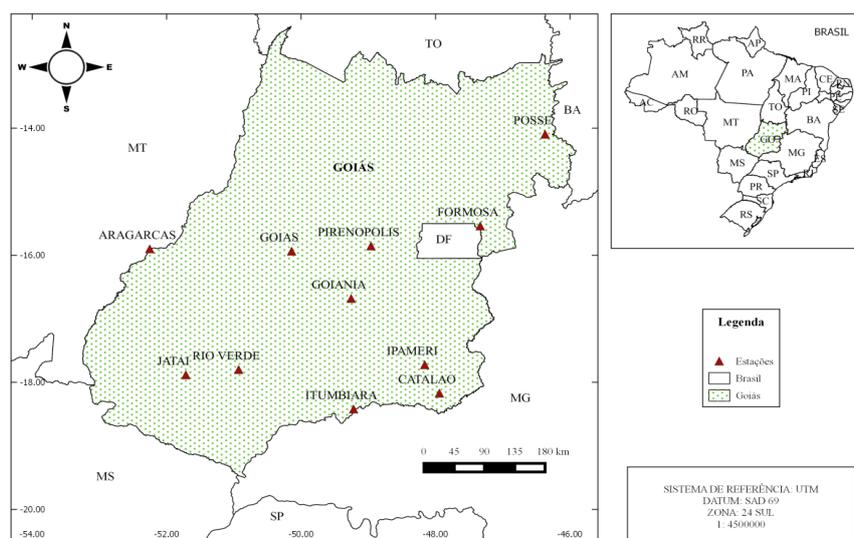
O estado de Goiás possui, segundo a classificação de Koppen, clima Aw tropical, possuindo uma estação seca no inverno, sendo caracterizado por invernos secos e verões chuvosos, com cobertura de solo predominante de agricultura e pecuária, estando localizado grande parte dentro do bioma Cerrado e apenas 3,5% no bioma Mata Atlântica (CARDOSO et al., 2015). As características climáticas das cidades analisadas podem ser observadas na tabela 1, com valores médios dos elementos do clima, altitude e período analisado.

A FAO recomenda no manual 56 que o modelo de Penman-Monteith deve ser utilizado como padrão de estimativa da evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998), sendo utilizado neste estudo como padrão de comparação dos modelos analisados (Equação 1).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_m + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (1)$$

em que,

ET<sub>o</sub> = evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup>;  
 radiação líquida total do gramado, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>; G:  
 densidade do fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>;



**Figura 1.** Localização geográfica das cidades utilizadas no estudo.

**Tabela 1.** Valores médios dos elementos do clima, altitude e período

Cidade	Vv (m s <sup>-1</sup> )	Ins (h dia <sup>-1</sup> )	Tm (°C)	Tx(°C)	Tn(°C)	UR (%)	Alt (m)	Período
Aragarças	0.5	6.7	26.3	32.6	20.0	70.3	345.0	1970 / 2016
Catalão	1.6	6.9	23.0	28.5	17.5	67.0	840.5	1961 / 2009
Formosa	1.2	7.0	22.9	28.3	17.4	65.5	935.2	1961 / 2016
Goiânia	1.2	7.1	23.6	29.7	17.4	66.3	741.5	1961 / 1978
Goiás	1.9	6.7	26.0	32.6	20.4	66.1	512.2	1974 / 2016
Ipameri	1.1	6.8	23.3	29.3	17.4	69.3	773.0	1978 / 2016
Itumbiara	1.9	7.1	24.9	31.3	18.5	67.2	449.0	1993 / 2010
Jataí	1.1	6.4	24.0	30.9	17.1	69.0	662.9	1993 / 2016
Pirenópolis	1.9	6.5	24.1	30.5	17.8	69.1	740.0	1977 / 2016
Posse	1.4	6.9	24.7	29.6	19.8	63.4	826.0	1975 / 2010
Rio Verde	2.0	6.3	23.7	29.9	17.6	66.5	775.0	1971 / 2016

\*\*Vv: velocidade do vento (m s<sup>-1</sup>); Ins: insolação (h dia<sup>-1</sup>); Tm: temperatura média (°C); Tx: temperatura máxima (°C); Tn: temperatura mínima (°C); UR: umidade relativa do ar (%); Alt: altitude (metros).

Tm: temperatura média do ar, °C; u2: velocidade do vento média diária a 2 m de altura, m s<sup>-1</sup>; es: pressão de saturação de vapor, kPa; ea: pressão parcial de vapor, kPa; es-ea: déficit de saturação de vapor, kPa; Δ: declividade da curva de pressão de vapor no ponto de Tm, kPa°C<sup>-1</sup>; γ: coeficiente psicrométrico, kPa°C<sup>-1</sup>.

O modelo FAO 24 Radiação foi proposto por Doorenbos et al., (1976) e utiliza valores de radiação solar global e temperatura do ar (Equação 2).

$$ET_{oFAO24} = a + b \left( \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot Rs \right) \quad (2)$$

em que,

a e b: coeficientes empíricos; Rs: radiação solar global, MJ m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>; Δ e γ definidos anteriormente. Jensen e Haise (1963) propuseram a seguinte equação para estimativa da evapotranspiração de referência para região oeste dos Estados Unidos (Equação 3).

$$ET_{oJH} = \frac{Rs}{\lambda} (0.025 T_m + 0.08) \quad (3)$$

em que,

$\lambda$ : calor latente de vaporização, MJ kg<sup>-1</sup>;  $T_m$ : temperatura média, °C;  $Rs$ : definido anteriormente.

O modelo Makkink (1957) foi desenvolvido na Holanda a partir de comparações com o modelo de Penman (1948) e medidas lisimétricas (Equação 4).

$$ET_{oMk} = 0,61 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{R_s}{\lambda} - 0,12 \quad (4)$$

em que,

$\Delta$ ,  $\gamma$ ,  $\lambda$  e  $Rs$  foram definidos anteriormente.

Hargreaves e Samani (1985) propuseram a seguinte equação para estimativa da ETo utilizando apenas os valores das temperaturas máxima, mínima e média do ar e da radiação solar extraterrestre, sendo recomendada pela FAO quando indisponíveis os dados para uso do modelo Penman Monteith (Equação 5).

$$ET_{oHS} = 0,0023 (T_x - T_n)^{0,5} (T_m + 17,8) R_a \cdot 0,408 \quad (5)$$

em que,

$K_{RS}$ : coeficiente empírico, (0,16 para cidades do interior e 0,19 para cidades litorâneas);  $T_x$ : temperatura máxima,  $T_n$ : temperatura mínima,  $T_m$ : temperatura média;  $R_a$ : radiação solar extraterrestre.

Hamon em 1961 desenvolveu um modelo que utiliza dados de insolação e temperatura do ar (Equação 6), buscando minimizar o erro do modelo de Thornthwaite que superestimava ou subestimava a evapotranspiração no decorrer do ano.

$$ET_{oHA} = 0,55 \cdot \left(\frac{N}{12}\right)^2 \cdot \left(\frac{4,93 \cdot \exp(0,062 T_m)}{100}\right) \cdot 25,4 \quad (6)$$

em que,

$N$ : número de horas de brilho solar possíveis (fotoperíodo);  $T_m$ : temperatura média do ar, °C.

Baier e Robertson em 1965 propuseram este

modelo para o clima da Normandia localizada na França. O método consiste em uma análise de regressão linear múltipla, e utiliza apenas dados de temperatura do ar (Equação 7).

$$ET_{oBR} = 0,157 T_x + 0,158 (T_x - T_n) + 0,109 R_a - 5,39 \quad (7)$$

em que,

$T_x$ : temperatura máxima do ar, °C;  $T_n$ : temperatura mínima do ar, °C;  $T_m$ : temperatura média do ar, °C;  $R_a$ : radiação solar no topo da atmosfera, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.

O desempenho dos modelos, quando comparados seus resultados aos do modelo padrão PM, foi analisado por meio dos índices estatísticos: índice de Willmott e raiz quadrada do erro médio (RQEM), sugeridos por Legates e McCabe Jr (1999), equações 8 e 9 respectivamente.

$$id = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (8)$$

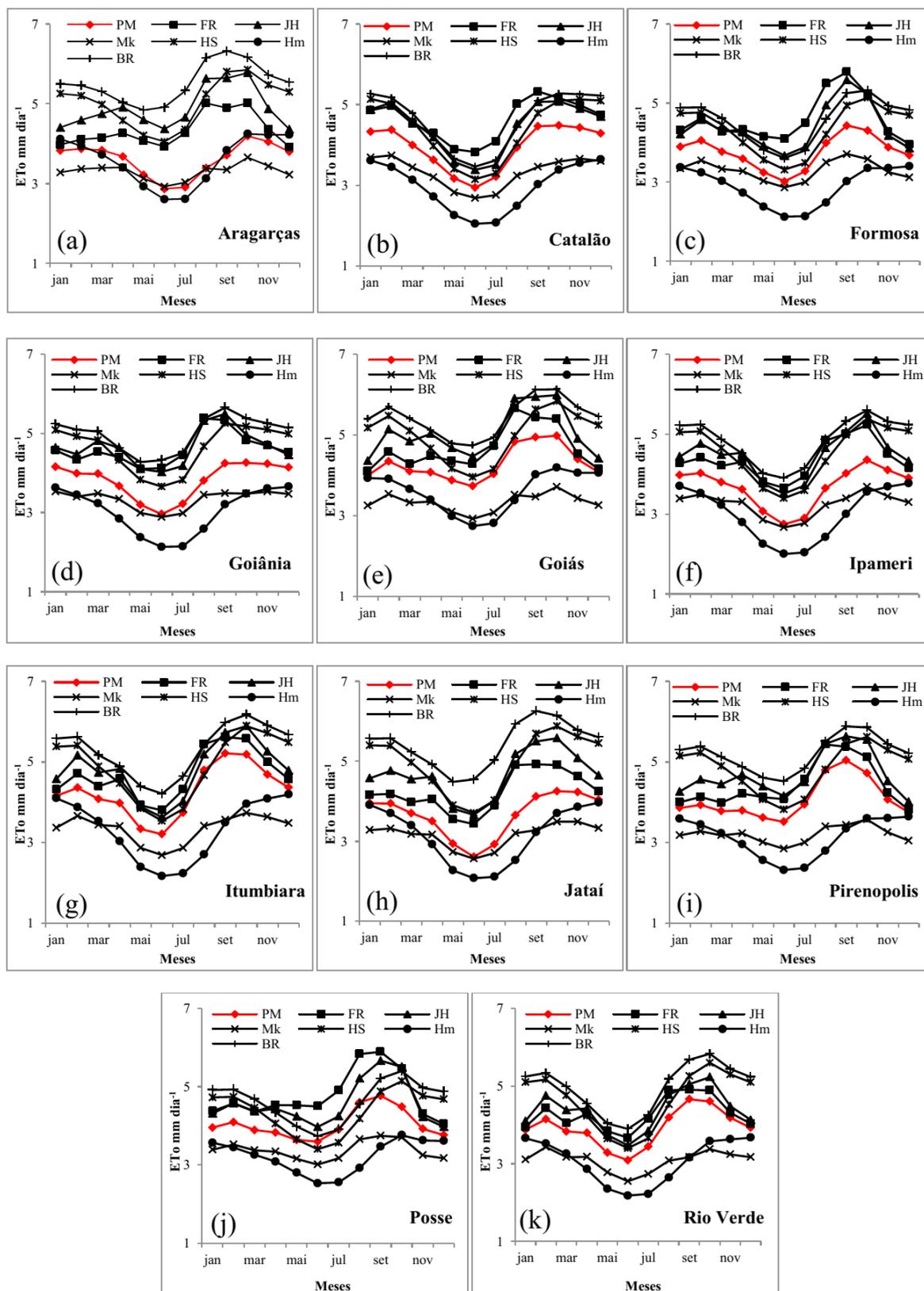
$$EPE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}} \quad (9)$$

em que,

$O_i$ : valores estimados pelo modelo padrão;  $P_i$ : valores estimados pelos modelos propostos;  $O$ : é a média dos valores observados;  $N$ : número de dados

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 (“a” a “k”) mostra o comportamento dos modelos de estimativa da ETo no decorrer do ano. Analisando a Figura 2a, para a cidade de Aragarças, o modelo de Hamon mostrou maior proximidade com os valores de PM, com pequenos erros de sub e superestimava, porém não obteve boa estimativa em nenhuma das outras cidades avaliadas, com valores subestimados de ETo durante todo o ano, resultado semelhante ao observado por Ahooghalandari et al., (2016) em estudo realizado na Austrália.



\*\*PM: Penman Monteith; FR: FAO-Radiação; JH: Jensen-Haise; Mk: Makkink; HS: Hargreaves-Samani; Hm: Hamon; BR: Baier-Robertson

**Figura 2.** Médias mensais dos valores de ETo estimados pelos modelos FAO 24 Radiação, Jensen e Haise, Makkink, Hargreaves e Samani, Hamon, Baier Roberson e do modelo padrão PM.

Nota-se que para nenhuma das cidades avaliadas os modelos apresentaram boas estimativas, tendo mostrado sempre valores sub ou superestimados, em alguns casos, como exemplo, as cidades de Ipameri (figura 2f) e Jataí (Figura 2h) onde o modelo com maior acurácia (Makkink) mostrou valores próximos ao padrão em apenas três meses do ano, fato ocorrido devido à semelhança dos valores de alguns elementos do clima para as cidades, tais como: a velocidade do vento e umidade relativa do ar (Tabela 1). Melhor desempenho em estimar a ETo por este modelo foi descrito por Tabari (2010) em condições de clima e altitude semelhante da cidade de Oroomieh no Irã.

Segundo a análise estatística os modelos baseados em radiação solar apresentaram as melhores estimativas da ETo em oito das onze

cidades analisadas (Tabela 2), sendo o modelo de Makkink em Formosa, Goiânia, Jataí e Ipameri, com destaque para a última citada com o menor RQEM de 0,5 mm dia<sup>-1</sup>, resultado semelhante ao encontrado por Feng et al., (2016) em Bazhong, província de Sichuan na China, com um RQEM de 0,54 mm dia<sup>-1</sup>. Tabari et al., (2012) obtiveram piores resultados em estudo realizado na cidade de Hamedan, no oeste do Irã, com um RQEM de 2,09 mm dia<sup>-1</sup> para o modelo Makkink. Para o índice de Willmott (id) o modelo de Makkink nas oito cidades supracitadas obteve valores que variaram de 0,74 a 0,8, resultado semelhante ao encontrado por Pereira et al., (2009) que obtiveram id de 0,82 para o período seco e 0,85 para o período chuvoso, na Serra da Mantiqueira no estado de Minas Gerais.

**Tabela 2.** Desempenho dos modelos avaliados segundo os índices estatísticos, raiz quadrada do erro médio e índice de Willmott

Cidade	Análise estatística	Modelos					
		FR	JH	Mk	HS	Hm	BR
Aragarças	RQEM	0.92	1.45	0.42	1.48	0.36	1.99
	id	0.57	0.44	0.79	0.44	0.89	0.33
Catalão	RQEM	0.80	0.62	0.68	0.54	1.09	0.72
	id	0.74	0.84	0.73	0.87	0.6	0.78
Formosa	RQEM	1.00	0.85	0.53	0.68	1.00	0.87
	id	0.66	0.73	0.78	0.75	0.55	0.67
Goiânia	RQEM	0.91	0.98	0.56	0.86	0.89	1.22
	id	0.63	0.62	0.74	0.65	0.62	0.51
Goiás	RQEM	0.53	0.90	1.07	0.89	0.93	1.22
	id	0.88	0.75	0.56	0.67	0.58	0.57
Ipameri	RQEM	0.82	0.91	0.50	0.92	0.79	1.21
	id	0.69	0.69	0.80	0.66	0.69	0.54
Itumbiara	RQEM	0.50	0.66	1.03	0.84	1.17	1.14
	id	0.90	0.85	0.61	0.75	0.59	0.63
Jataí	RQEM	0.70	1.10	0.58	1.33	0.66	1.80
	id	0.74	0.61	0.75	0.53	0.78	0.41
Pirenópolis	RQEM	0.47	0.73	0.98	0.95	1.19	1.21
	id	0.90	0.81	0.56	0.64	0.46	0.58
Posse	RQEM	0.87	0.73	0.71	0.63	1.00	0.76
	id	0.73	0.79	0.67	0.72	0.49	0.66
Rio Verde	RQEM	0.53	0.62	0.95	0.85	1.04	1.11
	id	0.84	0.81	0.57	0.71	0.57	0.60

\*\*FR: FAO-Radiação; JH: Jensen-Haise; Mk: Makkink; HS: Hargreaves-Samani; Hm: Hamon; BR: Baier-Robertson; RQEM: raiz quadrada do erro médio; id: índice de Willmott, # melhor desempenho de acordo com os índices estatísticos.

Outro modelo que teve desempenho considerado satisfatório foi o FAO-Radiação, apresentando as melhores estimativas para Goiás, Itumbiara, Pirenópolis e Rio Verde, com RQEM que variou de 0,47 a 0,53 mm dia<sup>-1</sup> (Tabela 2). Alencar *et al.*, (2011) obtiveram piores resultados com um RQEM de 0,80 mm dia<sup>-1</sup> em estudo realizado na cidade de Uberaba, no triângulo mineiro estado de Minas Gerais. Resultados insatisfatórios deste modelo também foram descritos por Liu *et al.*, (2017) em estudo realizado na China, o modelo FAO-Radiação obteve um RQEM de 1,24 mm dia<sup>-1</sup>. O id também mostrou a superioridade do modelo FAO-Radiação, com valores que variaram de 0,84 a 0,90, este índice pode variar de 0 até 1, e quanto mais próximo da unidade, melhor foi o desempenho do modelo em estimar a ETo.

As estimativas mais precisas dos modelos citados anteriormente (Makkink e FAO-Radiação) os quais se baseiam na radiação solar pode ser explicado pelo fato dos mesmos utilizarem dados de insolação e temperatura. Modelos que requerem mais parâmetros tendem a apresentar melhores resultados, porém, a disponibilidade das informações varia de acordo com o local. Dentre os modelos que usam insolação o de Jensen-Haise não mostrou resultado satisfatório, pois foi desenvolvido para regiões úmidas do oeste dos Estados Unidos da América, o uso de alguns valores constantes pode ter contribuído para tais resultados, sendo necessário um ajuste em seus parâmetros para que este modelo seja utilizado no estado de Goiás.

Ao observar os valores médios de velocidade do vento (Vv), insolação (Ins) e umidade relativa do ar (UR) (Tabela 1), a semelhança ou até a igualdade de alguns valores pode ser a explicação dos modelos terem alcançado resultados semelhantes em determinadas cidades, como o modelo Makkink em Formosa, Goiânia, Jataí e Ipameri e o modelo FAO-Radiação nas cidades de Goiás, Itumbiara, Pirenópolis e Rio Verde.

Dos modelos que utilizam apenas dados de temperatura do ar, o de Hargreaves-Samani foi o que melhor se adequou para as cidades de Catalão e Posse, com um RQEM que variou de 0,54 a 0,63 mm dia<sup>-1</sup> (Tabela 2), semelhante ao descrito por Ahooghalandari *et al.*, (2016) na Austrália com

RQEM de 0,58 mm dia<sup>-1</sup>. Melhor desempenho deste modelo foi obtido por Martí *et al.*, (2015) em condições climáticas semelhantes da cidade de Badajoz na Espanha, com um RQEM de 0,15 mm dia<sup>-1</sup>. Já Hosseinzadeh Talaei, (2014) constatou desempenho insatisfatório deste modelo com um RQEM de 1,44 mm dia para o clima semiúmido de Gorgan no Irã, semelhante ao encontrado por Liu *et al.*, (2017) em Beijing na China com um RQEM de 1,47 mm dia<sup>-1</sup>.

O menor valor de erro do RQEM foi observado no modelo de Hamon para Aragarças, com 0,36 mm dia<sup>-1</sup> (Tabela 2). Este modelo, porém, não mostrou boa estimativa da ETo em nenhuma das outras cidades analisadas. Utilizando este modelo Júnior *et al.*, (2012) descreveram um erro de 0,88 mm dia<sup>-1</sup> para as condições climáticas de Aquidauana-MS. Resultado insatisfatório do modelo Hamon também foi observado por Ahooghalandari *et al.*, (2016) para a Austrália com RQEM de 2,24 mm dia<sup>-1</sup>, assim como Liu *et al.*, (2017) que na escala diária e comparando o modelo de Hamon com medidas lisimétricas constataram um erro de 2,15 mm dia<sup>-1</sup>.

Dos modelos avaliados neste estudo, os propostos por Jensen e Haise (1963) e por Baier e Robertson (1965) não apresentaram as estimativas esperadas da evapotranspiração de referência em nenhuma das cidades, isto pode ter ocorrido pela não adaptabilidade dos coeficientes constantes ao local. Modelos empíricos tendem a funcionar melhor quando utilizados em locais semelhantes ao de seu desenvolvimento, pois, em condições climáticas e topográficas distintas, podem apresentar erros de sub ou superestimava. Estimativas insatisfatórias destes modelos também foram descritas por Tabari *et al.*, (2013), Valipour, (2014), Ahooghalandari *et al.*, (2016); Muniandy *et al.*, (2016); Pandey *et al.*, (2016) em trabalhos realizados em várias partes do mundo.

## CONCLUSÕES

- Os modelos de Makkink e FAO-Radiação, baseados na radiação solar, apresentaram maior acurácia na estimativa de ETo em oito das onze cidades avaliadas;

- Utilizando somente a temperatura do ar, os modelos de Hargreaves-Samani e Hamon foram os melhores para as cidades de Posse, Catalão e Aragarças;
- O uso de modelos simples, com base em temperatura do ar só será uma alternativa viável caso seja feito um ajuste em seus parâmetros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHOOGHALANDARI, M.; KHIADANI, M.; JAHROMI, M.E. Developing equations for estimating reference evapotranspiration in Australia. **Water Resources Management**, v.30, n.11, p.3815-3828, 2016.

ALENCAR, L.P.; DELGADO, R.C.; ALMEIDA, T.S.; WANDERLEY, H.S. Comparação de diferentes métodos de estimativa diária da evapotranspiração de referência para a região de Uberaba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.2, p.337-343, 2011.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **Irrigation and Drainage Paper 56**. p.300, 1998.

ALMOROX, J.; QUEJ, V.H.; MARTÍ, P. Global performance ranking of temperature-based approaches for evapotranspiration estimation considering Köppen climate classes. **Journal of Hydrology**, v.528, p.514-522, 2015.

CARDOSO, M.R.D.; MARCUZZO, F.F.N.; BARROS, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v.8, n.16, p.40-55, 2015.

DOORENBOS, J.P.; DOORENBOS, W.O.J.; PRUITT, W.O.; et al. Las necesidades de agua de los cultivos. **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación**, v.24, 1976.

FENG, Y.; CUI, N.; ZHAO, L.; HU, X.; GONG, D. Comparison of ELM, GANN, WNN and empirical models for estimating reference evapotranspiration

in humid region of Southwest China. **Journal of Hydrology**, v.536, p.376-383, 2016.

FENG, Y.; JIA, Y.; CUI, N.; et al. Calibration of Hargreaves model for reference evapotranspiration estimation in Sichuan basin of southwest China. **Agricultural Water Management**, v.181, p.1-9, 2017.

HAMON, W.R., 1961. Estimating potential evapotranspiration. **Journal of the Hydraulics Division**. Proceedings of the American Society of Civil Engineers 87, p.107-120.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**. 1 (2), p.96-99.

HOSSEINZADEH TALAEI, P. Performance evaluation of modified versions of Hargreaves equation across a wide range of Iranian climates. **Meteorology and Atmospheric Physics**, p.65-70, 2014.

JENSEN, M.E.; HAISE, H.R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v.89, p.15-41, 1963.

JÚNIOR, E.D.F.; SILVA LOPES, A.; OLIVEIRA, G.Q.; JUNG, L.H. Métodos empíricos para estimativa da evapotranspiração de referência para Aquidauana-MS. **Irriga**, v.17, n.4, p.418, 2012.

LIU, X.; XU, C.; ZHONG, X.; et al. Comparison of 16 models for reference crop evapotranspiration against weighing lysimeter measurement. **Agricultural Water Management**, v.184, p.145-155, 2017.

MAKKINK, G.F. Testing the Penman formula by means of lysimeters. **Journal of the Institution of Water Engineers and Scientists**, v.11, n.3, p.277-288, 1957.

MARTÍ, P.; GONZÁLEZ-ALTOZANO, P.; LÓPEZ-URREA, R.; MANCHA, L.A.; SHIRI,

- J. Modeling reference evapotranspiration with calculated targets. Assessment and implications. **Agricultural Water Management**, v.149, p.81-90, 2015.
- MUNIANDY, J.M.; YUSOP, Z.; ASKARI, M. Evaluation of reference evapotranspiration models and determination of crop coefficient for *Momordica charantia* and *Capsicum annum*. **Agricultural Water Management**, v.169, p.77-89, 2016.
- 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.
- PANDEY, V.; PANDEY, P.K.; MAHANTA, A.P. Calibration and performance verification of hargreaves samani equation in a humid region. **Irrigation and Drainage**. v.63, n.5, p.659-667, 2014.
- PEREIRA, D.R.; YANAGI, S.N.M.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M.; SILVA, L.A.. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, v.39, n.9, p.2488-2493, 2009.
- TABARI, H. Evaluation of reference crop evapotranspiration equations in various climates. **Water Resources Management**, v.24, n.10, p.2311-2337, 2010.
- TABARI, H.; GRISMER, M.E.; TRAJKOVIC, S. Comparative analysis of 31 reference evapotranspiration methods under humid conditions. **Irrigation Science**, v.31, n.2, p.107-117, 2013.
- TABARI, H.; KISI, O.; EZANI, A.; HOSSEINZADEH TALAEE, P. SVM, ANFIS, regression and climate based models for reference evapotranspiration modeling using limited climatic data in a semi-arid highland environment. **Journal of Hydrology**, v.444-445, p.78-89, 2012.
- TABARI, H.; TALAEE, P.H.; WILLEMS, P.; MARTINEZ, C. Validation and calibration of solar radiation equations for estimating daily reference evapotranspiration at cool semi-arid and arid locations. **Hydrological Sciences Journal**, v.61, n.3, p.610-619, 2016.
- VALIPOUR, M. Temperature analysis of reference evapotranspiration models. **Meteorological Applications**, v.22, n.3, p.385-394, 2014.