

ESTUDO COMPARATIVO DA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA LOCALIDADES DO ESTADO DE GOIÁS

GUILHERME H. T. CRUZ¹ (IC)*, LUCAS C. SANTOS² (PQ), ELTON F. REIS³ (PQ), FRANK. F. CAPUCHINHO¹ (IC)

¹ Graduando de Eng. Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, BR-153, 3105 – Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis - GO, guilerghtech@gmail.com

² Pós-Doutorando, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO

³ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás

Resumo: Objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento dos métodos de Turc (1961), Radiação/FAO-24, Blaney-Criddle/FAO-24, Penman Modificado/FAO-24, Hargreaves-Samani (1985) e Priestley-Taylor para a determinação da evapotranspiração de referência, e confrontar seus resultados com aqueles obtidos com o método padrão Penman-Monteith/FAO-56 para as condições climáticas das cidades de Formosa, Goiatuba, Goianésia, Ipameri, Itumbiara, Jataí, Mineiros, Quirinópolis, Rio Verde e Santa Helena de Goiás, localizadas no estado de Goiás. Para a mesorregião leste (Formosa) os melhores métodos foram o de Turc e Radiação, e os piores Penman mod. e Priestley-Taylor. Em Goianésia, município da mesorregião do centro-goiano, as melhores estimativas foram obtidas pelos métodos Turc e Radiação, já as piores foram encontradas nos métodos de Penman mod. e Hargreaves-Samani. Para os municípios da mesorregião do sul goiano (Goiatuba, Ipameri, Itumbiara, Jataí, Mineiros, Quirinópolis, Rio Verde e Santa Helena de Goiás) o melhor método foi o de Turc, se classificando como “Ótimo” para todas as cidades, excetuando Itumbiara, onde ele foi classificado como “Muito bom”. Os piores resultados foram encontrados nos métodos de Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle. Os métodos que se baseiam em valores de radiação, apresentam melhores resultados na estimativa da evapotranspiração para a região de estudo, em relação a aqueles que possuem apenas valores de temperaturas em sua formulação.

Palavras-chave: Métodos empíricos. Monitoramento climático. Necessidade hídrica. Penman-Monteith (FAO-56).

Introdução

Para determinar o quanto de água está sendo perdido por evaporação e transpiração, pode-se utilizar métodos que permitam estimar essas perdas que serão repostas via água de irrigação, caso as chuvas não sejam suficientes. Essa perda global é denominada de evapotranspiração (ET), que pode ser definida como



um processo combinado de transferência de água do solo para a atmosfera, incluindo a evaporação da água do solo e o processo de transpiração através dos tecidos vegetais (VESCOVE, 2005).

Muitos métodos foram desenvolvidos para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), que é a versão padronizada de ET para condições ambientais hipotéticas, levando-se em consideração apenas as variáveis meteorológicas da localidade de interesse (CRUZ et al., 2017). Isto ocorre em decorrência de três importantes razões: i) adequação do método às condições climáticas da região de interesse, ii) simplicidade de uso e; iii) disponibilidade limitada de dados de variáveis meteorológicas que compõe os métodos. Devido à diversidade destes métodos e, também em razão da variabilidade existentes entre os parâmetros que influenciam a evapotranspiração, além do empirismo envolvido em suas formulações, para muitos deles é comum haver estudos utilizando artifícios estatísticos para comparar os métodos e, assim, identificar aquele que possui maior aplicabilidade ao local de estudo (GONSAGA, 2011).

Dentre as principais regiões brasileiras com perfil agrícola, o Estado de Goiás tem se destacado no âmbito nacional, vindo inclusive a se tornar o quarto maior produtor de grãos do País no ano de 2015 (IMB, 2017). O potencial do Estado como fornecedor de alimentos é justificado pela abundância de terras com topografia favorável, à mecanização e, também pela boa disponibilidade hídrica, o que confere aos produtores goianos adequadas condições na exploração de seus cultivos. No entanto, especificamente em relação ao potencial hídrico da região, estudos que envolvam a gestão desse importante recurso são constantemente necessários, para que a oferta de água seja assegurada, não apenas para a agricultura, mas também aos outros setores que dela dependem (CRUZ et al., 2017).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento dos métodos de Turc (1961), Radiação/FAO-24, Blaney-Criddle/FAO-24, Penman Modificado/FAO-24, Hargreaves-Samani (1985) e Priestley-Taylor para a determinação da evapotranspiração de referência, e confrontar seus resultados com aqueles obtidos com o método padrão Penman-Monteith/FAO-56 para as condições climáticas das cidades de Formosa, Goiatuba, Goianésia, Ipameri, Itumbiara, Jataí,

Mineiros, Quirinópolis, Rio Verde e Santa Helena de Goiás, localizadas no estado de Goiás.

Material e Métodos

Para a estimativa da ETo foram obtidos dados da plataforma automática de coleta do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO) e também do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde se utilizou as seguintes variáveis meteorológicas: radiação solar ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), temperatura máxima, mínima e média do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa média do ar (%), velocidade média do vento (m s^{-1}) e pressão atmosférica (hPa), referentes a série histórica compreendida pelos anos de 1985 a 2015. Com o propósito de tornar os dados meteorológicos utilizados mais homogêneos, foram eliminadas aquelas informações discrepantes, incompletas ou inconsistentes. Para o preenchimento das falhas, utilizou-se o banco de dados em grade desenvolvido por Xavier et al. (2015) o qual consiste da interpolação a partir de dados diários obtidos de diversas fontes e é disponibilizado em espaçamento horizontal de $0,25^{\circ}$ de latitude e $0,25^{\circ}$ de longitude.

Foi utilizado o programa computacional REF-ET (ALLEN, 2000) para a estimativa da ETo pelos métodos: Penman Modificado/FAO-24 (PMod), Radiação/FAO-24 (Rad), Blaney-Criddle/FAO-24 (BC), Hargreaves-Samani (1985) (Hg), Priestley-Taylor (PT) e Turc (1961), os quais foram comparados com o método padrão Penman-Monteith/FAO-56 (PM56), na escala diária.

Com os dados diários da ETo realizou-se análise de regressão onde correlacionou-se os valores obtidos pelos métodos testados com os do método padrão. A análise de desempenho foi baseada nos seguintes parâmetros: equação de regressão (β_0 e β_1), coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação (r), estimativa do erro padrão (EEP), índice de concordância (d) (Willmott et al., 1985) e o índice de desempenho (c) (Camargo e Sentelhas, 1997), obtido a partir do produto entre o coeficiente de correlação e o índice de concordância.

Resultados e Discussão

Os resultados da análise comparativa entre os valores de evapotranspiração de referência estimados pelos métodos empíricos com os valores estimados pelo



método PM56 para os municípios em estudo no estado de Goiás encontram-se na Tabela 1.

O método que apresentou a melhor estimativa foi o proposto por Turc (1961), com desempenho “Ótimo” para todas as cidades em estudo, exceto Itumbiara, onde este foi classificado como “Muito bom”. O índice de concordância (d) para a comparação estabelecida entre este método e o padrão de PM56, variou de 0,84 para Itumbiara, até 0,94 em seu melhor desempenho, o qual foi registrado na cidade de Formosa. Tal desempenho se deve ao fato do modelo de Turc contemplar em sua formulação a radiação, temperatura e fotoperíodo. Em estudos correlatos conduzidos por Bragança et al. (2010), em algumas localidades do estado do Espírito Santo, os autores classificaram o método como “Ótimo”, resultados similares foram encontrados por Tanaka et al. (2016) em estudos com modelos simplificados para a estimativa da ETo no estado do Mato Grosso.

Para o município de Formosa, situado na mesorregião leste do estado, todos os métodos apresentaram superestimativa dos valores de ETo, em comparação ao padrão (PM56). A maior superestimativa foi apresentada por PMod (0,99 mm dia⁻¹), o qual foi classificado como sofrível; condição essa que o inabilita para a região de estudo. Este resultado contraria os encontrados por Oliveira et al. (2001), que ao estudarem algumas regiões do estado de Goiás, verificaram desempenho satisfatório para o mesmo (PMod). O método também apresentou baixa concordância (0,58) e alta estimativa do erro padrão (1,00 mm dia⁻¹). Contudo, se a análise fosse baseada apenas no coeficiente de determinação (r²), o mesmo se classificaria como o melhor método, o que poderia incorrer em erros aos resultados. Este fato, reafirma a necessidade de se adotar diversas abordagens com indicadores estatísticos ao estudar um método de estimativa para quaisquer regiões (BARROS et al., 2009).

Os métodos de Hg e Rad, apresentaram desempenho satisfatório, sendo classificados como “Bom” e “Mediano”, respectivamente, com superestimativa de 0,43 mm dia⁻¹ para Hg e 0,71 mm dia⁻¹ para Rad. Este resultado permite que os métodos sejam utilizados, quando houver carência de dados meteorológicos na região para implementação dos métodos mais precisos.



Tabela 1. Parâmetros de regressão (β_0 , β_1), coeficiente de determinação (r^2), estimativa do erro padrão (EEP), índice de concordância (d) e índice de confiança ou desempenho (c) para valores de ETo diários em dez municípios do estado de Goiás, no período de 1985 a 2015.

Localidade	Modelo	a	b	R ²	d	c	EEP	Classificação*	**ET	Localidade	Modelo	a	b	R ²	d	c	EEP	Classificação*	**ET
Formosa	PM56	-	-	-	-	-	-	-	3,89	Ipameri	PM56	-	-	-	-	-	-	-	3,86
	PMod	0,28	1,18	0,99	0,58	0,58	1,00	Sufrível	4,88		PMod.	0,11	1,22	1,00	0,65	0,65	0,99	Mediano	4,83
	Turc	0,96	0,76	0,94	0,97	0,94	0,15	Ótimo	3,91		Turc	1,30	0,69	0,95	0,95	0,93	0,22	Ótimo	3,94
	Rad	0,23	1,12	0,80	0,68	0,61	0,76	Mediano	4,60		Rad	0,93	0,94	0,85	0,72	0,67	0,73	Bom	4,55
	Hg	0,38	1,01	0,66	0,77	0,63	0,56	Bom	4,32		Hg	0,13	1,15	0,90	0,75	0,71	0,73	Bom	4,55
	BC	0,92	0,79	0,49	0,82	0,57	0,43	Sufrível	4,00		BC	1,80	0,58	0,49	0,80	0,56	0,45	Sufrível	4,03
	PT	0,74	0,84	0,46	0,80	0,54	0,47	Sufrível	4,01		PT	0,29	1,14	0,73	0,87	0,74	0,48	Bom	4,11
Goianésia	PM56	-	-	-	-	-	-	-	4,07	Itumbiara	PM56	-	-	-	-	-	-	-	4,14
	PMod	0,44	1,13	0,99	0,60	0,60	0,98	Sufrível	5,04		PMod	0,04	1,23	0,99	0,68	0,68	1,01	Bom	5,14
	Turc	1,09	0,71	0,93	0,95	0,91	0,20	Ótimo	3,99		Turc	1,42	0,63	0,85	0,91	0,84	0,32	Muito Bom	4,03
	Rad.	0,26	1,08	0,88	0,76	0,71	0,62	Bom	4,66		Rad	0,82	0,93	0,95	0,84	0,82	0,54	Muito Bom	4,67
	Hg	1,09	0,87	0,59	0,69	0,53	0,68	Sufrível	4,64		Hg	0,20	1,09	0,83	0,81	0,74	0,66	Bom	4,72
	BC	0,53	0,92	0,55	0,83	0,61	0,46	Mediano	4,26		BC	1,61	0,66	0,65	0,86	0,69	0,43	Bom	4,35
	PT	1,86	0,54	0,20	0,66	0,30	0,59	Péssimo	4,05		PT	0,12	0,98	0,53	0,83	0,61	0,59	Mediano	4,16
Goiatuba	PM56	-	-	-	-	-	-	-	3,99	Jataí	PM56	-	-	-	-	-	-	-	3,80
	PMod	0,01	1,25	0,99	0,66	0,66	1,02	Bom	4,99		PMod	0,09	1,25	0,99	0,71	0,70	0,87	Bom	4,65
	Turc	1,38	0,66	0,91	0,94	0,90	0,24	Ótimo	4,00		Turc	1,30	0,66	0,92	0,95	0,91	0,23	Ótimo	3,81
	Rad.	0,93	0,92	0,91	0,79	0,75	0,63	Bom	4,59		Rad	1,08	0,86	0,89	0,79	0,75	0,57	Bom	4,34
	Hg	0,03	1,19	0,90	0,72	0,68	0,84	Bom	4,79		Hg	0,23	1,22	0,95	0,60	0,59	1,10	Sufrível	4,88
	BC	1,90	0,58	0,51	0,80	0,57	0,48	Sufrível	4,20		BC	1,90	0,55	0,51	0,80	0,57	0,45	Sufrível	3,97
	PT	0,31	1,14	0,67	0,85	0,70	0,54	Bom	4,22		PT	0,44	1,17	0,73	0,87	0,75	0,49	Bom	4,02
Mineiros	PM56	-	-	-	-	-	-	-	3,76	Rio Verde	PM56	-	-	-	-	-	-	-	3,87
	PMod	0,04	1,27	0,99	0,66	0,66	0,90	Bom	4,65		PMod	0,09	1,22	0,99	0,65	0,65	0,94	Mediano	4,80
	Turc	1,29	0,68	0,95	0,95	0,92	0,22	Ótimo	3,85		Turc	1,26	0,67	0,93	0,95	0,91	0,22	Ótimo	3,85
	Rad.	1,20	0,84	0,84	0,74	0,68	0,63	Bom	4,35		Rad	0,90	0,90	0,87	0,79	0,73	0,57	Bom	4,40
	Hg	0,22	1,22	0,96	0,58	0,57	1,07	Sufrível	4,82		Hg	0,11	1,25	0,89	0,66	0,62	0,92	Mediano	4,74
	BC	2,24	0,45	0,35	0,72	0,42	0,49	Mau	3,94		BC	1,76	0,59	0,47	0,79	0,54	0,46	Sufrível	4,06
	PT	0,70	1,28	0,79	0,85	0,76	0,53	Muito Bom	4,10		PT	0,17	1,08	0,63	0,85	0,67	0,50	Bom	4,03
Quirinópolis	PM56	-	-	-	-	-	-	-	3,92	Santa Helena	PM56	-	-	-	-	-	-	-	3,74
	PMod	0,04	1,24	0,99	0,65	0,65	1,00	Mediano	4,91		PMod	0,11	1,26	1,00	0,69	0,69	0,87	Bom	4,60
	Turc	1,29	0,68	0,90	0,95	0,90	0,23	Ótimo	3,93		Turc	1,13	0,68	0,88	0,94	0,88	0,23	Ótimo	3,68
	Rad	0,92	0,91	0,92	0,80	0,77	0,58	Muito Bom	4,47		Rad	0,67	0,93	0,93	0,87	0,84	0,43	Muito Bom	4,14
	Hg	0,10	1,25	0,90	0,69	0,65	0,92	Mediano	4,79		Hg	0,06	1,27	0,92	0,59	0,57	1,08	Sufrível	4,79
	BC	1,95	0,56	0,50	0,79	0,56	0,48	Sufrível	4,16		BC	1,59	0,62	0,60	0,84	0,65	0,39	Mediano	3,91
	PT	0,43	1,16	0,65	0,85	0,69	0,54	Bom	4,11		PT	0,29	1,11	0,65	0,86	0,69	0,48	Bom	3,88

*Camargo e Sentelhas; ET – Evapotranspiração de referência (ETo, mm/dia); PM56 – método de Penman Monteith FAO/56; PMod – método de Penman modificado; Rad – método de Radiação; Hg – método de Hargreaves-Samani; BC – método de Blaney-Cridle e PT – método de Priestley-Taylor

REALIZAÇÃO

PRG
Pró-Reitoria de
Graduação

PRP
Pró-Reitoria de
Pós-Graduação

PRE
Pró-Reitoria de
Extensão, Cultura e
Assuntos Estudantis

Universidade
Estadual de Goiás



O município de Goianésia, pertencente a mesorregião do centro-goiano, apresentou classificação dos métodos para estimativa da ETo variando de “Péssimo” a “Ótimo”. Com os métodos de Turc, Rad e BC apresentando as melhores performances, sendo classificados como “Ótimo”, “Bom” e “Mediano”, respectivamente. O método que apresentou estimativa de ETo mais próxima do padrão foi o de PT, com subestimativa de $0,02 \text{ mm dia}^{-1}$. Contudo, sua maior amplitude, o classificou como de uso insatisfatório para a região de Goianésia, segundo a metodologia proposta por Camargo e Sentelhas (1997), uma vez que o método foi classificado como “Péssimo”. Cavalcante Jr. et al. (2011), em estudos conduzidos na região semiárida do nordeste brasileiro, observaram comportamento similar ao deste estudo, classificando o método como “Mau” e “Mediano”, para os períodos seco e úmido, respectivamente.

O método de PMod exige menos dados que o método padrão, o que traz maior facilidade em sua utilização. Contudo, este método não apresentou boa confiabilidade para a região, sendo classificado como “Sofrível” e também apresentou a maior estimativa de erro padrão entre os métodos avaliados para o município de Goianésia. O método de Hg também não é indicado para estimativa na região, o mesmo apresentou baixa concordância, alta estimativa de erro padrão, sendo classificado como “Sofrível”. Originalmente, a equação de Hg foi desenvolvida para condições climáticas de semiárido, e como se baseia apenas em dados de temperatura, espera-se que superestime a ETo quando utilizado em regiões diferentes daquelas de sua concepção (SENTELHAS et al., 2010; SUBBURAYAN et al., 2011), como observado nas localidades estudadas.

As demais cidades pertencem à mesorregião do sul goiano (Goiatuba, Ipameri, Itumbiara, Jataí, Mineiros, Quirinópolis, Rio Verde e Santa Helena de Goiás) e, para tais, os métodos que melhor se classificaram foram Turc e Rad, com desempenho variando de “Bom” a “Ótimo” para todas estas localidades.

Para a cidade de Goiatuba, particularmente, todos os métodos superestimaram a ETo, com a maior superestimativa observada no método PMod ($1,00 \text{ mm dia}^{-1}$). Este método também apresentou baixo valor de concordância (0,66); no entanto, o método foi classificado como “Bom”. A menor superestimativa



foi encontrada para o método de Turc ($0,01 \text{ mm dia}^{-1}$), que foi classificado como “Ótimo”. Adicionalmente, o método também apresentou boa concordância ($0,90$) e baixa estimativa do erro padrão ($0,24 \text{ mm dia}^{-1}$). O único método desaconselhado para o município de Goiatuba foi o de BC, o qual foi classificado como “Sofrível” e apresentou o menor valor de concordância ($0,57$). Os municípios de Quirinópolis e Rio Verde apresentaram comportamento semelhante, onde apenas o método BC apresentou desempenho insatisfatório para estimativa da ETo na região.

Os métodos de estimativa avaliados apresentaram bons desempenhos para as condições climáticas do município de Itumbiara, os mesmos apresentaram classificação variando de “Mediano” a “Muito bom”. O pior desempenho, ou seja, menor concordância e valor do índice “c”, foi para o método PT. Este método, apesar da pior performance entre os métodos avaliados neste município, apresentou o menor valor de superestimativa ($0,02 \text{ mm dia}^{-1}$). A maior estimativa do erro padrão foi encontrada no método PMod ($1,01 \text{ mm dia}^{-1}$), este que também apresentou a maior superestimativa ($1,00 \text{ mm dia}^{-1}$). O método Turc, por sua vez, apresentou a melhor classificação para o município (Muito bom), com o melhor índice de concordância ($0,32$) e ainda os mais baixos valores de subestimativa ($0,11 \text{ mm dia}^{-1}$).

O método Hg não apresentou desempenho satisfatório para os municípios de Jataí, Mineiros e Santa Helena de Goiás, sendo classificado como “Sofrível”. Este método se baseia apenas em valores de temperaturas e carece de ajustes para uma boa estimativa em regiões tropicais e úmidas (TRAJKOVIC, 2007; CAVALCANTE JUNIOR et al., 2010).

O método BC não se adequou aos municípios de Jataí, Mineiros, Quirinópolis e Rio Verde, apresentando classificação variando entre “Mau” e “Sofrível”. Este método também se baseia em valores de temperatura, portanto, os resultados encontrados refletem as diferenças climáticas entre o local de estudo e o local onde a equação foi desenvolvida. Cavalcante Junior et al. (2010) encontraram resultados satisfatórios para este mesmo método, estudando região de clima semiárido, constatando que a adequação do método depende diretamente do clima da região.

Considerações Finais

Para a mesorregião leste (Formosa) os melhores métodos foram o de Turc e Rad, e os piores PMod e PT.

Em Goianésia, município da mesorregião do centro-goiano, as melhores estimativas foram obtidas pelos métodos Turc e Rad, já as piores foram encontradas nos métodos de PMod e HS.

Para os municípios da mesorregião do sul goiano (Goiatuba, Ipameri, Itumbiara, Jataí, Mineiros, Quirinópolis, Rio Verde e Santa Helena de Goiás) o melhor método foi o de Turc, sendo classificado como “Ótimo” para todas as cidades, com exceção de Itumbiara, onde ele foi classificado como “Muito bom”. Os piores resultados foram encontrados nos métodos de Hg e BC.

Os métodos que se baseiam em valores de radiação solar, tendem a apresentar melhores resultados na estimativa da evapotranspiração para a região de estudo, em relação à aqueles que possuem apenas valores de temperaturas em sua formulação.

Agradecimentos

A UEG pela bolsa disponibilizada e por todo o auxílio durante à graduação, ao Dr. Lucas da Costa Santos pela tutoria em trabalhos realizados, ao Dr. Elton Fialho Reis pelo apoio na execução do trabalho e aos colegas do grupo CEMA (Centro de Estudo de Mecanização Agrícola – UEG).

Referências

BARROS, V. R.; SOUZA, A. P.; FONSECA, D. C.; SILVA, L. B. D. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.4, n.2, p.198-203, 2009.

BRAGANÇA, R.; REIS, E. F.; GARCIA, G.O.; PEZZOPANE, J.E.M. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência no período chuvoso

para três localidades no estado do Espírito Santo. **Idesia**, Arica, v.28, n.2, p.21-29, 2010.

CAVALCANTI JÚNIOR, E. G.; ALMEIDA, B. M.; OLIVEIRA, A. D.; SOBRINHO, J. E.; ARAÚJO, E. M.; VIEIRA, R. Y. Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, n.2, p. 87-92, 2010.

CAVALCANTE JÚNIOR, E. G.; OLIVEIRA, A. D.; ALMEIDA, B. M.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Semina**, Londrina, v. 32, p. 1699-1708, 2011.

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.

CRUZ, G. H. T.; SANTOS, L. C.; SILVA, S. M. C.; REIS, E. F. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Rio Verde-GO. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza. v.11, n.6, p. 1854-1861, 2017.

GONSAGA DE CARVALHO, L., GERVÁSIO F. A. R., WEZER L. M., PEDRO C. N. "Evapotranspiração de Referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.3, 2011, p.456-465.

IMB – Instituto Mauro Borges de Estatística e Estudos Socioeconômicos. Produção Agrícola Municipal (2015). Disponível em:<www.imb.go.gov.br>. Acesso em: 05 de março de 2017.



SENTELHA S, P. C., GILLESPIE, T. J., SAN TOS, E. A. Evaluation of FAO Penman–Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern. Ontario, Canadá. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.97, n.5, p. 635-644, 2010.

SUBBURA YAN, S., MURU GAPPAN, A., MOHAN, S. Modified Hargreaves Equation for Estimation of ETo in a Hot and Humid Location in Tamilnadu State, India. **International Journal of Engineering Science and Technology**, Tehran, v.3, n.1, 2011.

TANAKA, A. A.; SOUZA, A. P.; KLAR, A. E.; SILVA, A. C.; GOMES, A. W. A. Evapotranspiração de referência estimada por modelos simplificados para o Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.2, p. 91-104, 2016.

VESCOVE, HUMBERTO V.; TURCO, JOSÉ E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara - SP. Engenharia Agrícola. **Associação Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.25, n.3, p.713-721, 2005.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, Malen, v.36, p.2644-2659, 2015.