

MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AO USO DA ÁGUA

Patrícia Alves Leão de Castro¹; Gilmar Oliveira Santos²

Resumo: Objetivou-se avaliar o desempenho dos métodos de estimativa de evapotranspiração potencial (ET_o) em relação ao método de Penman-Monteith (PM) como ferramenta de gestão ao uso da água para o município de Rio Verde, Goiás. Os dados meteorológicos foram obtidos da estação meteorológica convencional de Rio Verde no período de janeiro/1972 a dezembro/2016. Comparou-se o desempenho de estimativa de ET_o diária pelo método de PM com os métodos de Hargreaves (Hg), Priestley-Taylor (PT), Linacre (Ln), Jensen-Haise (JH), Makkink (M), Romanenko (R), Hansen (Hs), Hamon (Hm), Blaney-Criddle (BC), Benevides-Lopez (BL), Caprio (Cp), Turc (T), Camargo (Cm), Budyko (B), Tanner-Pelton (TP), Stephens-Stewart (SS), Radiação-Temperatura (RT), Radiação-Líquida (RL), Radiação-Global (RG), Hicks-Hess (HH), Lungeon (Lg), McGuinness-Bordne (MB), Kharrufa (K), Blaney-Morin (BM), Ivanov (I) e Radiação-FAO (RF) em três períodos distintos: anual, chuvoso e seco. Os métodos de Hg, Ln, JH, M, Cp, B, TP, RL, HH, MB e K superestimaram o modelo de PM, os métodos de Hs, Hm, BL, SS, RG, BM e RF o subestimaram e os outros métodos, oscilaram ao longo do ano. As estimativas de ET_o dos modelos de T e RT, obtiveram resultados mais próximos às estimativas do método padrão, enquanto Hs e MB apresentaram maiores discrepâncias. O bom desempenho de metodologias simplificadas, podem propiciar no manejo da agricultura irrigada através da quantificação da necessidade hídrica das culturas, havendo economia de água, energia e aumento da produtividade agrícola.

Palavras – chave: Balanço hídrico, Irrigação, Penman-Monteith

POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION METHODS AS A WATER MANAGEMENT TOOL

¹ Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade de Rio Verde (UNIRV), Rio Verde, GO, Brasil. patricialeao.castro@hotmail.com

² Engenheiro Ambiental pela Fundação Educacional de Fernandópolis (FEF), Fernandópolis, SP, Brasil, Mestre em Sistemas de Produção pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, e Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, SP, Brasil.

Resume: The objective of this work was to evaluate the performance of the methods of estimation of potential evapotranspiration (ET_p) in relation to the Penman-Monteith (PM) method as a tool for water use management for the municipality of Rio Verde, Goiás. Obtained from the conventional meteorological station of Rio Verde from January/1972 to December/2016. The performance of estimated daily ET_p by the PM method was compared with the methods of Hargreaves (Hg), Priestley-Taylor (PT), Linacre (Ln), Jensen-Haise (JH), Makkink (M), Romanenko (R), Hansen (Hs), Hamon (Hm), Blaney-Criddle (BC), Benevides-Lopez (BL), Caprio (Cp), Turc (T), Camargo (Cm), Budyko (B), Tanner-Pelton (TP), Stephens-Stewart (SS), Radiação-Temperatura (RT), Radiação-Líquida (RL), Radiação-Global (RG), Hicks-Hess (HH), Lungeon (Lg), McGuinness-Bordne (MB), Kharrufa (K), Blaney-Morin (BM), Ivanov (I) e Radiação-FAO (RF) in three different periods: annual, rainy and dry. The methods of Hg, Ln, JH, M, Cp, B, TP, RL, HH, MB and K overestimated the PM model, the Hs, Hm, BL, SS, RG, BM and RF other methods oscillated throughout the year. The ET_p estimates of the T and RT models obtained results closer to the estimates of the standard method, while Hs and MB presented higher discrepancies. The good performance of simplified methodologies, can promote the management of irrigated agriculture through the quantification of the water requirement of the crops, can save water, energy and increase agricultural productivity.

Key words: Water balance, Irrigation, Penman-Monteith

INTRODUÇÃO

O clima interfere diretamente na fauna, flora, solos e na disponibilidade de água, e é de grande importância para compreender as condições climáticas e obter eficácia no planejamento e gerenciamento do uso dos recursos naturais (SILVA e FERREIRA, 2015). Porém, a ausência de conhecimento do comportamento climático de uma região, juntamente com a má gestão ambiental, são apontadas como responsáveis pela escassez hídrica (MARENGO *et al.*, 2015).

A crescente demanda de água, associada às restrições dos recursos hídricos, desperdício, escassez e os conflitos entre usos e usuários, requerem um planejamento eficiente e aprimorado do uso da água (SOUZA *et al.*, 2013). Da parcela que compõe os rios e lagos, 75% é desperdiçada pela falta de gestão na irrigação, uso no qual, há o maior consumo hídrico (BRITO *et al.*, 2007). O município de Rio Verde está inserido na Região Hidrográfica do Rio Paranaíba, compreendendo parte das Bacias Hidrográficas dos Rios dos Bois, Claro, Preto e São Francisco, bacias em que não há controle definido da exploração de água, a quantidade e qualidade de água dessas bacias estão comprometidas em virtude da grande quantidade de sistemas de

irrigação e problemas que afetam os recursos hídricos, no qual se agravam por não haver fiscalização que identifique e regularize os usos clandestinos (SECIMA, 2017).

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Bois concentra-se 75% dos pivôs de irrigação instalados no Estado de Goiás e abastece 70% da população inseridas em seu território, sendo difícil estimar sua oferta e demanda pois os conflitos já têm grandes evidências e mostram problemas de que a água disponível, não comporta o consumo desordenado e desorganizado da região (SEMARH, 2003). A correta estimativa da evapotranspiração potencial (ET_o), se torna indispensável para determinar a quantidade de água necessária a ser completada ao solo no controle da irrigação, otimizando o uso dos recursos hídricos, da energia elétrica e dos equipamentos necessários, sendo dessa forma, necessário avaliar a eficácia dos métodos, que pode ocasionar erros graves pela variação meteorológica de cada região (SALES, 2008).

A evapotranspiração é um dos principais componentes do ciclo hidrológico, se origina quando ocorre simultaneamente a evaporação da água presente na superfície terrestre e a transpiração dos tecidos das plantas (MOREIRA, 2009). O método padrão para se estimar a ET_o é o de Penman-Monteith (PM), criado em 1998 por Allen *et al.* (1998), modelo utilizado mundialmente sem necessidade de calibração local e certificado em diferentes regiões obtendo resultados precisos (FERNANDES *et al.*, 2012). Sua equação exige elementos meteorológicos como: temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento, sendo que em muitas estações meteorológicas há limitações, falhas ou imprecisões nas medições desses dados (ALLEN *et al.*, 1998). Nessa situação, Cavalcante *et al.* (2011) afirma que outros métodos que exijam menos elementos meteorológicos podem ser utilizados.

A determinação da ET_o para o município de Rio Verde é de grande valia por ser uma região de grande referencial agrícola e pecuário, atividades que exigem grande demanda de água através da agricultura irrigada. Pela Bacia Hidrográfica do Rio dos Bois há vários sistemas de irrigação outorgados, incluindo aspersão convencional, aspersão por carretel, autopropelido, gotejamento, microaspersão e pivô central, utilizando uma vazão média de 0,92 L.s⁻¹.ha⁻¹ e possui 456 usos outorgados e em análise pela Bacia Hidrográfica do Rio Claro, onde o setor de irrigação e agropecuário são representativos dessa bacia, sendo que 85% do uso é destino à dessedentação de animais, irrigação e piscicultura (SEMARH, 2003; SEMARH, 2011).

Através do conhecimento da ET_o e da precipitação (P), possibilita-se mensurar a disponibilidade hídrica do município, definindo os períodos seco e chuvoso através do balanço hídrico climatológico normal (BHCN), possibilitando a otimização da gestão do uso da água na região e determinando os períodos de déficit e excedente hídrico. O município de Rio Verde é

o maior produtor de grãos do estado de Goiás, com produção em torno de 1,2 milhões de toneladas anual e responsável por 1,2% da produção nacional (RIO VERDE, 2016).

Portanto, este trabalho avaliou métodos de estimativa de evapotranspiração potencial em relação ao método de Penman-Monteith (Padrão FAO) para o município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta de gestão ao uso da água.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

O município de Rio Verde situa-se na região sudoeste do estado de Goiás, localizado na coordenada 17°47'33" S 50°55'10" O, com área de 8.379,661 km² em 2015, compreendendo uma população de 212.237 habitantes (IBGE, 2016).

O relevo é levemente ondulado, com 5% de declividade e com cotas que variam de 600 a 860 m, destacando-se alguns morros com cotas mais elevadas (IBGE, 2013). O solo predominante é o Latossolos Vermelho e Latossolos Vermelho Amarelo (ACQUA *et al.*, 2013). Com fitofisionomias de cerrado sensu stricto (formações savânicas) e cerradão (ROCHA *et al.*, 2014).

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da Estação Meteorológica Convencional de Rio Verde (OMM: 83470) que é em parceria com a Universidade de Rio Verde, localizada na latitude 17°47'07"S, longitude 50°57'53"O e à 774,62 m do nível do mar (Figura 1). O período de dados meteorológicos foi de janeiro/1972 a dezembro/2016, com exceção dos anos de 1975, 1978, 1979 e de 1991 a 1996, que não foram contabilizados por indisponibilidade de dados, compreendendo assim, 36 anos. Os elementos climatológicos disponibilizados foram: temperaturas mínimas e máximas do ar, umidade relativa média do ar, velocidade do vento, insolação e precipitação.

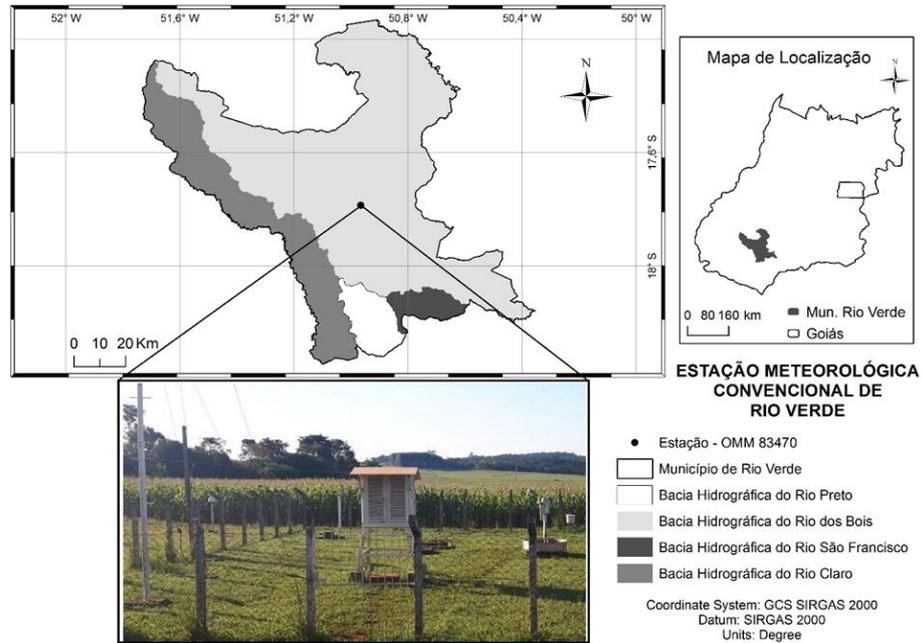


Figura 1 – Localização da estação meteorológica convencional de Rio Verde, Rio Verde, Goiás.

Caracterização climática

O município de Rio Verde possui clima AW (Tropical), com estação seca no inverno, segundo a classificação de Köppen (ROLIM *et al.*, 2007). Para a caracterização climática, foram apuradas as médias diárias para as temperaturas mínimas e máximas do ar, umidade relativa média do ar, velocidade do vento a 10 m de altura, precipitação e insolação. A Radiação Solar (R_s) foi estimada conforme Allen *et al.* (1998), (Equação 1).

$$R_s = 0,25 + \left[0,5 \cdot \left(\frac{n}{N} \right) \cdot R_a \right] \quad (1)$$

Onde: R_s = Radiação solar ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); n = Brilho solar (h); N = Insolação (h) e R_a = Radiação extraterrestre ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$).

Balanco hídrico climatológico normal

O BHCN, foi calculado pelo método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), considerando a capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm conforme Silva e Ferreira (2015) utilizaram para o balanço hídrico climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

Estimativa da evapotranspiração potencial

Por meio do *software* Excel, foram calculadas as estimativas de ETo diárias e o modelo padrão de PM (Equação 2), descrito por Allen *et al.* (1998), foi referência para as comparações entre os demais métodos.

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta (Rn - G) + \gamma \cdot \frac{900}{(Tméd + 273)} \cdot U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (2)$$

Onde: Rn = Saldo de radiação à superfície (MJ.m⁻².d⁻¹); G = Fluxo de calor do solo (MJ.m⁻².d⁻¹); Tméd = Temperatura média do ar (°C); U₂ = Velocidade do vento a 2 m de altura (m.s⁻¹); e_s = Pressão de saturação de vapor média (kPa); e_a = Pressão atual de vapor (kPa); Δ = Declividade da curva de pressão de saturação (kPa.°C⁻¹); γ = Constante psicométrica (kPa.°C⁻¹).

Os métodos utilizados (Tabela 1) para o estudo foram: Hargreaves (Hg), Priestley-Taylor (PT), Linacre (Ln), Jensen-Haise (JH), Makkink (M), Romanenko (R), Hansen (Hs), Hamon (Hm), Blaney-Criddle (BC), Benevides-Lopez (BL), Caprio (Cp), Turc (T), Camargo (Cm), Budyko (B), Tanner-Pelton (TP), Stephens-Stewart (SS), Radiação-Temperatura (RT), Radiação-Líquida (RL), Radiação-Global (RG), Hicks-Hess (HH), Lungeon (Lg), McGuinness-Bordne (MB), Kharrufa (K), Blaney-Morin (BM), Ivanov (I) e Radiação-FAO (RF).

Tabela 1 – Equações dos métodos propostos para estimativa de evapotranspiração potencial para o município de Rio Verde, Goiás.

Método	Equação	Fonte
Hg	$ET_o = 0,0023 \cdot (Tméd + 17,8) \cdot (Tmáx - Tmín)^{0,5} \cdot R_{ae}$	Sousa <i>et al.</i> (2010)
PT	$ET_o = \frac{\alpha \cdot w \cdot (Rn - G)}{\lambda}$	Sousa <i>et al.</i> (2010)
Ln	$ET_o = \frac{700 \cdot \frac{(Tméd + 0,006 \cdot Z)}{(100 - \phi)} + 15 \cdot (Tméd - T_o)}{80 - Tméd}$	Sales (2008)
JH	$ET_o = Rse \cdot (0,025 \cdot Tméd + 0,08)$	Sousa <i>et al.</i> (2010)
M	$ET_o = Rse \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) + 0,12$	Sousa <i>et al.</i> (2010)
R	$ET_o = 4,5 \cdot \left(1 + \frac{Tméd}{25} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{e_a}{e_s} \right)$	Tanaka <i>et al.</i> (2016)
Hs	$ET_o = 0,7 \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \cdot \left(\frac{Rse}{\lambda} \right)$	Tanaka <i>et al.</i> (2016)
Hm	$ET_o = 0,55 \cdot \left(\frac{N}{12} \right)^2 \cdot \left(\frac{4,95 \cdot e^{0,062 \cdot Tméd}}{100} \right) \cdot 25,4$	Cavalcante <i>et al.</i> (2011)
BC	$ET_o = 0,75 \cdot (0,457 \cdot Tméd + 8,13) \cdot p$	Cunha <i>et al.</i> (2013)
BL	$ET_o = 1,21 \cdot 10^{\left(\frac{7,45 - Tméd}{243,7 + Tméd} \right)} \cdot (1 - 0,01 \cdot UR) + 0,21 \cdot Tméd - 2,3$	Cavalcante <i>et al.</i> (2011)
Cp	$ET_o = \left[\frac{6,1}{10^6} \cdot Rs' \cdot (1,8 \cdot Tméd + 1,0) \right]$	Tanaka <i>et al.</i> (2016)
T	Para UR < 50%	Xu (2002)

	$ETo = 0,013 \cdot \left[\frac{Tméd}{Tméd + 15} \right] \cdot (Rse \cdot 58,5 + 50) \cdot \left(1 + \frac{50 - UR}{70} \right)$	
	Para $UR \geq 50\%$	
	$ETo = 0,013 \cdot \left[\frac{Tméd}{Tméd + 15} \right] \cdot (Rse \cdot 58,5 + 50)$	
Cm	$ETo = 0,01 \cdot Rae \cdot Tméd$	Cunha et al. (2013)
B	$ETo = 0,2 \cdot Tméd$	Budyko (1956)
TP	$ETo = 0,457 \cdot Rns - 0,11$	Cunha et al. (2013)
SS	$ETo = 0,4047 \cdot Rs \cdot [(0,01476 \cdot Tméd) + 0,0724]$	Cunha et al. (2013)
RT	$ETo = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(\frac{Rs \cdot Tmáx}{56} \right)$	Cunha et al. (2013)
RL	$ETo = 0,86 \cdot \frac{Rns}{\lambda}$	Cunha et al. (2013)
RG	$ETo = 0,9 + 0,115 \cdot Rs$	Cunha et al. (2013)
HH	$ETo = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(\frac{\Delta}{0,90 \cdot \Delta + 0,63 \cdot \gamma} \right) \cdot Rns$	Cunha et al. (2013)
Lg	$ETo = 0,2985 \cdot (e_s - e_a) \cdot \left(\frac{273 + Tméd}{273} \right) \cdot \left(\frac{760}{P - e_s} \right)$	Cunha et al. (2013)
MB	$ETo = \left(\frac{Ra}{\lambda} \right) \cdot \left(\frac{Tméd + 5}{68} \right)$	Cunha et al. (2013)
K	$ETo = 0,34 \cdot p \cdot (Tméd)^{1,3}$	Cunha et al. (2013)
BM	$ETo = p \cdot (0,457 \cdot Tméd + 8,13) \cdot (1,14 - 0,01 \cdot UR)$	Cunha et al. (2013)
I	$ETo = 0,006 \cdot (25 + Tméd)^2 \cdot \left(1 - \frac{UR}{100} \right)$	Cunha et al. (2013)
RF	$ETo = -0,3 + 0,75 \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \cdot Rse$	Cunha et al. (2013)

Tméd = Temperatura média do ar (°C); Tmáx = Temperatura máxima (°C); Tmín = Temperatura mínima (°C); Rae = Radiação extraterrestre (mm.d⁻¹); α = Parâmetro de Priestley e Taylor; w = Fator de ponderação; Rn = Saldo de radiação à superfície (MJ.m⁻².d⁻¹); G = Fluxo de calor do solo (MJ.m⁻².d⁻¹); λ = Calor latente de evaporação da água (MJ.Kg⁻¹); Z = Altitude (m); To = Temperatura de ponto de orvalho (°C); ϕ = Latitude (°); Rse = Radiação solar global (mm.d⁻¹); Δ = Declividade da curva de pressão de saturação (kPa.°C⁻¹); γ = Constante psicométrica (kPa.°C⁻¹); e_a = Pressão de saturação no ponto de orvalho (KPa); e_s = Pressão de saturação de vapor média (KPa); N = Insolação (h); p = Porcentagem de horas de brilho solar diário em relação ao total do ano (%); UR = Umidade relativa do ar (%); Rs' = Radiação solar global (KJ.m⁻².d⁻¹); Rns = Balanço de radiação (MJ.m⁻².d⁻¹); P = Pressão atmosférica (KPa); Ra = Radiação extraterrestre (MJ.m⁻³.d⁻¹).

Análise estatística dos dados

A comparação dos métodos foi realizada em três períodos: anual, período seco e período chuvoso, conforme BHCN. O desempenho estatístico foi avaliado por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r) para determinar o grau de precisão, a exatidão foi considerada pelo índice de Willmott (d) e o índice de confiança, pelo desempenho de Camargo (c), conforme proposto por Camargo e Sentelhas (1997).

A estimativa do Erro Padrão (EEP) foi utilizada para avaliar a precisão das estimativas e a análise comparativa foi baseada em regressão linear e coeficiente de determinação (R²) entre o método padrão e os métodos que apresentaram índices de desempenho $\geq 0,70$ (Tabela 2) e $EEP \leq 0,7$ mm.d⁻¹, onde a variável independente foi considerada a ETo de PM e a dependente, a ETo dos outros métodos.

Tabela 2 – Critério de interpretação do índice de desempenho (c) dos métodos de estimativa de evapotranspiração potencial em relação ao método de Penman-Monteith.

Valor de “c”	Desempenho	Valor de “c”	Desempenho
> 0,85	Ótimo	0,51 a 0,60	Sofrível
0,76 a 0,85	Muito Bom	0,41 a 0,50	Mau
0,66 a 0,75	Bom	≤ 0,40	Péssimo
0,61 a 0,65	Mediano		

Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização climática

A menor temperatura (Tabela 3) foi registrada no mês de julho (14,2 °C) e a maior, em setembro (31,7 °C). A umidade relativa média do ar apresentou valores médios menores do que 55% de julho a setembro e maiores de 75% de dezembro a março.

Tabela 3 – Caracterização meteorológica por média diária, exceto a precipitação, com média mensal, dos anos de 1972 a 2016 para o município de Rio Verde, Goiás.

Meses	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Umidade relativa	Precipitação	Velocidade do vento	Brilho solar	Radiação solar ¹
	°C		%	mm	m.s ⁻¹	h	MJ.m ⁻² .d ⁻¹
Jan	29,0	19,7	79,9	236,9	2,2	4,5	17,6
Fev	29,5	19,4	78,3	224,6	1,9	5,6	18,8
Mar	29,7	19,1	78,0	258,4	1,7	5,7	17,8
Abr	29,5	18,2	72,6	101,8	1,5	7,0	17,7
Mai	28,1	15,9	67,7	42,6	1,5	7,4	16,0
Jun	28,0	14,8	61,9	20,5	1,6	7,6	15,2
Jul	28,6	14,2	53,2	10,0	1,9	8,0	16,2
Ago	30,7	15,7	47,0	15,1	2,0	7,7	17,6
Set	31,7	17,6	52,8	49,4	2,3	6,1	17,6
Out	31,3	19,0	63,8	139,6	2,2	5,8	18,7
Nov	29,6	19,2	74,7	244,2	2,2	5,1	18,3
Dez	29,1	19,4	79,1	255,9	2,2	3,2	15,5
Média / Soma*	29,6	17,7	67,4	1599,1*	1,9	6,1	17,3

Fonte: Dados da rede do INMET. ¹Calculada através da Equação 2.

A P anual média foi de 1.599,1 mm, concentrando-se nos meses de novembro a março com 76,3% do total precipitado, março foi responsável pelo maior índice (258,4 mm) e julho foi o mais seco, com média anual de 10,0 mm, mês para o qual se espera maior demanda hídrica que associada à baixa precipitação, resultando na diminuição da vazão dos mananciais, acarretando prejuízos à quantidade e qualidade de água disponível.

O verão se caracteriza pelo calor intenso associado a alta UR, o que favorece a movimentação do ar pelo aquecimento do solo, resultando no grande volume de precipitação, 44,5% do total anual, essa estação possui temperatura mínima média de 19,4°C e máxima de

29,3°C. A velocidade do vento média diária, variou entre 1,5 a 2,3 m.s⁻¹, o que classifica o município como portador de ventos leves a moderados pela FAO (1998).

O brilho solar médio diário foi de 6,1 h, sendo o mês de dezembro responsável pelo menor valor registrado (3,2 h) por apresentar período chuvoso, parte do dia fica nublado e sendo o inverso no outono/inverno (8,0 h). A radiação solar variou em até 19%, oscilando de 15,2 a 18,8 MJ.m⁻².d⁻¹ nos meses de junho e fevereiro, respectivamente, mantendo uma média de 17,3 MJ.m⁻².d⁻¹. Isso ocorre devido a menor intensidade de Rs no hemisfério sul (solstício de inverno) neste período.

Resultado semelhante também foi encontrado por Gonçalves *et al.* (2006), justificando que o menor valor da Rs é em junho por coincidir com os dias mais curtos e o sol se encontra no ponto mais extremo no hemisfério norte e os meses com maior radiação, há mais energia livre capaz de estimular fenômenos atmosféricos.

Balanço hídrico climatológico normal

O município de Rio Verde se caracterizou com período seco (ET_o > P), de abril a setembro e chuvoso (ET_o < P), de outubro a março. Na região, há deficiência hídrica de 317 mm.ano⁻¹ (Figura 2), concentrando-se nos meses de maio a setembro, sendo agosto o mês mais crítico (104 mm) para as culturas da região. O período prolongado de deficiência hídrica associada ao solo com capacidade de reter água reduzida, evapotranspiração alta e precipitações reduzidas, há necessidade de práticas de manejo na área rural e práticas de uso racional de água na área urbana (GONÇALVES *et al.*, 2006) para assegurar a disponibilidade hídrica.

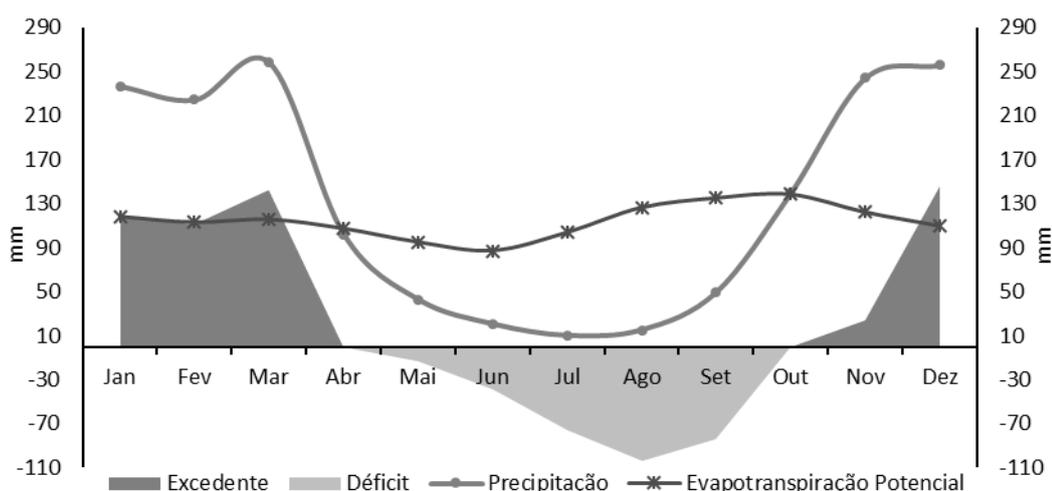


Figura 2 – Extrato do balanço hídrico climatológico normal, precipitação e evapotranspiração potencial média para o município de Rio Verde, Goiás, no período de 1972 a 2016.

A reposição de água no solo, após a estiagem, ocorreu em novembro, onde foram necessários 24 dias para o seu total preenchimento. Houve excedente hídrico médio anual de 543 mm, concentrando-se nos meses de novembro a março, sendo mais intenso no mês de dezembro (146 mm) e março (143 mm).

Evapotranspiração potencial - período anual

O método de PM, apresentou média de 3,8 mm.d⁻¹, com menor valor em junho, 2,9 mm.d⁻¹ e maior em setembro e outubro, 4,5 mm.d⁻¹ (Tabela 4). Para os demais métodos, TP e MB obtiveram a maior média, 6,0 mm.d⁻¹ e Hs, a menor, 1,5 mm.d⁻¹. Os modelos de T e RT apresentaram média igual à de PM, com EEP de 0,5 e 0,6 mm.d⁻¹, respectivamente, T o superestimou nos meses de março a julho e RT, de fevereiro a julho, subestimando-o de agosto a dezembro e T, de setembro a dezembro.

Tabela 4 – Evapotranspiração média mensal por diferentes métodos para o município de Rio Verde, Goiás.

Meses	PM	Hg	PT	Ln	JH	M	R	Hs	Hm	BC	BL	Cp	T	Cm	B	TP	SS	RT	RL	RG	HH	Lg	MB	K	BM	I	RF
Jan	3,8	5,0	4,5	4,4	5,0	5,5	3,6	1,5	3,7	4,3	3,0	4,8	3,8	4,1	4,9	6,1	3,1	3,8	4,8	2,9	5,0	1,8	7,3	6,4	2,0	3,0	2,4
Fev	4,0	5,0	4,7	4,5	5,3	5,9	3,9	1,7	3,5	4,2	3,1	5,2	4,0	4,0	4,9	6,5	3,3	4,1	5,1	3,1	5,3	2,0	7,1	6,2	2,0	3,2	2,6
Mar	3,7	4,7	4,4	4,5	5,0	5,6	3,9	1,6	3,2	4,0	3,1	4,9	3,8	3,7	4,9	6,2	3,1	3,9	4,8	2,9	5,1	2,0	6,5	6,0	1,9	3,2	2,5
Abr	3,6	4,2	4,0	4,5	4,9	5,5	4,8	1,5	2,9	3,8	3,0	4,8	3,8	3,1	4,8	6,1	3,0	3,8	4,8	2,9	5,0	2,4	5,6	5,6	2,1	4,0	2,4
Mai	3,1	3,6	3,2	4,3	4,1	4,9	5,2	1,4	2,4	3,5	2,7	4,0	3,3	2,5	4,4	5,5	2,6	3,3	4,3	2,7	4,4	2,5	4,5	4,8	2,2	4,3	2,1
Jun	2,9	3,4	2,8	4,4	3,8	4,6	6,0	1,3	2,2	3,3	2,6	3,7	3,2	2,2	4,3	5,2	2,4	3,1	4,1	2,6	4,1	2,9	4,0	4,6	2,3	5,0	2,0
Jul	3,3	3,7	2,9	4,5	4,1	4,8	7,3	1,4	2,2	3,4	2,7	3,9	3,5	2,3	4,3	5,6	2,5	3,4	4,4	2,8	4,4	3,6	4,2	4,6	2,8	6,1	2,1
Ago	4,1	4,5	3,4	4,9	4,8	5,4	9,0	1,5	2,7	3,7	3,1	4,6	4,1	2,9	4,6	6,1	3,0	4,0	4,8	2,9	4,9	4,7	5,1	5,3	3,3	7,5	2,4
Set	4,5	5,2	3,9	5,1	5,0	5,5	8,6	1,5	3,2	4,0	3,4	4,9	4,2	3,5	4,9	6,1	3,1	4,1	4,8	2,9	5,0	4,6	6,2	6,0	3,3	7,1	2,4
Out	4,5	5,4	4,5	4,9	5,4	5,9	6,7	1,7	3,6	4,2	3,4	5,3	4,2	4,0	5,0	6,5	3,4	4,3	5,1	3,0	5,3	3,6	7,0	6,4	2,8	5,6	2,6
Nov	4,1	5,2	4,6	4,5	5,2	5,7	4,5	1,6	3,6	4,3	3,1	5,0	3,9	4,1	4,9	6,3	3,2	4,0	4,9	3,0	5,2	2,3	7,2	6,4	2,2	3,8	2,5
Dez	3,5	5,1	4,1	4,4	4,4	4,9	3,7	1,4	3,7	4,3	3,0	4,3	3,4	4,1	4,9	5,4	2,7	3,3	4,2	2,7	4,4	1,9	7,3	6,4	2,0	3,1	2,1
Média	3,8	4,6	3,9	4,6	4,8	5,3	5,6	1,5	3,1	3,9	3,0	4,6	3,8	3,4	4,7	6,0	3,0	3,8	4,7	2,9	4,8	2,9	6,0	5,7	2,4	4,7	2,3
Sb (%)	-	-	-	-	-	-	-	60,7	19,5	-	20,9	-	0,9	11,5	-	-	22,2	0,8	-	24,2	-	24,4	-	-	36,7	-	38,2
Sp (%)	-	20,1	3,0	20,6	25,1	40,5	47,3	-	-	2,6	-	21,4	-	-	24,3	56,7	-	-	22,8	-	27,6	-	57,9	50,5	-	22,8	-
EEP	-	0,8	0,7	0,5	0,8	0,8	2,4	0,2	0,6	0,4	0,4	0,8	0,5	0,7	0,4	1,0	0,5	0,6	0,8	0,3	0,8	1,3	1,2	0,8	0,6	2,0	0,4

PM = Penman-Monteith, Hg = Hargreaves, PT = Priestley-Taylor, Ln = Linacre, JH = Jensen-Haise, M = Makkink, R = Romanenko, Hs = Hansen, Hm = Hamon, BC = Blaney-Criddle, BL = Benevides-Lopez, Cp = Caprio, T = Turc, Cm = Camargo, B = Budyko, Tp = Tanner-Pelton, SS = Stephens-Stewart, RT = Radiação-Temperatura, RL = Radiação-Líquida, RG = Radiação-Global, HH = Hicks-Hess, Lg = Lungeon, MB = McGuinness-Bordne, K = Kharrufa, BM = Blaney-Morin, I = Ivanov, RF = Radiação-FAO, Sb (%) = Porcentagem de subestimação da média em relação ao método de Penman-Monteith, Sp (%) = Porcentagem de superestimação da média em relação ao método de Penman-Monteith.

Os modelos de PT e BC superestimaram o de PM em 3% na média diária anual, enquanto Hm, BL, Cm, SS, RG, Lg, BM e RF abrangeram médias inferiores ao método padrão e os demais métodos analisados, médias superiores. Nos resultados das estimativas de ETo proposto por Silva e Souza (2011), os métodos de H, PT, JH e Ln também tiveram médias

superiores as de PM. Os resultados mais discrepantes foram os de Hs, subestimando em 60,7% e MB, superestimando em 57,9%.

O mês de junho foi responsável pelos menores valores das estimativas de ETo para 82% dos métodos analisados. Valores baixos também observados por Araújo *et al.* (2007) em suas comparações entre métodos de estimativa de ETo para o mês de junho, o que se explica pela menor quantidade de radiação líquida.

Os métodos de Hm, BC, Cm e K apresentaram mau (Tabela 5) e MB, péssimo desempenho para o município de Rio Verde, o que ocasiona erros consideráveis na quantificação hídrica, podendo causar desperdícios severos de água ou prejuízo à produtividade da cultura irrigada. O modelo de T foi o único método com desempenho ótimo, que o qualifica como um método com maior eficiência ao substituir PM anualmente na região, requerendo em sua equação dados mais simples como T_{méd}, R_{se} e UR.

Tabela 5 – Desempenho dos métodos de estimativa de evapotranspiração potencial anual para o município de Rio Verde, Goiás.

Métodos	Anual				Métodos	Anual			
	r	d	c	Desempenho		r	d	c	Desempenho
Hargreaves	0,64	0,99	0,63	Mediano	Budyko	0,54	0,99	0,53	Sofrível
Priestley-Taylor	0,75	1,00	0,75	Bom	Tanner-Pelton	0,79	0,95	0,75	Bom
Linacre	0,65	0,99	0,64	Mediano	Stephens-Stewart	0,85	0,99	0,83	Muito Bom
Jensen-Haise	0,85	0,99	0,84	Muito Bom	Radiação-Temperatura	0,85	1,00	0,85	Muito Bom
Makkink	0,82	0,97	0,80	Muito Bom	Radiação-Líquida	0,80	0,99	0,79	Muito Bom
Romanenko	0,58	0,96	0,56	Sofrível	Radiação-Global	0,79	0,98	0,78	Muito Bom
Hansen	0,82	0,81	0,67	Bom	Hicks-Hess	0,82	0,98	0,81	Muito Bom
Hamon	0,48	0,99	0,47	Mau	Lungeon	0,60	0,98	0,59	Sofrível
Blaney-Cridle	0,44	1,00	0,44	Mau	McGuinness-Bordne	0,41	0,95	0,38	Péssimo
Benevides-Lopez	0,65	0,99	0,64	Mediano	Kharrufa	0,51	0,96	0,49	Mau
Caprio	0,85	0,99	0,84	Muito Bom	Blaney-Morin	0,65	0,95	0,61	Mediano
Turc	0,86	1,00	0,86	Ótimo	Ivanov	0,58	0,99	0,57	Sofrível
Camargo	0,42	1,00	0,42	Mau	Radiação-FAO	0,82	0,95	0,78	Muito Bom

r = coeficiente de correlação de Pearson, d = índice de Willmott, c = desempenho de Camargo.

Os demais métodos, resultaram em muito bom (JH, M, Cp, SS, RT, RL, RG, HH e RF), bom (PT, Hs e TP), mediano (Hg, Ln, BL e BM) e sofrível (R, B, Lg e I). Segundo Allen *et al.* (1998), o método de Hg pode ser utilizado para substituir PM fornecendo dados confiáveis da ETo diária, o que não se mostrou eficaz para o município em questão, que resultou em um desempenho mediano, superestimando o método padrão com diferença de médias de 20%, necessitando calibração para a utilização no município de Rio Verde para que não haja desperdício hídrico e custos desnecessários.

Estudos realizados no município de Santo Antônio de Goiás (FERNANDES *et al.*, 2012) e na Tunísia (JABLOUN e SAHLI, 2008) também observaram que o método de Hg superestima os valores de ETo em relação a PM.

Em relação ao modelo padrão de PM, os métodos de SS e RF o subestimaram consideravelmente, podendo causar deficiência hídrica na cultura irrigada (Figura 3). Os métodos de PT, T, RT e RG oscilaram, superestimando-o para valores de ETo baixos e subestimando-o para valores de ETo maiores, o modelo de RT foi o que menos oscilou, mantendo sua reta linear muito próxima ao alinhamento da reta de intersecção com o método de PM, o que apresenta maior correspondência entre os valores de ETo.

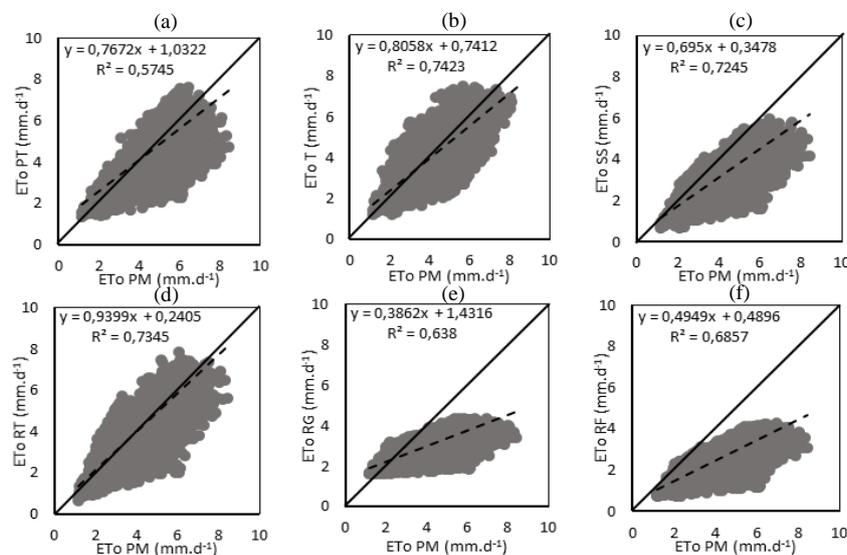


Figura 3 – Equações e coeficientes de determinação através dos valores estimados de evapotranspiração potencial, anualmente pelos métodos de Priestley-Taylor (a), Turc (b), Stephens-Stewart (c), Radiação-Temperatura (d), Radiação-Global (e) e Radiação-FAO (f), em relação ao método padrão Penman-Monteith.

O maior índice do coeficiente de determinação estabeleceu que 74% da variação ocorrida na estimativa da ETo pelo método de T é explicada pela variação do método de PM, onde se originou a equação linear: $E_{To\ PM} = 0,8058 \cdot E_{To\ T} + 0,7412$, e o menor índice foi de 57% para o método de PT.

Os modelos de T e RT se mostraram eficientes para estimar a ETo no período anual em relação ao método padrão para o município de Rio Verde.

Evapotranspiração potencial - período seco

Os desempenhos para o período seco resultaram nos menores índices de ETo, justificado pela menor quantidade de Rs para esse período. A Rs é um elemento responsável por 80% da

ETo (AZEVEDO *et al.*, 2011). Apenas quatro métodos atingiram o mínimo esperado por esse trabalho ($c \geq 0,70$ e $EEP \leq 0,7 \text{ mm.d}^{-1}$) para o período seco (T, PM, RT e BM), porém o método de T foi o que se sobressaiu em relação ao desempenho, atingindo índice muito bom (Tabela 6) com variabilidade entre as estimativas de ETo, em relação ao modelo padrão, de $0,62 \text{ mm.d}^{-1}$.

Tabela 6 – Desempenho dos métodos de estimativa de evapotranspiração potencial no período seco para o município de Rio Verde, Goiás.

Métodos	Período seco					Métodos	Período seco				
	r	d	c	Desempenho	EEP		r	d	c	Desempenho	EEP
Hargreaves	0,68	1,00	0,68	Bom	0,62	Budyko	0,52	0,99	0,52	Sufrível	0,45
Priestley-Taylor	0,64	1,00	0,64	Mediano	0,61	Tanner-Pelton	0,64	0,95	0,61	Mediano	1,05
Linacre	0,66	0,98	0,65	Mediano	0,48	Stephens-Stewart	0,73	0,98	0,72	Bom	0,51
Jensen-Haise	0,73	0,99	0,72	Bom	0,83	Radiação-Temperatura	0,74	1,00	0,74	Bom	0,69
Makkink	0,69	0,97	0,67	Bom	0,88	Radiação-Líquida	0,65	0,99	0,64	Mediano	0,81
Romanenko	0,69	0,90	0,63	Mediano	2,11	Radiação-Global	0,64	0,99	0,63	Mediano	0,34
Hansen	0,69	0,82	0,56	Sufrível	0,25	Hicks-Hess	0,68	0,98	0,67	Bom	0,82
Hamon	0,58	0,97	0,57	Sufrível	0,42	Lungeon	0,71	1,00	0,71	Bom	1,18
Blaney-Cridle	0,57	1,00	0,57	Sufrível	0,25	McGuinness-Bordne	0,56	0,98	0,55	Sufrível	0,76
Benevides-Lopez	0,64	0,99	0,63	Mediano	0,47	Kharufa	0,56	0,97	0,54	Sufrível	0,70
Caprio	0,74	0,99	0,73	Bom	0,82	Blaney-Morin	0,72	0,98	0,70	Bom	0,59
Turc	0,76	1,00	0,76	Muito Bom	0,62	Ivanov	0,69	0,95	0,66	Bom	1,76
Camargo	0,57	0,98	0,56	Sufrível	0,46	Radiação-FAO	0,69	0,95	0,65	Mediano	0,40

r = coeficiente de correlação de Pearson, d = índice de Willmott, c = desempenho de Camargo.

Os demais métodos, desempenharam em bom (Hg, JH, M, Cp, SS, RT, HH, Lg, BM e I), mediano (PT, Ln, R, BL, TP, RL, RG e RF) e sofrível (Hs, Hm, BC, Cm, B, MB e K), o EEP chegou a $2,11 \text{ mm.d}^{-1}$ para o método de R, demonstrando grande discrepância entre as estimativas de ETo desse método com o de PM.

O coeficiente de determinação (Figura 4), para os métodos de T e RT, apontou que 60% de suas variações são explicadas pela variação do método de PM.

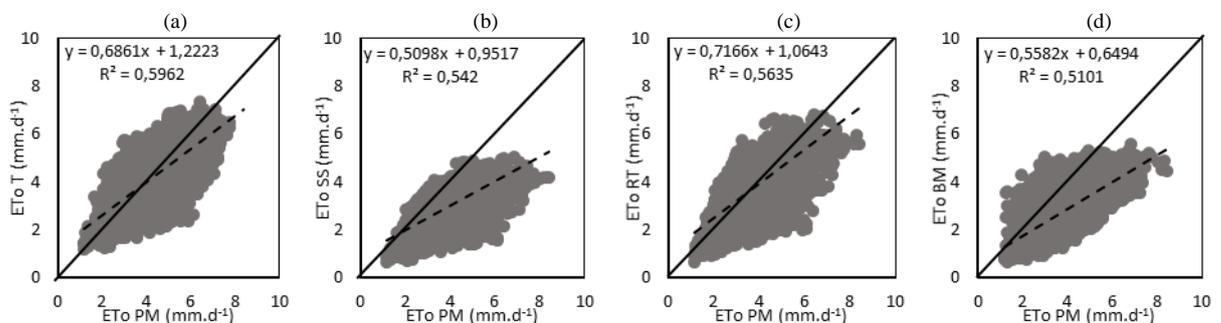


Figura 4 – Equações e coeficientes de determinação através dos valores estimados de evapotranspiração potencial, anualmente pelos métodos de Turc (a), Stephens-Stewart (b), Radiação-Temperatura (c) e Blaney-Morin (d), em relação ao método padrão Penman-Monteith.

O modelo de T também foi um dos métodos que melhor se desempenhou em diferentes localidades do estado do Espírito Santo no período seco (REIS *et al.*, 2007). Os modelos de SS e BM, subestimaram as estimativas de ETo pelo método padrão para valores $> 2,0 \text{ mm.d}^{-1}$ e os métodos de T e RT, subestimaram para estimativas de ETo $> 4,0 \text{ mm.d}^{-1}$, o superestimaram para valores $< 3,5 \text{ mm.d}^{-1}$ e se mostraram eficientes para os resultados entre $3,5$ a $4,0 \text{ mm.d}^{-1}$.

Em relação às médias de ETo para o período de estiagem, o método padrão de PM estima a necessidade de utilizar 3.600.000 L de água por dia para irrigar 100 ha de área vegetada. Os métodos de T, SS, RT e BM, estabelecem o uso de 3.700.00 L, 2.800.000 L, 3.600.000 L e 4.900.000 L, respectivamente. Utilizando os modelos de T e BM, resultará em um desperdício hídrico de 100.000 e 1.300.000 L de água por dia, respectivamente, com o modelo de SS, ocasionará um déficit hídrico à cultura de 800.000 L de água por dia, ocasionando possivelmente a redução do volume celular e comprometimento de todo processo fisiológico das plantas (SCHOPPACH e SADOK, 2012), e o modelo de RT resultou com a mesma média de ETo pelo método de PM para o período seco, com uma variabilidade entre as estimativas de 700.000 L por dia.

Os métodos aconselháveis para substituir PM no período seco para o município de Rio Verde, são os de T e RL.

Evapotranspiração potencial - período chuvoso

Para o período chuvoso, os métodos analisados apresentaram melhores desempenhos em relação aos períodos anual e seco (Tabela 7), doze métodos resultaram em um ótimo desempenho (PT, JH, M, Cp, T, TP, SS, RT, RL, RG, HH e RF) e sete métodos em bom (Ln, R, Hs, BL, Lg, BM e I).

Tabela 7 – Desempenho dos métodos de estimativa de evapotranspiração potencial no período chuvoso para o município de Rio Verde, Goiás.

Métodos	Período chuvoso					Métodos	Período chuvoso				
	r	d	c	Desempenho	EEP		r	d	c	Desempenho	EEP
Hargreaves	0,62	0,98	0,61	Mediano	0,67	Budyko	0,56	0,99	0,55	Sofrível	0,28
Priestley-Taylor	0,90	1,00	0,90	Ótimo	0,50	Tanner-Pelton	0,91	0,95	0,87	Ótimo	0,78
Linacre	0,68	0,99	0,68	Bom	0,44	Stephens-Stewart	0,94	0,99	0,93	Ótimo	0,36
Jensen-Haise	0,94	0,98	0,92	Ótimo	0,58	Radiação-Temperatura	0,94	1,00	0,94	Ótimo	0,47
Makkink	0,92	0,97	0,90	Ótimo	0,65	Radiação-Líquida	0,91	0,99	0,90	Ótimo	0,60
Romanenko	0,75	1,00	0,75	Bom	1,58	Radiação-Global	0,91	0,98	0,89	Ótimo	0,26
Hansen	0,93	0,81	0,75	Bom	0,18	Hicks-Hess	0,92	0,98	0,91	Ótimo	0,60
Hamon	0,48	1,00	0,48	Mau	0,36	Lungeon	0,75	0,93	0,69	Bom	0,91
Blaney-Criddle	0,43	1,00	0,43	Mau	0,17	McGuiness-Bordne	0,42	0,92	0,39	Péssimo	0,47
Benevides-Lopez	0,67	0,99	0,67	Bom	0,32	Kharrufa	0,52	0,95	0,50	Mau	0,49
Caprio	0,94	0,99	0,93	Ótimo	0,56	Blaney-Morin	0,76	0,92	0,70	Bom	0,48
Turc	0,93	1,00	0,93	Ótimo	0,40	Ivanov	0,75	1,00	0,75	Bom	1,32
Camargo	0,45	1,00	0,45	Mau	0,29	Radiação-FAO	0,92	0,95	0,87	Ótimo	0,29

r = coeficiente de correlação de Pearson, d = índice de Willmott, c = desempenho de Camargo.

O modelo de MB ficou com péssimo desempenho, Hm, BC, Cm e K, com mau e os métodos de B e Hg obtiveram índices sofrível e mediano, respectivamente. O EEP foi estimado entre 0,17 (BC) e 1,58 (R) mm.d⁻¹ para o período chuvoso.

Os métodos que subestimaram o modelo padrão de PM foram: Hs, T, SS, RG, BM e RF (Figura 5), porém, T obteve a linha de regressão muito próxima a linha de intersecção com PM. Os modelos de PT, JH, Cp, RL e HH, superestimaram PM e RT oscilou, subestimando-o para estimativas < 4,0 mm.d⁻¹ e superestimando, para estimativas acima desse valor. Em relação ao R², oscilou entre 0,57 (BM) a 0,89 (JH, SS e RT), onde foi definido que 89% das variações de JH, SS e RT são explicadas pela variação do método de PM, com EEP de 0,58; 0,36 e 0,47 mm.d⁻¹, respectivamente.

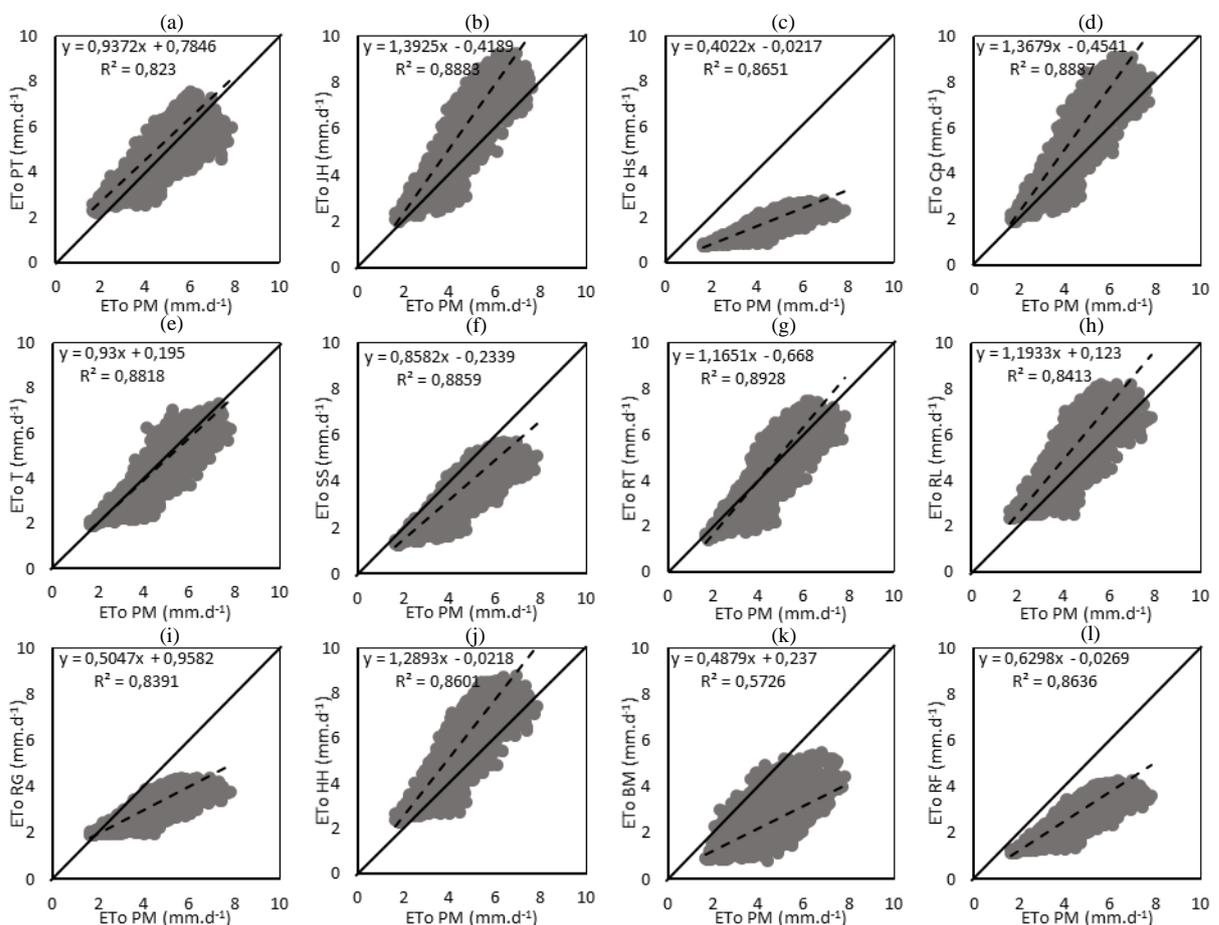


Figura 7 – Equações e coeficientes de determinação através dos valores estimados de evapotranspiração potencial no período chuvoso pelos métodos de Priestley-Taylor (a), Jensen-Haise (b), Hansen (c), Caprio (d), Turc (e), Stephens-Stewart (f), Radiação-Temperatura (g), Radiação-Líquida (h), Radiação-Global (i), Hicks-Hess (j), Blaney-Morin (k) e Radiação-FAO (l), em relação ao método padrão Penman-Monteith.

Os métodos de T e RT se sobressaíram em relação aos outros métodos estimados, nesse trabalho, para o município de Rio Verde nos três períodos analisados, métodos que requerem elementos precisos como $T_{méd}$, UR e R_{se} (T) e λ , R_s e $T_{máx}$ (RT), tendo a R_s como fator determinante para a eficiência da ETo.

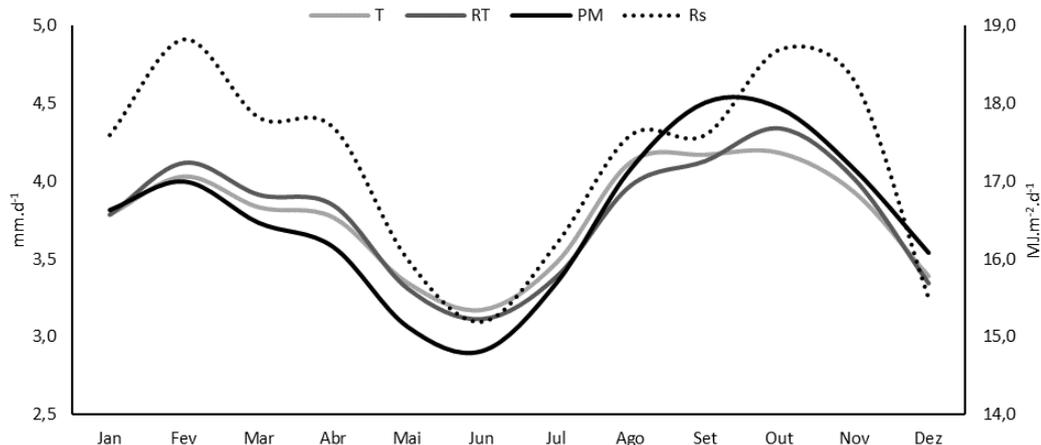


Figura 8 – Desempenho dos métodos de Turc (T) e Radiação-Temperatura (RT) em relação à Penman-Monteith (PM) e o comportamento da Radiação solar (Rs).

CONCLUSÃO

O método de T e de RT apresentaram os melhores desempenhos para as estimativas de ETo para o município de Rio Verde anualmente, nos períodos de estiagem e chuvoso, podendo propiciar o manejo da agricultura irrigada por simplificar a quantificação da necessidade hídrica das culturas, gerando assim, economia de água, energia e aumento da produtividade agrícola.

Com o manejo da água na agricultura, poderá aumentar a disponibilidade de água nos corpos hídricos, amenizando os conflitos existentes, caracterizando-a como uma ferramenta ao manejo da água com o uso racional dos recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pois sem ele eu não teria forças para chegar até aqui, pois a jornada foi longa e árdua.

À Ubaldina Carolina Leão de Castro (In Memoriam), que é minha base, minha referência de vida e que me faz ser melhor todos os dias mesmo não estando aqui fisicamente.

Aos meus frutos, Leandro Lima Ferreira Filho, Letícia Leão de Castro Ferreira e Leonardo Leão de Castro Ferreira, obrigada por cada sorriso destinado a mim, mesmo quando meu semblante estava fechado. É por vocês e para vocês cada vitória e conquista minha.

E ao meu orientador, Dr. Gilmar Oliveira Santos, que aceitou meu convite, acreditou em mim, mesmo quando eu mesma já não acreditava e me guiou da melhor forma possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUA, N. H. D.; SILVA, G. P.; BENITES, V. M.; ASSIS, R. L.; SIMON, G. A. Métodos de amostragem de solos em áreas sob plantio direto no sudoeste goiano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.2, p.117-122, 2013.

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

ARAÚJO, W.F.; COSTA, S.A.A.; SANTOS, A.E. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para Boa Vista, RR. *Caatinga*, v.20, n.4, p.84-88, 2007.

AZEVEDO, B.M.; BORGES, R.L.M.; FERNANDES, C.N.V.; FAÇANHA, D.A.E.; VIANA, T.V.A. Influência da metodologia de cálculo da radiação solar global na evapotranspiração de referência. *Irriga*, v.16, n.3, p.317-328, 2011.

BRITO, L.T.L.; SILVA, A.S.; PORTO, E.R. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. In: *EMBRAPA Semiárido*, 2007, p.13-32.

BUDYKO, M.I. Heat budget of the earth's surface. Off. Tech. Serv., U. S. Dept. Commerce, Wash. DC. 1956.

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, n.1, p.89-97, 1997.

CAVALCANTE JUNIOR, 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: Ciências Agrárias*, v.32, n.1, p.1699-1708, 2011.

CUNHA, F.F.; MAGALHÃES, F.F.; CASTRO, M.A. Métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul – MS. *Engenharia na Agricultura*, v.21, n.2, p.159-172, 2013.

FAO - Food and agriculture organization of the United Nation. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. *FAO - Irrigation and drainage paper 56*. Rome, 1998.

FERNANDES, D.S.; HEINEMANN, A.B.; PAZ, R.L.F.; AMORIM, A.O. Calibração regional e local da equação de Hargreaves para estimativa da evapotranspiração de referência. *Revista Ciência Agronômica*. Fortaleza, v.43, n.2, p.246-255, 2012.

GONÇALVES, A.O.; FIDALGO, E.C.C.; BASTOS, C.L. Caracterização climática do município de São José de Ubá, estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: *EMBRAPA-Solos*. 2006.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *População estimada em 2016*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/go/rio-verde/panorama>>. Acesso em: 26/06/2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Mapa Físico*. Brasília, 2013: IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#geociencias>. Acesso em: 06/11/2016.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). *Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa*. Disponível: <<http://www.inmet.gov.br/>> Acesso em 06/11/2016.

JABLON, M.; SAHLI, A. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data Application to Tunisia. *Agricultural Water Management*, v.95, n.6, p.707-715, 2008.

MARENCO, J.A.; NOBRE, C.A.; SELUCHI, M.E.; CUARTAS, A.; ALVES, L.M.; MENDIONDO, E.M.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, n.106, p.31-44, 2015.

MOREIRA, L.C. Avaliação de modelos para estimativa da evapotranspiração de referência. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Centro de Ciências Exatas e Tecnologia Departamento de Hidráulica e Transportes, 2009.

REIS, E.F.; BRAGANÇA, R.; GARCIA, G.O.; PEZZOPANE, J.E.M.; TAGLIAFERRE, C. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades do Estado do Espírito Santo no período seco. *Idesia*, Chile, v.25, n.3, p.75-84, 2007.

RIO VERDE, Prefeitura Municipal de – *Agricultura*. Disponível em: <http://www.rioverdegoias.com.br/i.php?si=aci&id=5>. Acesso em: 16-jun-2016.

ROCHA, E.; REYS, P.; SILVA, P.O.; SOARES, M.P.; Florística e fitossociologia em um fragmento de cerrado no sudoeste de Goiás. *Revista Global Science and Technology*, v.7, n.3, p.110-118, 2014.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia – Revista de ciências agronômicas*, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

SALES, J.C. Caracterização climática e comparação de métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para regiões do estado de Ceará. Tese Doutorado – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

Secretaria de meio ambiente, recursos hídricos, infraestrutura, cidades e assuntos metropolitanos (SECIMA). *Comitês de bacias hidrográficas*. Disponível: <<http://www.secima.gov.br/pagina/ver/13109/comites-de-bacias-hidrograficas>>. Acesso em: 16/02/2017.

Secretaria do meio ambiente, dos recursos hídricos superintendência de recursos hídricos (SEMARH). *Proposta de instituição do comitê das bacias hidrográficas dos rios do sudoeste goiano – BBH Sudoeste Goiano*. 2011, 25p.

Secretaria do meio ambiente, dos recursos hídricos superintendência de recursos hídricos (SEMARH). *Proposta de instituição do comitê da bacia hidrográfica do rio dos Bois*. 2003, 33p.

SCHOPPACH, R.; SADOK, W. Differential sensitivities of transpiration to evaporative demand and soil water deficit among wheat elite cultivars indicate different strategies for drought tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, v.84, p.1-10, 2012.

SILVA, A.P.N.; SOUZA, L.R. Estimativa de evapotranspiração de referência no semiárido pernambucano. *Engenharia Ambiental*, v.8, n.4, p.003-022, 2011.

SILVA, M.M.; FERREIRA, V.O. Pluviometria e balanço hídrico da bacia do rio Paranaíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.8 n.5, p.1335-1346, 2015.

SOUSA, I.F; SILVA, V.P.R.; SABINO, F.G.; NETTO, A.O.A.; SILVA, B.K.N.; AZEVEDO, P.V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.6, p.633–644, 2010.

SOUZA, A.P.; MOTA, L.L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C.C.; ALMEIDA, F.T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa*, Sinop, v.1, n.1, p.34-43, 2013.

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*, v.51, n.2, p.91-104, 2016.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. *The water balance: publications in climatology*. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955, 104p.

XU, C.Y. *Hydrologic Models*. Uppsala University Department of Earth Sciences Hydrology, 2002, 165p.