http://journal.unoeste.br/index.php/ca/index
DOI: 10.5747/ca.2020.v16.n1.a347
ISSN on-line 1809-8215

Colloquium Agrariae

Submetido: 21/06/2019 Revisado: 03/11/2019 Aceito: 11/12/2019

Evapotranspiração de referência em Januária-MG pelos métodos tanque classe "A" e Hargreaves-Samani

Eliane Ramos Oliveira[1], Tatiane Carla Silva[2], Rogério Ferreira de Oliveira Ramos[1]

[1]Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – IFNMG. [2]Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. E-mail: tcs.agronomia@gmail.com

Resumo
Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho do método do tanque classe "A" (TCA) e Hargreaves-Samani (HS), comparados ao método de Penman-Monteith (PM), para determinação da evapotranspiração de referência (ET0) no município de Januária, MG. Foram utilizados os dados climáticos do período 01 de janeiro de 2014 a 31 de dezembro de 2016, pertencente ao banco de dados da estação meteorológica do INMET, localizada no município. A partir dos dados obtidos foram realizadas análises de correlação entre os métodos TCA e HS com o PM, de regressão linear e determinação dos índices de concordância de Willmott e de desempenho. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o método do TCA superestima a ET0 na região de Januária-MG, mas teve desempenho bom quando ajustado ao método de PM. Quanto ao método de HS, os resultados obtidos mostram que este superestimou a ET0 na maioria dos meses, porém apresentou coeficiente de correlação alto e desempenho satisfatório, sendo assim, ambos os métodos podem ser utilizados para estimar a ET0 na região de Januária MG, quando não se dispuser de todos os dados necessários para determinação por meio do método de PM.
Palavras-chave: manejo de irrigação; Peman-Monteith; agroclimatologia.

Evapotranspiration estimation in Januária-MG by class "A" pan and Hargreaves-Samani methods

Abstract
The objective of this work was to evaluate the performance of the class "A" (TCA) and Hargreaves-Samani (HS) method, compared to the Penman-Monteith (PM) method, to determine the reference evapotranspiration (ET0) in Januária, MG. We used the weather data from January 1, 2014 to December 31, 2016, belonging to the database of the INMET weather station, located in the municipality. From the obtained data, correlation analyzes between the TCA and HS methods with the PM, linear regression and determination of the Willmott agreement and performance indices were performed. According to the results obtained, it can be concluded that the ACT method overestimates the ET0 in the region of Januária-MG, but performed well when adjusted to the PM method. As for the HS method, the results show that it overestimated the ET0 in most months, but presented a high correlation coefficient and satisfactory performance, so both methods can be used to estimate the ET0 in the region of Januária MG, when not having all the data necessary for determination by the PM method.
Keywords: irrigation management; Peman-Monteith; agroclimatology.

Introdução

O planejamento e aproveitamento da água na produção agrícola, bem como o desenvolvimento de metodologias que permitam estimar o correto volume de água a ser aplicado, são de fundamental importância econômica e para a preservação da disponiblidade dos recursos hídricos (LUNARDI; RABAIOLLi, 2013).

Em tempos de escassez, é fundamental a discussão de planos alternativos, e principalmente eficazes, de redução do consumo e desperdício da água (AUGUSTO *et al.*, 2012).

Qualquer planejamento de um projeto de irrigação que vise à máxima produção e à boa qualidade do produto usando de maneira eficiente a água, requer conhecimentos das inter-relações entre solo-água-planta-atmosfera e manejo de irrigação (KUNZ *et al.*, 2014). Cerca de 70% da quantidade de água precipitada sobre a superfície terrestre retorna à atmosfera pelos efeitos da evaporação e transpiração. Devido isso, a quantificação desses dois processos é de fundamental importância para realização de projetos de irrigação. O manejo de irrigação requer em seu planejamento a determinação da quantidade de água necessária, tendo como um dos principais componentes a evapotranspiração (MIRANDA *et al.*, 2010).

A evapotranspiração é o processo por meio do qual a vegetação e o solo enviam umidade para a atmosfera, aumentando a umidade do ar, tornando as chuvas mais constantes (ALENCAR *et al.*, 2009). A definição da evapotranspiração (ET0) é de fundamental importância, pois define o consumo de água pelas plantas e, por consequência, a lâmina de irrigação a ser aplicada pelo sistema.

Existem vários métodos que são usados para estimar a evapotranspiração e são baseados em dados meteorológicos. A maior parte deles é de difícil aplicação, não só pela complexidade do cálculo, mas por exigirem grande número de elementos meteorológicos, somente fornecidos por estações de primeira classe ou automáticas. Neste sentido, destaca-se o método Penman-Monteith (PM), considerado como o método padrão pela FAO pela sua precisão e excelentes resultados nas mais distintas condições climáticas. São empregados na sua estimativa dados de temperatura (T), umidade relativa do ar (UR), radiação solar (RS) e velocidade do vento (V). Os produtores rurais, contudo, nem sempre dispõem desses dados, sendo necessária a utilização de métodos mais simples para o cálculo de ET0 (BERNARDO, 2019).

O evaporímetro tanque classe “A”, em virtude do custo relativamente baixo e do fácil manejo, tem sido empregado nos projetos de irrigação. Ele tem a vantagem de medir a evaporação de uma superfície de água livre, associada aos efeitos integrados da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade do ar (BERNARDO, 2019). A ET0 neste caso é calculada multiplicando-se os valores diários da evaporação do tanque (ECA) por um coeficiente (Kp), em função da distância da bordadura ao redor do tanque, da velocidade do vento (V) e da umidade relativa do ar (UR) (ESTEVES *et al.*, 2010)

Métodos que utilizam somente a temperatura do ar para a estimativa da ET0 também podem ser empregados pelos produtores para o manejo da irrigação, como o método Hargreaves e Samani (PILAU *et al.*, 2012). O método vem sendo utilizado amplamente devido a sua simplicidade e potencialidade para calibração de seus parâmetros, sendo uma alternativa viável para a estimativa ET0 quando não se tem as informações dos parâmetros climáticos exigidos pelo método PM. Nesse modelo necessita-se apenas das temperaturas mínima, máxima, média do ar (BAUTISTA *et al.*, 2009).

No município de Januária, localizado no norte de Minas Gerais, são escassos os trabalhos sobre o uso racional da água. A avaliação de métodos como o HS e TCA pode resultar em equações de ajuste local, que poderão auxiliar no planejamento e gerenciamento de irrigação na região, principalmente por parte dos pequenos irrigantes, que não têm acesso aos dados meteorológicos necessários para determinação da ET0 pelo método de PM.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo comparar os valores diários de ET0 determinados pelo método de Penman-Monteith-FAO com os valores estimados pelos métodos do tanque Classe A e de Hargreaves & Samani na região de Januária, norte de Minas Gerais.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Instituto Federal de Educação Tecnológica do Norte de Minas Gerais, localizado no município de Januária, Minas Gerais, a 15° 26’ de latitude Sul e 44° 22’ de longitude Oeste, com temperatura média anual de 24,4 °C. Para a realização deste estudo, foram utilizados dados meteorológicos diários de temperaturas (máxima, média e mínima), umidade relativa, radiação solar recebida e velocidade do vento de uma série de 3 anos, compreendida em 01 de janeiro de 2014 à 31 de dezembro de 2016, obtida do banco de dados da estação climatológica localizada no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (FNMG), *campus* Januária, cedidos, para fins de estudo, pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A evapotranspiração de referência (ET0), foi determinada pelo método do tanque classe “A”, por meio da Equação 1 proposta por (Bernardo,

2019) utilizando os dados de evaporação média em (mm); velocidade do vento (m s^{-1}); umidade relativa (%).

$$ET0 = EVxKT \quad (1)$$

Em que:
ET0 = evapotranspiração de referência, mm/dia
EV = evaporação do Tanque Classe A em mm/dia
KT = coeficiente de correção, adimensional.

Os valores de Kt serão determinados pela equação 2 proposta por (Bernardo, 2019).

$$KT = 0{,}108 - 28{,}6x10^{-3}U_2 + 42{,}2x10^{-3}\ln(R_{gramado}) + 0{,}1434\ln(UR_{med}) - 0{,}631x10^{-3}\left[\ln(R_{gramado})\right]^2\ln(UR_{med}) \quad (2)$$

Em que:
U2 = é a velocidade média diária do vento a 2 m de altura, m s-1
UR = umidade relativa media, %.
$R_{gramado}$ = menor distancia do centro do tanque ao limite da bordadura, em metros.

A determinação da evapotranspiração de referência (ET0) pelo método de Penman-Monteih, tido como padrão, foi realizada utilizando os dados: temperatura (máxima, média e mínima), velocidade do vento m s^{-1}; umidade relativa e radiação solar usando a equação 1, proposta por Allen *et al.* (1998).

$$ET0 = \frac{0{,}408\Delta(R_n - G) + \gamma 900/\left(\frac{900}{T+273}\right)U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0{,}34U_2)} \quad (3)$$

Em que:
ET0 = evapotranspiração (ET0) de referencia, mm d^{-1}
Rn = radiação liquida na superfície da cultura, $Mj^{-1}m^{-2}d^{-1}$
G = densidade do fluxo de calor do solo, $Mj^{-1}m^{-2}d^{-1}$;
T = temperatura do ar a 2m de altura, em °C;
U_2 = velocidade do vento a 2m de altura, em m s^{-1};
es = pressão de vapor de saturação, em kpa;
ea = pressão atual de vapor, em kpa;
es – ea = deficit de pressão de vapor de saturação, em kpa;
Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, temperatura, kpa $°c^{-1}$;
γ = constante psicométrica, kpa $°c^{-1}$;

A determinação da evapotranspiração de referência (ET0) pelo método de Hargreaves-Samani foi feita utilizando os dados: temperatura (máxima; média e mínima), e radiação solar usando a equação 4 proposta por (Silva et. al. 2005).

$$ET0 = 0{,}0023\,(T+17{,}8)\,(Tmáx - Tmin)0{,}5\,Ra \quad (4)$$

Onde:
ET0 = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});
T = temperatura média do ar a 2m de altura (°C);
Tmáx = temperatura máxima do ar a 2m de altura (°C);
Tmin = temperatura mínima do ar a 2m de altura (°C); e
Ra = radiação extraterrestre (mm dia-1).

Os valores estimados de ET0 por HS e TCA foram comparados com os de PM utilizando-se regressão linear, obtendo-se assim o coeficiente de determinação (R^2).

Foi determinado o coeficiente de exatidão (d), proposto por WILLMONT et al (1985), descrito por Camargo & Sentelhas (1997) apud Conceição & Mandelli (2005), através da equação 5.

$$d = 1 - \left\{\frac{\sum(Pi - Oi)^2}{\sum\left(|Pi - O| + |Oi - O|\right)^2}\right\} \quad (5)$$

Onde:
d = coeficiente de exatidão;
Pi = Valores estimados;
Oi = Valores obtidos por PM; e
O = Média dos valores de PM.

Também foi utilizado o coeficiente de desempenho (c), obtido por meio da multiplicação do coeficiente de correlação (r) pelo coeficiente de exatidão (d).

Tabela 1. Classificação dos métodos de estimativas de acordo com o coeficiente (c).

Valores do coeficiente de desempenho "c"	Desempenho
>85	Ótimo
0,76 - 0,85	Muito bom
0,66 - 0,75	Bom
0,61 - 0,65	Mediano
0,51 - 0,60	Sofrível
0,41 - 0,50	Mal
≤ 0,40	Péssimo

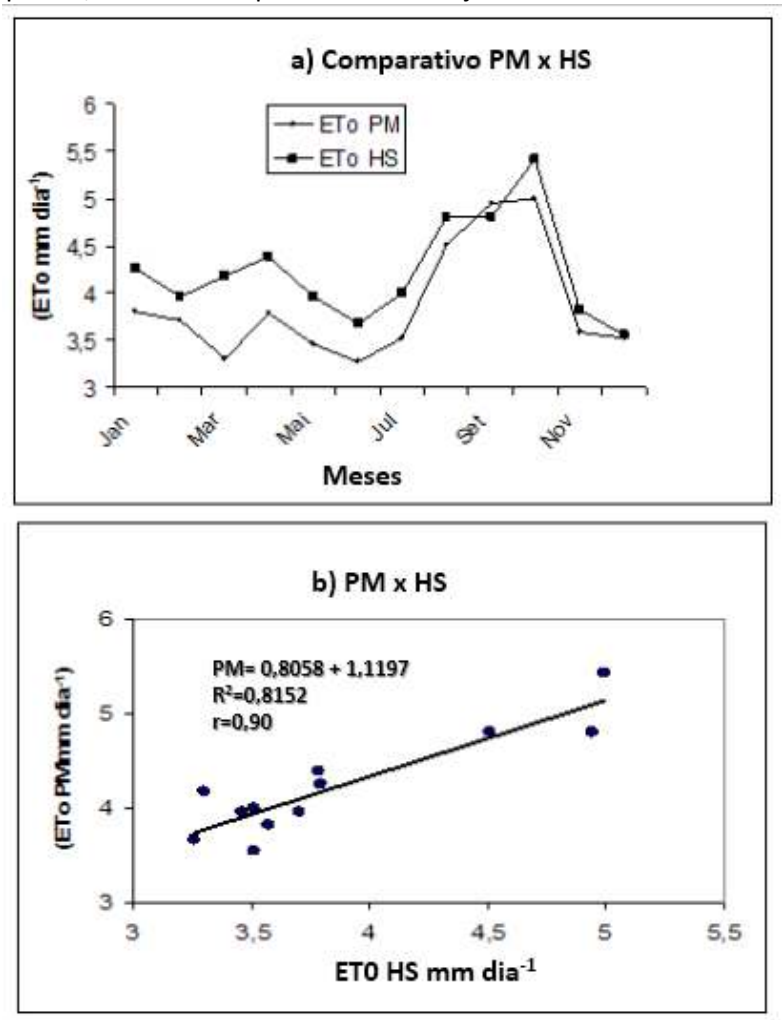
Fonte: Camargo e Sentelhas (1997).

Foi realizado o teste t (Student) para determinar a significância estatística usando-se o software SAEG, todos os demais cálculos foram realizados com o auxílio do software Microsoft Office Excel.

Resultados e Discussão

Na Figura 1, apresenta-se os valores médios mensais da ET0, em mm dia^{-1}, no período de 01 de janeiro de 2014 a 31 de dezembro de 2016, correspondentes ao método de Hargreaves-Samani, comparado ao método padrão Penman-Monteith parametrizado pela FAO.

Figura 1. (a) Modelo de regressão ajustado para ET0 estimada por PM e a ETo estimada por HS, referente ao período de 01 de janeiro de 2014 a 31 de dezembro de 2016; (b) Comparação entre a ETo estimada por PM e a ETo estimada por HS, referente ao período de 01 de janeiro de 2014 a 31 de dezembro de 2016.



***Significativo ao nível de 0,1% de probabilidade pelo teste t (Student)

Observa-se que o método de Hargreaves-Samani apresentou correlação alta (r=0,90), em relação ao Penman-Monteith, d igual a 0,84 e c igual a 0,76, o que possibilita classificá-lo, de acordo com Camargo e Sentelhas (1997) como muito bom. O mesmo foi observado por Silva *et al.* (2008), quando realizaram estudo comparativo de ET0 em Januária-MG, e o método HS apresentou-se muito bom, possibilitando estimativas confiáveis em todos os meses do ano.

Desta forma, na falta de dados climatológicos como radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa, pode-se utilizar o método HS para determinação da ET0 no manejo de irrigação, uma vez que necessita-se apenas da temperatura máxima e média, como parâmetros medidos, e da radiação extraterrestre, que pode ser obtida de tabelas ou de equações, utilizando-se para sua obtenção apenas a data e a latitude do local.

Observa-se também que a ET0 estimada por ambos os métodos tende a atingir seus valores máximos nos meses de agosto a outubro, o que pode ser explicado pelas altas temperaturas e baixa umidade do ar durante esse período, período usualmente de estiagem na região de Januária, MG.

O ajuste local do método de HS para a região de Januária, MG, é dado pela equação (6) resultante da regressão.

$$ET = 0{,}8058\ HS + 1{,}1197 \quad (6)$$

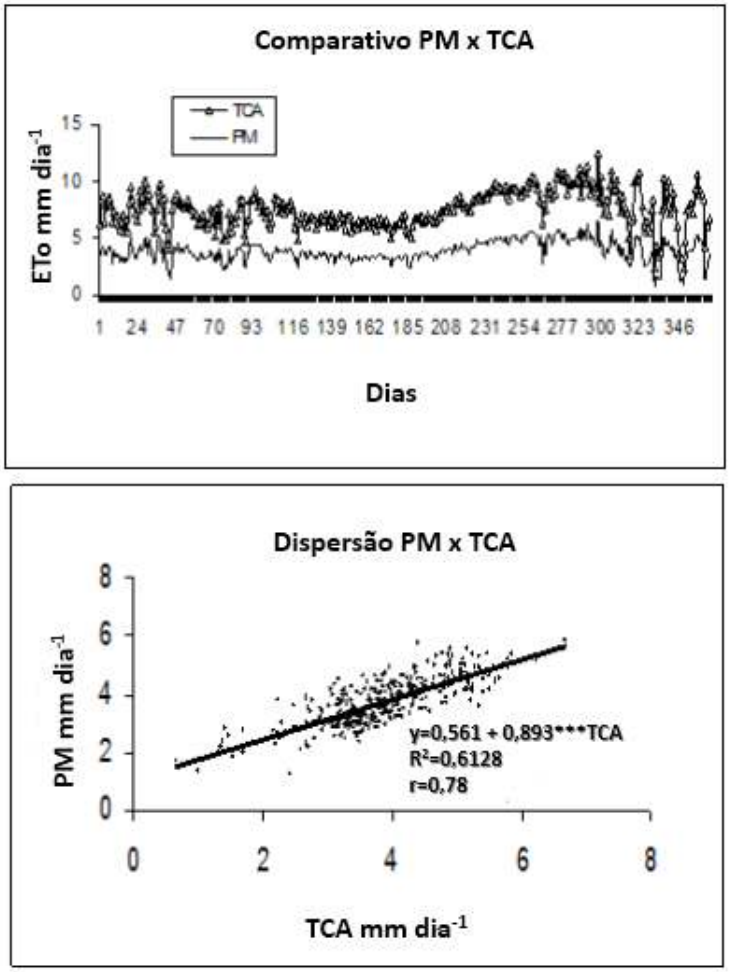
em que:

PM = ET0, em mm dia^{-1}, ajustada para o método de Penman-Monteith;

HS= ET0, em mm dia^{-1}, estimada pelo método de Hargreaves-Samani;

Na Figura 2 apresenta-se a relação dos valores diários da ET0, em mm dia^{-1}, correspondentes ao método TCA e comparado ao método de PM.

Figura 2. Comparação entre a ET0 estimada por PM e TCA, referente ao período de 01 de janeiro de 2014 a 31 dezembro de 2016 (a); linha de tendência da ET0 de PM e TCA, referente ao período 01 de janeiro de 2014 a 31 dezembro de 2016 (b).



***Significativo ao nível de 0,1% de probabilidade pelo teste t (Student)

Os valores de ET0 obtidos pelo método TCA, durante a maioria dos dias, superestimaram a ET0 obtida pelo método de PM. Resultado semelhante foram obtidos por Figueiredo *et al.* (2002), os quais compararam a ET0 obtida pelo TCA, situado a 30 Km da área experimental, com a ET0 obtida por meio do método de PM, em projeto de irrigação do município de Jaíba, MG. Além disso, a ET0 do TCA não acompanhou todas as variações que ocorreram com a evapotranspiração calculada pelo método de PM durante esse período.

O método TCA apresentou correlação muito alta (r = 0,78), em relação ao Penman-Monteith,

coeficiente de exatidão (d = 0,87) e coeficiente de desempenho (c=0,68), o que possibilita classificá-lo, de acordo com Camargo & Sentelhas (1997) como bom.

O TCA apresentou aproximação ao método de PM, com coeficiente de ajuste (R^2) igual a 0,6128. A equação 1 representa o ajuste do método TCA ao método de PM.

$$ET_{PM} = 0{,}561 + 0{,}893^{***} ET_{TCA} \quad (7)$$

em que:

ET_{PM}= evapotranspiração ajustada para o método de PM, em mm dia^{-1}

ET_{TCA}= evapotranspiração estimada pelo método TCA, mm dia^{-1}

Conclusão

O método de Hargreaves-Samani apresentou-se como eficiente, possibilitando estimativas confiáveis de evapotranspiração de referência durante todos os meses, podendo assim ser utilizado, desde que ajustado, por agricultores para o manejo de irrigação na região de Januária-MG. O método do TCA superestima a ET0 na região de Januária, MG. Todavia o desempenho é considerado bom quando ajustado ao método de PM, sendo assim, considerado como um método adequado para estimativa da ET0 na região de Januária-MG, quando não se dispuser de todos os dados necessários para determinação pelo método de PM.

Referências

ALENCAR, C.A.B.; CUNHA, F.F.; MARTINS, C.E.; CÓSER, A.C.; ROCHA, W.S.D DA.; ARAÚJO, R.A.S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.spe, p.98-108, jul. 2009. http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001300012

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration:** Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p.

AUGUSTO, L.S.S.; GURGEL, I.G.D.; NETO, H.F.C.; MELO, C.H.; COSTA, A.M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v.17, n.6, p.1511-1522, 2012. https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600015

BAUTISTA, F.; BAUTISTA, D.; CARRANZA, C.D. Calibration of the equations of Hargreaves and Thornthwaite to estimate the potential evapotranspiration in semi-arid and subhumid tropical climates for regional applications. **Atmósfera**, v.22, n.4, p.331-348, 2009.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2019. 545 p.

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.

ESTEVES, B.S.; MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S. Avaliação do Kt para estimativa da evapotranspiração de referência (ET0) em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.274-278, 2010. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000300006

FIGUEIREDO, F.P.; SOARES, A.A.; COSTA, L.C.; RAMOS, M.M.; OLIVEIRA, F.G. Analise comparativa das estimativas da evapotranspiração de referência, pelos métodos de Penman-Monteith e tanque classe “A”, nas condições edafoclimáticas do norte de Minas Gerais. **Unimontes científica**, v.4, n.2, 2002.

KUNZ, J.; ÁVILA, V.S.; PETRY, M. Distribuição temporal e espacial da umidade do solo em sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial. **Revista Monografias Ambientais**,

v.13, n.5, p.3963-3976, 2014. https://doi.org/10.5902/2236130815123

LUNARDI, J.; RABAIOLLI, J. A. Valorização e preservação dos recursos hídricos na busca pelo desenvolvimento rural sustentável. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v.7, n.1, p.44-62, 2013.

MIRANDA, R.A.C.; OLIVEIRA, M.V.S.; SILVA, D.F. da. Ciclo hidrográfico planetário: abordagens e conceitos. **Geo UERJ**, v. 1, n. 21, p. 109-119, 2010. https://doi.org/10.12957/geouerj.2010.1461

PILAU, F.G.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; RIGHI, E.Z. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência nas localidades de Frederico Westphalen e Palmeira das Missões, RS. **Ciência Rural**, v.42, n.2, p.283-290, 2012. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000200016

SILVA, E.R.; SOUZA, J.R.; SOUZA, J.A.A.; VIEIRA, G.H.S. Análise do método de Hargreaves-Samani para estimativa da evapotranspiração de referência (ET0) em Januária-MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18., 2008, São Mateus. **Anais** [...]. São Mateus: ABID, 2008.

SILVA, V.P.R.; FILHO, A.F.B.; SILVA, B.B.; CAMPOS, J.H.B.C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.547-553, 2005. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000400017

WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M; LEGATES, D.R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985. https://doi.org/10.1029/JC090iC05p08995