

# TERMO-HIGRÔMETO DIGITAL PARA MANEJO DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO A EQUAÇÃO DE HARGREAVES

Paulo José Desidério de Oliveira<sup>1</sup>

José Eduardo Pitelli Turco<sup>2</sup>  
Dalissa Garbin<sup>3</sup>

**Recursos Hídricos e Qualidade da Água**

## *Resumo*

A finalidade deste trabalho foi avaliar um termo-higrômetro digital para manejo de irrigação utilizando a equação de Hargreaves, que utiliza a medição da temperatura do ar para estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), comparando-a com a equação de Penman-Monteith FAO56, nas condições climáticas do município de Monte Alto - SP. O termo-higrômetro foi calibrado no LIAP (Laboratório de instrumentação, automação e processamento) da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal. Foram utilizados dados médios diários do ano de 2017. As estimativas da ET<sub>o</sub> obtidas com dados do termo-higrômetro digital foram comparadas com as obtidas com os dados de uma estação meteorológica automática da marca Campbell Scientific. A análise dos resultados foi realizada aplicando a técnica da dupla massa. O termo-higrômetro digital pode ser utilizado para o manejo de irrigação utilizando a equação de Hargreaves.

**Palavras-chave:** temperatura do ar; Penman-Monteith; evapotranspiração

## INTRODUÇÃO

Estimativas da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) são amplamente utilizados para estimar as necessidades de água de culturas. Essas estimativas são importantes para o planejamento da irrigação (HARGREAVES, 1994).

A equação de Penman-Monteith FAO-56 é padrão para estimar a ET<sub>o</sub>. O processo de cálculo exige medições confiáveis de elementos meteorológicos tais como: temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento (LIMA JÚNIOR et al., 2016). Porém, há um número limitado de estações meteorológicas nos quais estas variáveis são

<sup>1</sup>Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) pela FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal, fluirti@gmail.com.

<sup>2</sup>Prof. Associado III da FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal, Departamento de Engenharia Rural, jose.turco@unesp.br.

<sup>3</sup>Aluna de graduação, Faculdade Ites – Taquaritinga, SP, garbindalissa@gmail.com.



medidas de modo eficiente. Portanto, a busca por métodos alternativos que demandem menos variáveis meteorológicas para estimar a ETo tem sido uma solução viável para contornar esse problema (FERNANDES et al., 2012).

Antes de aplicar um método de estimativa da ETo para determinado local, é necessário verificar o desempenho deste método. Esse desempenho tem sido analisado com a comparação dos métodos em estudo ao método de Penman-Monteith FAO-56 (BORGES JÚNIOR et al., 2012). Os métodos baseados na temperatura do ar têm sido frequentemente utilizados ou recomendados. Um método alternativo que vem sendo utilizado por vários estudos é a equação de Hargreaves (1994).

O uso de recursos tecnológicos como estações meteorológicas automáticas fornecem informações de modo prático e funcional para serem utilizados em equações de estimativa da ETo, porém, muitas vezes o custo de aquisição e a necessidade de mão-de-obra especializada inviabilizam a adoção destes equipamentos para determinados produtores (OLIVEIRA e TURCO, 2018).

Segundo Neves et al. (2015), o uso de termo-higrômetro em ambiente externo deve seguir as recomendações baseadas nas normas da WMO (World Meteorological Organization) (2008), em que os sensores meteorológicos, neste caso o termo-higrômetro (medidas de temperatura e UR), devem ser protegidos da radiação solar direta e possuir um sistema que permita a ventilação e a dissipação rápida do calor, e o aparelho deve ser acondicionado dentro de abrigo termométrico tipo caixa em padrão IP56, ventilada, própria para ambientes externos.

Com este trabalho o objetivo foi avaliar um termo-higrômetro digital para manejo de irrigação utilizando a equação de Hargreaves, que utiliza a medição da temperatura do ar para estimativa da evapotranspiração de referência (ETo), comparando-a com a equação de Penman-Monteith FAO56, nas condições climáticas do município de Monte Alto - SP.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em área experimental no ano de 2017, durante o ciclo

Realização



**INSTITUTO FEDERAL**  
Sul de Minas Gerais  
Campus Muzambinho



Grupo de Pesquisa  
Ciências Ambientais  
IF SULDEMINAS - Muzambinho



**INSTITUTO FEDERAL**  
Sudeste de Minas Gerais  
Campus Santos Dumont

Apoio Institucional



**UninCor**  
tá no coração da gente



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
**Ciências Ambientais**



**UEMG**



**Unifal MG**  
Universidade Federal de Minas Gerais

de produção de cebola, no sítio Santo Antônio, município Monte Alto, nordeste do estado de São Paulo, Brasil, tendo como referência as seguintes coordenadas geográficas: latitude 21° 15' S, longitude 48° 29' W e altitude de 735 m. O clima é classificado, segundo Köppen, como subtropical.

Para a obtenção dos dados de temperatura do ar, foram instalados na área experimental um termo-higrômetro digital (THD) marca Instrutherm, modelo HT-700, instalado em um abrigo termométrico tipo caixa em padrão IP56, ventilada, própria para ambientes externos e uma estação meteorológica automática (EMA) da marca Campbell Scientific. Para analisar a integridade dos dados da EMA, foi aplicada as técnicas utilizadas por Oliveira e Turco (2019).

A calibração do THD foi realizada no Laboratório de Instrumentação, Automação e Processamento (LIAP) do Departamento de Engenharia e Ciências Exatas da FCAV Unesp, Câmpus de Jaboticabal, utilizando um banho maria para laboratório e fazendo-se variar sua temperatura de 0 – 60 °C. A temperatura da água foi lida com termômetro de mercúrio de fundo de escala de 60 °C, precisão de  $\pm 0,1$  °C e com o THD, ambos acompanhados por um calibrador marca Fluke, simultaneamente.

Com os dados de temperatura do ar do THD e da EMA foi obtida a estimativa diária da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), para o ano de 2017, pela equação de Hargreaves (1994), com calibração local e com os dados da EMA a ET<sub>o</sub> pelo método de Penman-Monteith FAO56 (ALLEN et al., 2006), considerando esse último como padrão para a comparação dos métodos.

Os valores obtidos, de forma acumulativa, foram analisados segundo a técnica de dupla massa; desenvolvido pela United States Geological Survey (USGS) (TUCCI, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os valores resultantes da calibração do THD HT-600, foi aplicada análise de regressão linear. A Figuras 1 mostram o ajuste de reta a um conjunto de pontos experimentais obtidos da comparação dos valores da temperatura obtidos pelo termômetro



de mercúrio e pelo THD. Os resultados da análise de regressão mostram que coeficiente linear aproximou-se de zero, o coeficiente angular se aproximando de 1 e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) com valor de 0,9998. Portanto, os dados obtidos pelo termômetro de mercúrio foram semelhantes aos obtidos pelo THD.

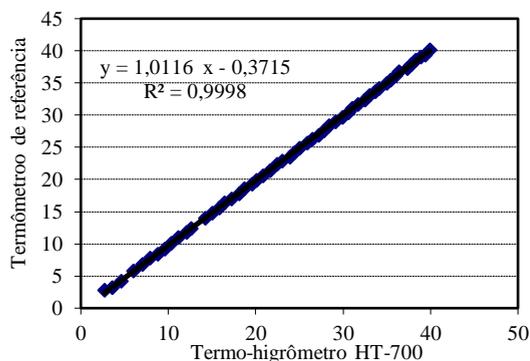


Figura 1. Resultado da calibração do Termo-higrômetro HT-700.

Pode-se verificar na Figura 2 dados diários da  $ET_o$  obtidos pelo método de Penman-Monteith FAO56 e os obtidos pelo método de Hargreaves (1994), utilizando dados de temperatura do ar pela EMA e o THD, sendo comparados os valores de acordo com a técnica de dupla massa. Não foi observada diferença entre os valores averiguados na forma acumulativa. Os resultados mostram que o termo-higrômetro pode ser utilizado para estimar a evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves (1994). Essas observações foram importantes para acrescentar conhecimentos a pesquisa sobre as condições de uso do termo-higrômetro em ambiente externo. Tais cuidados são necessários para que os valores dos dados obtidos não sofram alterações e possam ser utilizados com confiança.

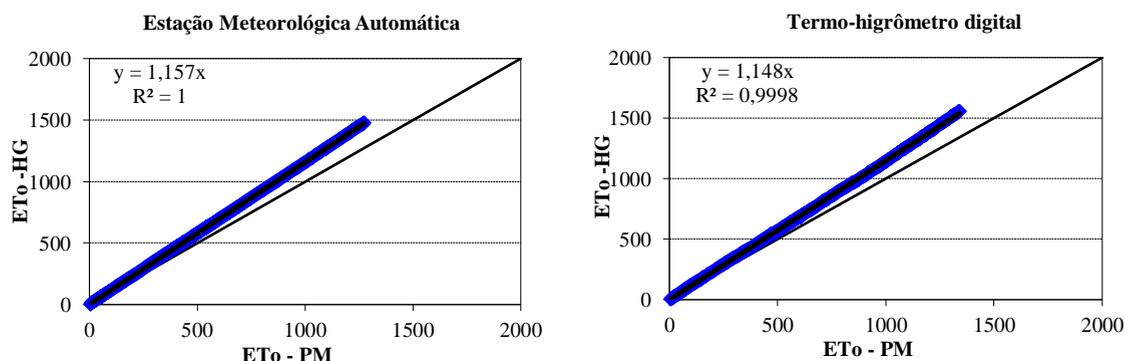


Figura 2. Evapotranspiração de referência com dados da EMA e TH.

## CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O termo-higrômetro digital é uma alternativa para estimar a ETo diária pelo método de Hargreaves em locais em que a disponibilidade de dados meteorológicos é limitada.

## AGRADECIMENTOS

Aos proprietários do Sítio Santo Antônio, localizado no município de Monte Alto – SP, por permitirem a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio Riego e Drenaje, Paper 56).
- BORGES JÚNIOR, J.C.F.; ANJOS, R.J.; SILVA, T.J.A.; LIMA, J.R.S.; ANDRADE, C.L.T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.4, p.380-390, 2012.
- FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L.F.; AMORIN, 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.
- HARGREAVES, G.H. Defining and using reference evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.120, n.6, p.1132-1139, 1994.
- LIMA JUNIOR, J. C.; ARRAES, F. D.A.; OLIVEIRA, J. B.; NASCIMENTO, F.A.L.; MACÊDO, K.G. Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n.3, p. 447-454, 2016.
- NEVES, G. A. R; MARQUES, J. B.; NOGUEIRA, J. S. S; BIUDES, M. S.; ARRUDA, P. H. Z.; CURADO, L. F. A.; PALÁCIOS, R. S. Desenvolvimento e Calibração de um Termo-higrômetro para uso em Pesquisas de Micrometeorologia, Agrometeorologia e Climatológica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 1, p. 136- 143, 2015.
- OLIVEIRA, P. J. D. de.; TURCO, J.E.P. Dois métodos de estimativa da evapotranspiração de referência e índices de estresse hídrico em cebola irrigada. **Irriga: Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**. Botucatu-SP, v. 24, n.2, p. 352-366. 2019.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2001.
- WMO (World Meteorological Organization), **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation WMO-No. 8**. Geneva 2, Switzerland, p. 161-173, 2008.