

## USO DE VALORES MÉDIOS HISTÓRICOS PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

Marco Antônio Fonseca Conceição<sup>1</sup>

**RESUMO:** O emprego de valores médios da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), obtidos a partir de séries climáticas históricas, pode ser utilizado na estimativa da ET<sub>o</sub> nas diferentes condições climáticas regionais. O objetivo do presente trabalho foi comparar os valores decendiais estimados da ET<sub>o</sub> com as respectivas médias históricas, nas condições da região noroeste de São Paulo. Os dados meteorológicos diários foram coletados em Jales, SP. Com base nos dados diários, foram obtidos valores decendiais no mesmo período. O método de Penman-Monteith (ET<sub>o</sub>PM), considerado padrão, foi comparado com valores médios decendiais de ET<sub>o</sub>. Os resultados obtidos demonstram que o uso de dados médios históricos de ET<sub>o</sub> pode apresentar desempenho satisfatório, em relação aos dados decendiais obtidos pelo método de Penman-Monteith, nas condições climáticas do noroeste paulista.

**PALAVRAS-CHAVE:** Penman-Monteith, temperatura do ar, balanço hídrico

## USING HISTORICAL AVERAGE VALUES FOR REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION

**ABSTRACT:** The use of average values of reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>), obtained from historical climatic series, can be used to estimate ET<sub>o</sub> in the different regional climatic conditions. The objective of the present work was to compare the estimated values of ET<sub>o</sub> with the respective historical averages, for the climatic conditions of the northwest region of São Paulo. The daily meteorological data were collected in Jales, SP. Based on the daily data, there were calculated 10-days values in the same period. The Penman-Monteith method (ET<sub>o</sub>PM), considered standard, was compared with average values of ET<sub>o</sub>. The results obtained show that the use of ET<sub>o</sub> historical average data can present satisfactory

---

<sup>1</sup>Pesquisador Embrapa Uva e Vinho – Estação Experimental de Viticultura Tropical – Jales – SP – E-mail: marco.conceicao@embrapa.br

performance, in relation to the ten-days data obtained by the Penman-Monteith method, in the climatic conditions of the northwest of São Paulo.

**KEYWORDS:** Penman-Monteith, air temperature, water balance

## INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) é uma variável frequentemente utilizada na estimativa diária da demanda hídrica das diferentes culturas, visando o manejo adequado da irrigação. O método considerado padrão para a estimativa de ET<sub>o</sub> é o de Penman-Monteith (ET<sub>o</sub>PM), parametrizado pela FAO (Pereira et al., 2015).

Nem sempre, todavia, as variáveis meteorológicas necessárias para a obtenção da ET<sub>o</sub>PM estão disponíveis aos produtores. Nesses casos, pode-se empregar valores médios de ET<sub>o</sub>, que são obtidos a partir de séries climáticas históricas (Marouelli et al., 2011). Os dados médios históricos de ET<sub>o</sub> são, muitas vezes, usados por produtores para a programação da irrigação ao longo do ciclo da cultura, principalmente em regiões com baixos índices de pluviosidade (Enciso & Wiedenfeld, 2005; Reid & Oki, 2013), ou em cultivos protegidos (Bonachela et al., 2006).

Eles também têm sido empregados como base de dados para a programação de controladores automáticos de irrigação (Davis & Dukes, 2016), muitas vezes com resultados similares ao uso de sensores de umidade dos solos no manejo da irrigação (Migliaccio et al., 2010). Vários produtores de uvas do noroeste paulista têm adotado controladores automáticos em suas propriedades para melhorar o manejo da água. Entre outras vantagens, os controladores permitem a irrigação durante os horários noturnos, aumentando a eficiência de aplicação e reduzindo custos com energia elétrica.

Para se utilizar, entretanto, valores médios de ET<sub>o</sub> na programação da irrigação, faz-se necessária a avaliação da confiabilidade dos dados, considerando-se as condições específicas de cada região agrícola. Hanson & Kaita (1999) observaram que o erro na utilização dos valores históricos de ET<sub>o</sub>, nas condições da Califórnia, ficou abaixo de 13%, o que permite o seu uso na região. Enciso & Wiedenfeld (2005) verificaram que a variabilidade desses valores, nas condições do Texas (EUA), foi em média inferior a 15%, o que também indica a possibilidade de usá-los na programação da irrigação.

O objetivo do presente trabalho foi, assim, comparar os valores médios históricos de ETo com os dados reais de EToPM, sob as condições de clima tropical do noroeste paulista, visando a sua utilização no manejo da irrigação das videiras da região.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos diários foram coletados na estação automática da Embrapa Uva e Vinho, em Jales, SP (20°10'S, 50°35'W, 455m), sendo referentes aos anos de 2004 a 2018. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é úmido (Aw), com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso (Conceição & Tonietto, 2012).

Para a coleta das variáveis meteorológicas, foi empregado um sistema automático de aquisição de dados com registros efetuados a cada quinze minutos e totalizados diariamente. Com base nos dados diários, foram obtidos valores decendiais no mesmo período. Os valores históricos médios decendiais de ETo (ETo\_hist) foram obtidos com base na série de 2004 a 2011. As comparações entre esses valores médios e os da EToPM, foram obtidas considerando-se a série entre 2012 a 2018, tanto para períodos anuais (decêndios 1 a 36), como para os períodos mais secos do ano, que ocorrem de abril a outubro (decêndios 10 a 30).

Para calcular a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith (EToPM), considerado padrão para efeito de comparação, foi utilizada a expressão descrita por Allen et al. (1998):

$$E_{ToPM} = \frac{0,408 \cdot s \cdot (R_n - G) + \frac{\gamma \cdot 900 \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{(T + 273)}}{s + \gamma \cdot (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

em que EToPM - evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith (mm dia<sup>-1</sup>); s - declividade da curva de pressão de vapor em relação à temperatura (kPa °C<sup>-1</sup>); R<sub>n</sub> - radiação líquida total diária (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); G - fluxo total diário de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); g - coeficiente psicrométrico (kPa °C<sup>-1</sup>); U<sub>2</sub> - velocidade do vento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>); e<sub>s</sub> - pressão de saturação de vapor (kPa); e<sub>a</sub> - pressão parcial de vapor (kPa); T - temperatura média do ar (°C), calculada automaticamente pelo sistema de aquisição de dados, com base na média das temperaturas horárias. O fluxo de calor no solo (G) foi considerado igual a zero, valor que pode ser assumido para períodos diários (Allen et al., 1998). A

radiação líquida (Rn) foi estimada de acordo com a metodologia recomendada por Allen et al. (1998).

As avaliações foram realizadas empregando-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o índice de desempenho (c), que resulta na multiplicação dos coeficientes de correlação (r) pelo índices de exatidão (d). O desempenho foi classificado como ótimo para valores de c maiores que 0,85; como muito bom para valores entre 0,76 e 0,85; como bom para valores entre 0,66 e 0,75; como regular para valores entre 0,51 e 0,65; como ruim para valores entre 0,41 e 0,50; e como péssimo para valores inferiores a 0,40.

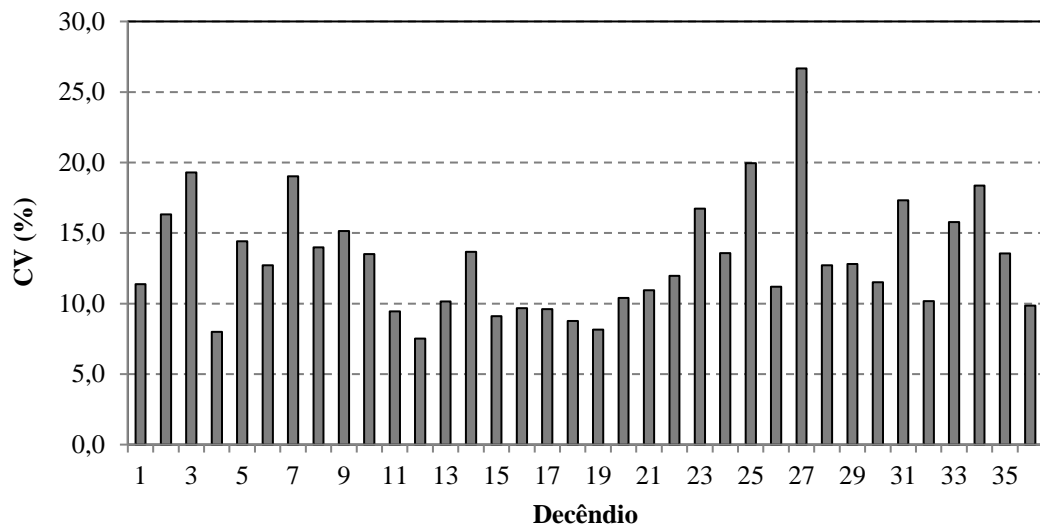
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios decendiais históricos da evapotranspiração de referência (ET<sub>o\_hist</sub>), no período de 2004 a 2011, estão apresentados na Tabela 1. Verifica-se que os menores valores são registrados no final de maio e início de junho, enquanto que os maiores são observados nos últimos dois decêndios de novembro.

**Tabela 1.** Valores médios decendiais da evapotranspiração de referência (ET<sub>o\_hist</sub>) no período de 2004 a 2011. Jales, SP.

Decêndio	ET <sub>o_hist</sub> (mm/dia)	Decêndio	ET <sub>o_hist</sub> (mm/dia)	Decêndio	ET <sub>o_hist</sub> (mm/dia)	Decêndio	ET <sub>o_hist</sub> (mm/dia)
01 a 10/01	4,1	01 a 10/04	3,5	01 a 10/07	2,7	01 a 10/10	4,2
11 a 20/01	4,2	11 a 20/04	3,5	11 a 20/07	2,6	11 a 20/10	4,1
21 a 31/01	3,9	21 a 30/04	3,2	21 a 31/07	2,8	21 a 31/10	4,3
01 a 10/02	4,5	01 a 10/05	2,9	01 a 10/08	3,1	01 a 10/11	4,1
11 a 20/02	4,1	11 a 20/05	2,7	11 a 20/08	3,9	11 a 20/11	4,6
21 a 28/02	4,1	21 a 31/05	2,3	21 a 31/08	4,0	21 a 30/11	4,7
01 a 10/03	4,3	01 a 10/06	2,3	01 a 10/09	4,3	01 a 10/12	4,4
11 a 20/03	3,5	11 a 20/06	2,5	11 a 20/09	4,4	11 a 20/12	4,3
21 a 31/03	3,7	21 a 30/06	2,5	21 a 30/09	4,1	21 a 31/12	4,3

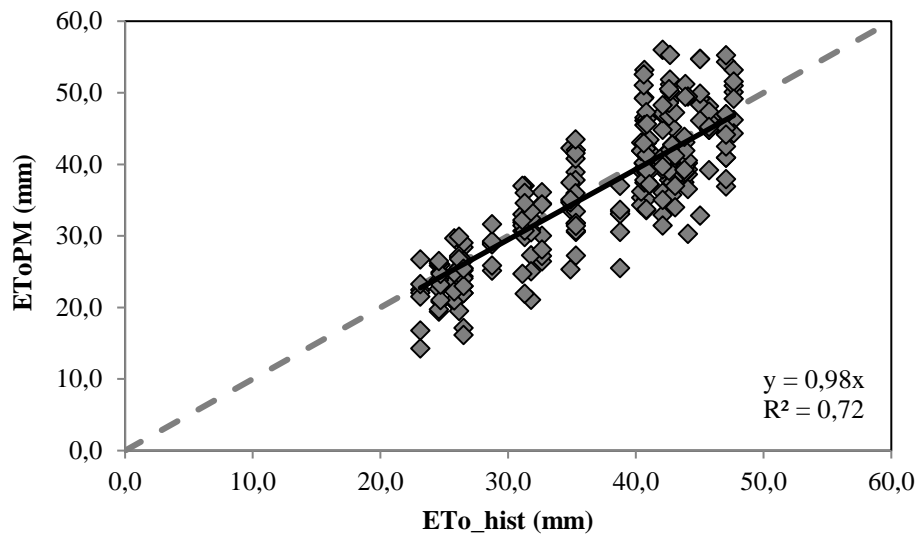
Os coeficientes de variação (CV) decendiais no período de 2004 a 2011 ficaram entre 13% e 27%, sendo que a maior parte dos valores ficou abaixo de 15% (Figura 1). Esse intervalo é inferior ao observado nas condições do Texas (14% a 38%) por Enciso & Wiedenfeld (2005), que recomendaram o seu uso para o manejo da irrigação na região. Séries com valores de CV inferiores a 35% podem ser consideradas homogêneas e as médias podem ser utilizadas como representativas do intervalo avaliado (Vani, 1999).



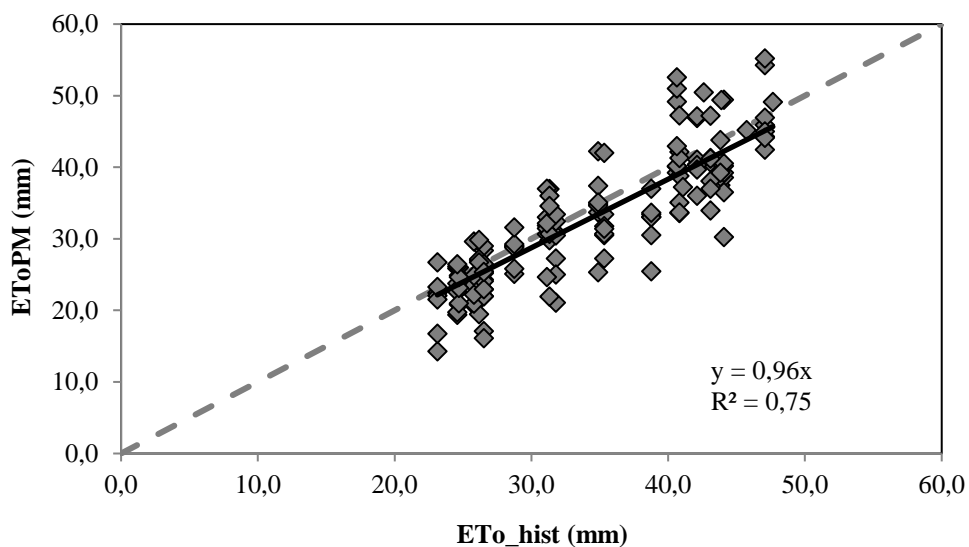
**Figura 1.** Coeficientes de variação (CV) decendiais para valores da evapotranspiração de referência no período de 2004 a 2011. Jales, SP.

Os dados históricos ETo\_hist tenderam a superestimar os valores de EToPM em 2%, sendo que a maior dispersão foi observada para os valores mais altos de evapotranspiração (Figura 2). A variabilidade é, normalmente, maior nos períodos de maior ocorrência de chuvas (Bonachela et al., 2006), que na região noroeste de São Paulo coincide, muitas vezes, com os períodos de maiores valores de ETo (Conceição & Tonietto, 2012).

No período mais seco do ano (abril a outubro), os valores de ETo\_hist superestimaram em 4% os valores de EToPM (Figura 3), sendo que o valor de  $R^2$  observado nesse período foi superior ao obtido para o período anual (Figura 2). A ETo\_hist acumulada, entre abril e outubro, considerando-se cada ano da série (2012 a 2018) apresentou superestimativas variando entre 3,6% (2018) e 12,5% (2012), em relação à EToPM acumulada no mesmo período, e subestimativas de 0,4% em 2016 e 2017 (Figura 4). Observa-se, assim, que o uso da ETo\_hist no manejo da irrigação, considerando-se a série estudada, implicaria, praticamente, na ausência de déficit hídrico e na ocorrência de excedentes hídricos relativamente baixos na maior parte dos anos avaliados.

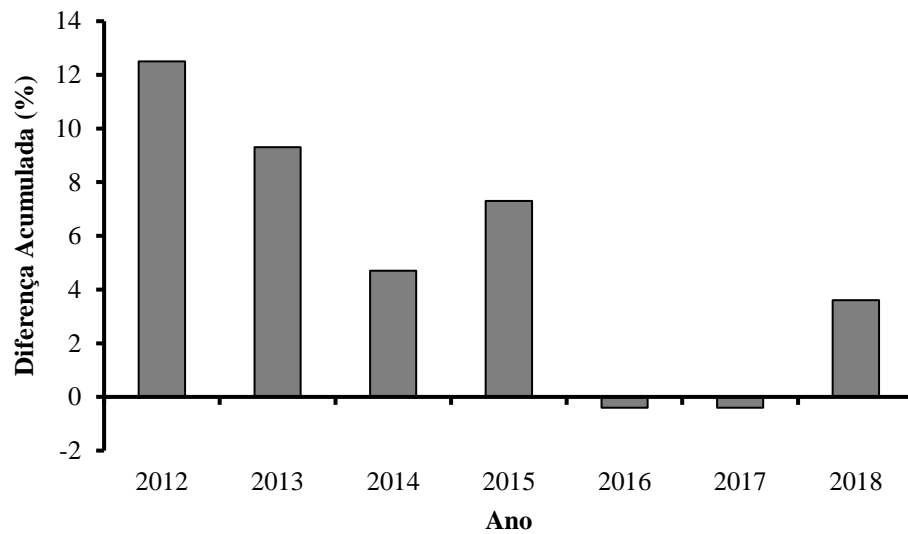


**Figura 2.** Comparação entre os valores médios históricos decendiais da evapotranspiração de referência (ETo\_hist) e os valores de EToPM. Dados para período anual, obtidos de 2012 a 2018. Jales, SP.

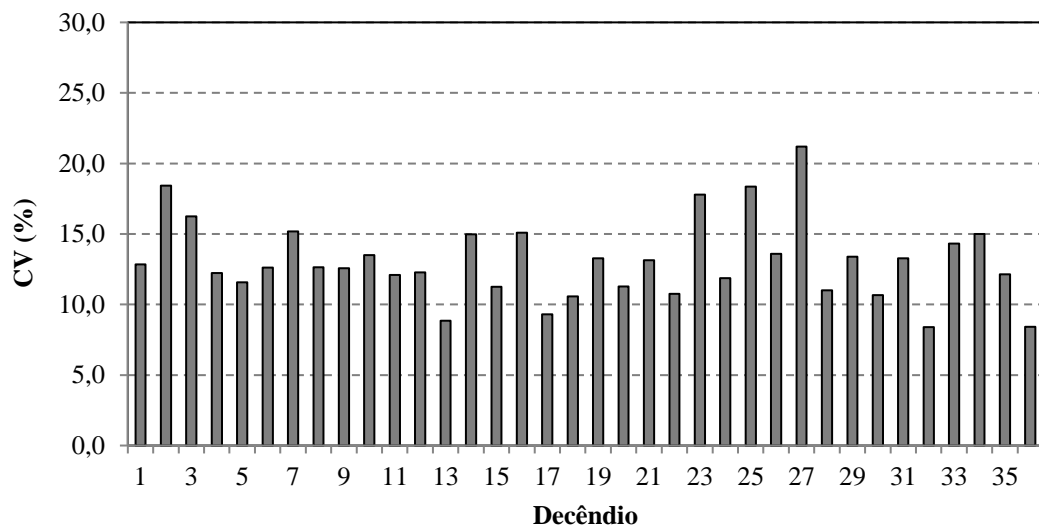


**Figura 3.** Comparação entre os valores médios históricos decendiais da evapotranspiração de referência (ETo\_hist) e os valores de EToPM. Dados para o período mais seco do ano (abril a outubro), obtidos de 2012 a 2018. Jales, SP.

O aumento no número de anos da série utilizada para a determinação de ETo\_hist poderia resultar em valores decendiais que apresentassem um maior equilíbrio entre déficit e excedente hídrico. De fato, observa-se na Figura 5 que os coeficientes de variação (CV) decendiais tendem a se tornar mais homogêneos quando utiliza-se uma série maior (2004 a 2018), em relação à serie utilizada (Figura 1).



**Figura 4.** Diferença acumulada (%) entre ETo\_hist e EToPM, no período de abril a outubro de 2012 a 2018. Jales, SP.



**Figura 5.** Coeficientes de variação (CV) decenciais para valores da evapotranspiração de referência no período de 2004 a 2018. Jales, SP.

Os índices de desempenho (c) dos dados médios decenciais da ETo\_hist, em relação à ETo\_real, foram classificados como muito bons, tanto para o período anual (0,77), como o período seco (0,80), que ocorre de abril a outubro. Os resultados apresentados permitem considerar que, nas condições climáticas do noroeste paulista, o uso de dados médios históricos de ETo apresenta desempenho satisfatório na estimativa da evapotranspiração de referência e, portanto, no manejo da irrigação. Isso permite uma programação antecipada da

irrigação das culturas, facilitando o manejo da água pelos produtores rurais (Bonachela et al., 2006), que dependeriam apenas dos dados reais de precipitação pluvial para a determinação do volume ou do intervalo de aplicação.

Por outro lado, deve-se considerar que o uso de valores médios de ETo pode levar a aplicações deficitárias em anos mais secos, ou excessivas em anos mais úmidos (Orfanou et al., 2019). Por isso, recomenda-se o monitoramento periódico das condições hídricas do solo a fim de corrigir possíveis desvios dos valores médios estimados em relação às condições reais em cada ano específico.

## CONCLUSÕES

O uso de valores médios históricos da evapotranspiração de referência apresentou desempenho satisfatório, quando comparados aos valores calculados pelo método padrão de Penman-Monteith, nas condições do noroeste paulista.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BONACHELA, S.; GONZÁLEZ, A.M.; FERNÁNDEZ, M.D. Irrigation scheduling of plastic greenhouse vegetable crops based on historical weather data. **Irrigation Science**, v.25, p.53-62, 2006.

CONCEIÇÃO, M.A.F.; TONIETTO, J. **Clima vitícola da região de Jales (SP)**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012. 32p. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 81).

DAVIS, S.L.; DUKES, M.D. Importance of ET controller program settings on water conservation potential. **Applied Engineering in Agriculture**, v.32, n.2, p.251-262, 2016.

ENCISO, J.; WIEDENFELD, B. Irrigation guidelines based on historical weather data in the Lower Rio Grande Valley of Texas. **Agricultural Water Management**, v.76, p.1-7, 2005.



HANSON, B.R.; KAITA, K. Historical reference crop ET reliable for irrigation scheduling during summer. **California Agriculture**, v.53, n.4, p.32-36, 1999.

MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S. de; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. de. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F. de; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, p.158-232.

ORFANOU, A.; PAVLOU, D.; PORTER, W.M. Maize yield and irrigation applied in conservation and conventional tillage at various plant densities. **Water**, v.11, n.1726, p.1-23, 2019.

PEREIRA, L.S.; ALLEN, R.G.; SMITH, M.; RAES, D. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. **Agricultural Water Management**, v.147, p.4-20. 2015.

REID, K.; OKI, L.R. Irrigation and Climate Zone Trials of Perennial Plants for Sustainable Landscapes. **Acta Horticulturae**, v.980, p.95-102, 2013.

VANI, S.M. **Estatística aplicada: básico**. Legnar Informática & Editora, 1999. 263p.