

AJUSTE DO MODELO DE HARGREAVES PARA DUAS REGIÕES VITÍCOLAS DO SUL DO BRASIL

M. A. F. Conceição¹

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo ajustar os coeficientes do modelo de Hargreaves, para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), em duas regiões vitícolas do sul do Brasil. Foram utilizados registros meteorológicos diários coletados em Bento Gonçalves, RS e em Maringá, PR. O modelo de Hargreaves foi ajustado, para as duas localidades, buscando-se maximizar o índice de desempenho (c) em relação ao modelo padrão de Penman-Monteith-FAO. Os ajustes nos coeficientes do modelo de Hargreaves permitiram um incremento no seu desempenho, em relação ao de Penman-Monteith-FAO, nas duas localidades avaliadas.

PALAVRAS CHAVE: evapotranspiração de referência, Penman-Monteith, irrigação

ADJUSTING HARGREAVES MODEL FOR TWO GRAPE REGIONS OF SOUTHERN BRAZIL

SUMMARY: The present study aimed to adjust the coefficients of the Hargreaves reference evapotranspiration model in two grape regions of southern Brazil. Daily meteorological records were collected in Bento Gonçalves, RS and Maringa, PR. The Hargreaves model was adjusted for the two localities, seeking to maximize the performance index (c) in relation to standard Penman-Monteith FAO ET_o model. The adjustments in the coefficients of the Hargreaves model allowed an increase in its performance compared to the Penman-Monteith-FAO, at the two locations.

KEYWORDS: reference evapotranspiration, Penman-Monteith, irrigation

INTRODUÇÃO

¹ Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho/EVT., Jales, SP. E-mail: marcoafc@cnpuv.embrapa.br

Tem-se observado uma expansão da irrigação em videiras na região sul do Brasil, devido ao uso de coberturas plásticas e à ocorrência de períodos de déficit hídrico durante o desenvolvimento dos frutos. Para um manejo correto da irrigação, faz-se necessária, no entanto, a estimativa diária da demanda hídrica da cultura. Essa estimativa tem por base, normalmente, os valores da evapotranspiração de referência (ET_o), obtidos a partir de dados meteorológicos.

O método padrão de cálculo de ET_o (Penman-Monteith) requer informações da temperatura do ar, da velocidade do vento, da radiação solar e da umidade relativa do ar (ALLEN et al., 1998), variáveis que nem sempre estão disponíveis para os produtores de uvas locais. No entanto, na ausência dessas variáveis, pode-se empregar métodos de estimativa de ET_o que utilizam apenas valores diários da temperatura máxima e mínima do ar, como o de Hargreaves, que é um dos mais utilizados quando só se dispõe dessas variáveis (ALLEN et al., 1998; ORANG et al., 2013). O desempenho desse modelo, em relação ao método padrão, pode, entretanto, ser incrementado com ajustes de seus coeficientes conforme as condições climáticas regionais (LEE, 2010; ALMOROX et al., 2012; BORGES JÚNIOR et al., 2012; FERNANDES et al., 2012; KELSO-BUCIO et al., 2012; CONCEIÇÃO, 2013).

O presente trabalho teve, assim, por objetivo ajustar os coeficientes do modelo de Hargreaves em duas regiões vitícolas do sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados registros meteorológicos diários coletados na estação da Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves, RS (29°09'S, 51°31'W e 640 m), referentes aos anos de 1985 a 2003; e na estação meteorológica da Universidade Estadual de Maringá, em Maringá, PR (23°25'S, 51°57'W e 404 m), de 1988 a 2003. De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Bento Gonçalves é classificado como temperado quente do tipo Cfb, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C, enquanto que o de Maringá é classificado como temperado quente do tipo Cfa, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (VIANELLO; ALVES, 2012).

A evapotranspiração de referência diária considerada padrão foi calculada de acordo com Allen et al. (1998), utilizando-se o método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (ET_oPM). Para a estimativa de ET_o pelo método de Hargreaves (ET_oH), foi empregada a seguinte equação:

$$EToH = K1 \cdot Ra \cdot (Tx - Tn)^{K2} \cdot (T_{xn} + K3) \quad (1)$$

em que EToH é a evapotranspiração de referência estimada pelo modelo de Hargreaves (mm dia⁻¹); K1, K2 e K3 são coeficientes empíricos, que no método original são iguais a 0,0023, 0,500 e 17,8, respectivamente; Ra é a radiação solar no topo da atmosfera (mm dia⁻¹), calculada com base na latitude do local, de acordo a metodologia apresentada por Allen et al. (1998); Tx e Tn são as temperaturas máxima e mínima do ar (°C), respectivamente; Tm é a temperatura média do ar calculada com base na média de Tx e Tn, tendo-se em vista a utilização de termômetros de máxima e mínima para a estimativa de EToH.

Os ajustes dos coeficientes K1, K2 e K3 (Eq. 1) foram realizados com base nos dados diários de EToH e EToPM referentes aos anos de 1985 a 1994 (n = 3652), para Bento Gonçalves; e aos anos de 1988 a 1994 (n = 2557) para Maringá, empregando-se a ferramenta Solver, do programa Microsoft Excel[®] (Borges Júnior et al., 2012). Nesse procedimento, buscou-se maximizar o valor do índice de desempenho (c), em função da variação dos três coeficientes, sendo que o índice de desempenho, proposto por Camargo & Sentelhas (1997), corresponde à multiplicação do coeficiente de correlação (r) pelo índice de exatidão (d), que pode ser escrito da seguinte forma:

$$d = 1 - \left\{ \frac{\sum (Xi - Yi)^2}{\sum (|Xi - Ym| + |Yi - Ym|)^2} \right\} \quad (2)$$

em que, d é o índice de exatidão (adimensional); Xi são valores de EToH (mm dia⁻¹); Yi são os valores de EToPM (mm dia⁻¹); Ym é a média dos valores de EToPM (mm dia⁻¹).

As avaliações do desempenho dos valores originais e ajustados de EToH, em relação aos valores de EToPM, foram obtidas considerando-se os dados diários relativos aos anos de 1995 a 2003 (n = 3277), para Bento Gonçalves; e aos anos de 1998 a 2003 (n = 2132), para Maringá. O desempenho foi classificado com base nos valores propostos por Camargo & Sentelhas (1997) 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 coeficientes que melhor ajustaram os valores de EToH, em relação a EToPM, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores ajustados dos coeficientes K1, K2 e K3 para dados diários da evapotranspiração de referência (ETo) estimados pelo método de Hargreaves (EToH) original e ajustado, em relação ao método padrão de Penman-Monteith.

Local	K1	K2	K3	Índice de Desempenho (c)
Bento Gonçalves (original)	0,0023	0,50	17,8	0,79
Bento Gonçalves (ajustado)	0,0011	0,80	17,8	0,83
Maringá (original)	0,0023	0,50	17,8	0,82
Maringá (ajustado)	0,0023	0,66	2,7	0,85

Observa-se que o uso dos coeficientes originais nas duas localidades proporcionou desempenhos classificados como muito bons (entre 0,76 e 0,85). No entanto, o desempenho apresentou um incremento quando os coeficientes K1, K2 e K3 foram ajustados, muito embora a classificação tenha permanecido a mesma. Os coeficiente K3 e K1 mantiveram-se os mesmos após os ajustes, em Bento Gonçalves e em Maringá, respectivamente.

Observa-se que em Bento Gonçalves o ajuste dos coeficientes permitiu um incremento no coeficiente de determinação (R^2) e no coeficiente angular, mostrando uma menor dispersão e uma maior exatidão em relação ao modelo original (Figura 1). Já em Maringá, o ajuste não afetou a dispersão dos dados, pois o valor de R^2 se manteve o mesmo, mas o coeficiente angular apresentou um incremento expressivo, se aproximando da reta 1:1 (Figura 2).

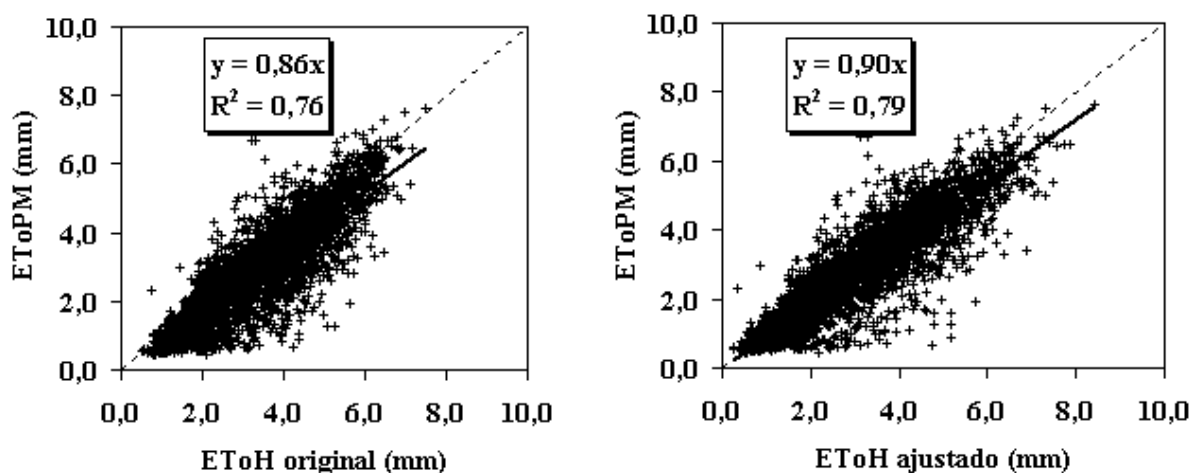


Figura 1 – Relação entre valores da evapotranspiração de referência estimada pelo método de Hargreaves (EToH) original e ajustado, em relação ao método padrão de Penman-Monteith (EToPM), para Bento Gonçalves, RS.

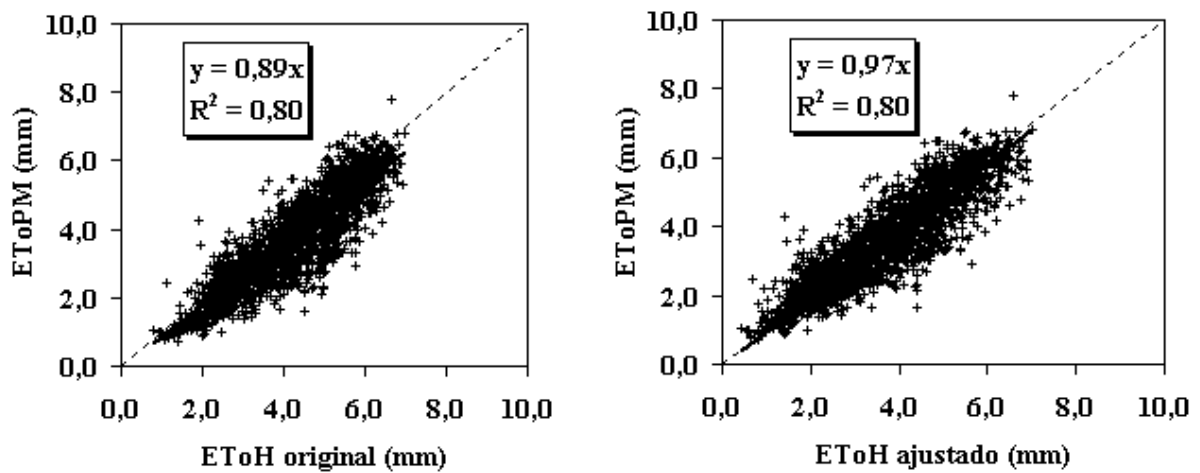


Figura 2 – Relação entre valores da evapotranspiração de referência estimada pelo método de Hargreaves (EToH) original e ajustado, em relação ao método padrão de Penman-Monteith (EToPM), para Maringá, PR.

CONCLUSÕES

Os ajustes nos coeficientes do modelo de Hargreaves permitiram um incremento no seu desempenho, em relação ao de Penman-Monteith-FAO, nas duas localidades avaliadas.

AGRADECIMENTOS

Ao ex-funcionário da Embrapa Uva e Vinho, Dalton Zat, e ao Professor Roberto Rezende, do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, pela disponibilização dos dados meteorológicos de Bento Gonçalves e Maringá, respectivamente.

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).

ALMOROX, J.; AGUIRRE, M.E.; ELISEI, V.; COMMEGNA, M. Calibración del modelo de Hargreaves para la estimación de la evapotranspiración de referencia en Coronel Dorrego, Argentina. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo**, v.44, n.1, p.101-109, 2012.

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**, v.16, n.4, p.380–390, 2012.

CAMARGO, A.P. de ; 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.

CONCEIÇÃO, M.A.F. Ajuste do modelo de Hargreaves para estimativa da evapotranspiração de referência no noroeste paulista. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.5, p.306-316, 2013.

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

KELSO-BUCIO, H.A.; BÂ, K.M.; SÁNCHEZ-MORALES, S.; REYES-LÓPEZ, D. Calibración del exponente de la ecuación Hargreaves-ET_o en los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla y Veracruz, México. **Agrociencia**, v.46, p.221-229, 2012.

LEE, K.H. Relative comparison of the local recalibration of the temperature-based evapotranspiration equation for the Korea Peninsula. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.136, n.9, p.585-594, 2010.

ORANG, M.N.; SNYDER, R.L.; GENG, S.; HART, Q.J.; SARRESHTEH, S.; FALK, M.; BEAUDETTE, D.; HAYES, S.; ECHING, S. California simulation of evapotranspiration of applied water and agricultural energy use in California. **Journal of Integrative Agriculture**, v.12, n.8, p.1371-1388, 2013.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2012. 460p.