

# ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE COM BASE NA AMPLITUDE TÉRMICA DIÁRIA

Marco Antônio Fonseca Conceição<sup>1</sup>, Fábio Ricardo Marin<sup>2</sup>

**ABSTRACT** - The incident solar radiation values (Rs) are employed in different methods to estimate the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and it is also used in many other agrometeorological studies. In places where there are no recorded data it needs to estimate Rs from the available meteorological values. The present work had the objective to evaluate the performance of a method based on daily temperature difference to estimate Rs in two locations of São Paulo State, Brazil. It was employed the Hargreaves-Samani equation to estimate daily Rs values. The measured Rs and air temperature data were obtained in Jales (20°16'S, 50°33'W e 483 m) and Piracicaba (22°43'S, 47°25'W e 580 m). The results showed that the Hargreaves & Samani method presented a good performance to estimate the Rs values.

## INTRODUÇÃO

Os valores da radiação solar incidente (Rs) são utilizados em diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), bem como em diversos outros estudos agrometeorológicos. Poucos locais, entretanto, apresentam registros de dados históricos de Rs, sendo comum a existência de apenas informações dos valores da precipitação pluvial e da temperatura do ar (máxima e mínima). Hargreaves & Samani (Samani, 2000) desenvolveram um método para a estimativa da radiação solar incidente baseado nos valores da radiação solar incidente no topo da atmosfera (Ra) e na amplitude térmica do período (AT). Esse método é indicado pela FAO para a estimativa de Rs quando não se dispõe de valores medidos dessa variável (Allen et al., 1998). O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do método de Hargreaves & Samani na estimativa da radiação solar incidente em duas localidades do Estado de São Paulo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os valores diários da radiação solar incidente (Rs) e das temperaturas máxima e mínima do ar foram obtidos de 01/01/04 a 27/12/04 na Estação Experimental de Viticultura Tropical da Embrapa Uva e Vinho, localizada no município Jales, SP (20°16'S, 50°33'W e 483 m); e de 01/01/04 a 31/12/04 na ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba, SP (22°43'S, 47°25'W e 580 m).

Para estimativa de Rs foi utilizado o método desenvolvido por Hargreaves & Samani e apresentado por Allen et al. (1998) na seguinte forma:

$$Rs = k_{Rs} (T_{max} - T_{min})^{0.5} Ra \quad (1)$$

em que Rs é a radiação solar incidente (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); k<sub>Rs</sub> é um coeficiente empírico igual a 0,16 para regiões continentais (°C<sup>-0.5</sup>); T<sub>max</sub> e T<sub>min</sub> são, respectivamente, os valores da temperatura máxima e mínima do ar (°C); e Ra é a radiação solar incidente no

topo da atmosfera (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>). Os valores diários de Ra foram calculados de acordo com metodologia apresentada por Allen et al. (1998) baseada na latitude do local e no dia juliano. As avaliações foram realizadas considerando-se períodos diários (n=362 em Jales e n=366 em Piracicaba).

Os valores de Rs estimados foram comparados aos medidos utilizando-se o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e o coeficiente de confiança (c) proposto por Camargo & Sentelhas (1997), que corresponde à multiplicação do coeficiente de correlação (r) pelo coeficiente de exatidão (d) proposto por Willmott et al. (1985) e descrito por Camargo & Sentelhas (1997). 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

A Tabela 1 apresenta os valores máximos, mínimos, médios e os coeficientes de variação (CV) dos dados meteorológicos obtidos nos municípios de Jales e Piracicaba. Observa-se que os valores de T<sub>max</sub>, T<sub>min</sub>, AT e Rs encontrados em Jales foram superiores aos registrados em Piracicaba, sendo que esses últimos apresentaram valores de CV superiores aos de Jales.

**TABELA 1** - Valores médios, máximos, mínimos e coeficientes de variação (CV) da temperatura máxima (T<sub>max</sub>) e mínima (T<sub>min</sub>), da amplitude térmica (AT) e da radiação solar incidente (Rs) em Jales (J) e Piracicaba (P) no ano de 2004.

Média	Tmax (°C)		Tmin (°C)		AT (°C)		Rs (MJ m <sup>-2</sup> )	
	J	P	J	P	J	P	J	P
<b>Média</b>	31,0	27,4	18,4	15,2	12,6	12,2	18,8	16,1
<b>Máximo</b>	39,9	36,5	23,5	21,1	21,9	22,6	30,4	29,6
<b>Mínimo</b>	18,1	15,3	6,1	4,4	2,9	1,4	2,7	1,4
<b>CV (%)</b>	12,3	14,6	18,2	25,9	27,7	32,1	29,4	36,7

Em Jales e Piracicaba, os valores estimados de Rs apresentaram, em relação aos medidos, coeficientes de exatidão (d) iguais a 0,88 e 0,86, e de correlação (r) iguais a 0,82 e 0,84, respectivamente (Tabela 2). Esses valores de "r" e dos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) iguais a 0,66 e 0,69 para Jales e Piracicaba, respectivamente (Figuras 1 e 2) refletiram a dispersão ocorrida, principalmente em períodos chuvosos, quando os valores de Rs medidos foram menores dos que os calculados.

Os coeficientes de confiança foram semelhantes para as duas localidades, sendo iguais a

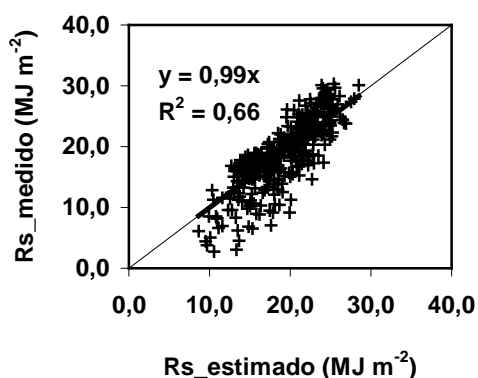
<sup>1</sup> Embrapa Uva e Vinho – Estação Experimental de Viticultura Tropical – CP 241 – CEP 15700-000 – Jales – SP – Brasil – E-mail: marcoaafc@cnpuv.embrapa.br

<sup>2</sup> Embrapa Informática Agropecuária – Campinas – SP – Brasil – E-mail: fmarin@cnpia.embrapa.br

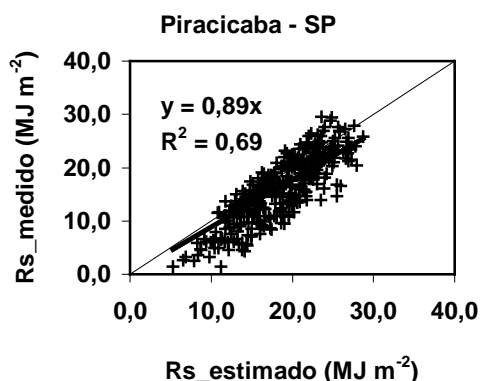
0,71 em Jales e 0,72 em Piracicaba (Tabela 2). Com base nesses valores de "c" e no critério estabelecido por Camargo & Sentelhas (1997), o desempenho do método de Hargreaves-Samani foi classificado como bom nas duas localidades.

**TABELA 2** - Valores dos coeficientes de exatidão (d), de correlação (r) e de confiança (c) para a estimativa da radiação solar incidente (Rs) em Jales e Piracicaba, em 2004.

LOCAL	d	r	c
Jales	0,88	0,82	0,71
Piracicaba	0,86	0,84	0,72



**FIGURA 1** – Regressão linear entre os valores diários da radiação solar incidente calculada usando o método de Hargreaves & Samani (Rs\_estimada) e a radiação medida (Rs\_medida). Jales, SP, 2004.



**FIGURA 2** – Regressão linear entre os valores diários da radiação solar incidente calculada usando o método de Hargreaves & Samani (Rs\_estimada) e a radiação medida (Rs\_medida). Piracicaba, SP, 2004.

Forçando-se as retas de regressão a passarem pela origem, obteve-se, nas condições de Jales, um coeficiente angular ( $\alpha$ ) igual a 0,99 (Figura 1), permitindo afirmar-se que o valor do coeficiente empírico  $k_{RS}$ , usado na equação 1, ajustou-se corretamente às condições locais. Por outro lado, o

valor de " $\alpha$ " em Piracicaba foi igual a 0,89 (Figura 2), demonstrando que o coeficiente  $k_{RS}$  pode ser melhor ajustado à região.

Com base nos resultados apresentados, a utilização do método de Hargreaves & Samani para se estimar a radiação solar incidente diária nas duas regiões estudadas do Estado de São Paulo é viável, quando não houver disponibilidade de valores medidos de Rs. É provável, contudo, que a estimativa de Rs possa apresentar um melhor desempenho empregando-se metodologias que utilizem, além de dados de temperatura, valores da precipitação pluvial, como as que foram utilizadas por Podestá et al. (2004) e Weiss & Hays (2004).

## 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).
- 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, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- Podestá, G.P.; Núñez, L.; Villanueva, C.A.; Skansi, M.A. Estimating daily solar radiation in the Argentine Pampas. Agricultural and Forest Meteorology, v.123, p.41-53, 2004.
- Samani, Z. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Reston, v.126, n.4, p.265-267, 2000.
- Weiss, A.; Hays, C.J. Simulation of daily solar irradiance. Agricultural and Forest Meteorology, v.123, p.187-199, 2004.