

ESTIMATIVA DAS RADIAÇÕES SOLARES UV, PAR E IV EM FUNÇÃO DA GLOBAL.

Felipe Luís Petrini, João Francisco Escobedo, Eduardo Nardini Gomes. – Inter-áreas – Agronomia – Departamento de Recursos Naturais – Faculdade de Ciências Agronômicas – Campus de Botucatu.

1- INTRODUÇÃO

O Brasil, país com grande potencial agrícola e florestal, atualmente encontra-se em pleno desenvolvimento tecnológico na área das fontes renováveis de energia como: conversão de energia solar térmica e fotovoltaica, biomassa e biodiesel, entre outras, e, no entanto, ainda não possui uma rede solarimétrica que permite gerar informações sobre radiações solares em toda extensão continental. O monitoramento de radiações solares é restrito basicamente nas Universidades, (Sousa et al., 2005; Tiba et al., 2005; Oliveira et al., 2002), que medem uma ou no máximo duas dessas radiações de rotina em locais distantes, o que inviabiliza o estudo variacional das radiações G, UV PAR e IV, até mesmo para uma única região.

Com esse propósito, a Estação de Radiometria Solar de Botucatu / SP / Brasil, monitora simultaneamente as radiações: global, ultravioleta, fotossintética e a infravermelha de ondas curta, desde o ano 2000. Assim, objetivou-se neste trabalho, o desenvolvimento e a validação de equações de estimativa horária e diária, para as radiações UV, PAR e IV em função da radiação G, para condições de cobertura de céu em um único intervalo de variação de K_T ($0 < K_T < 1$).

2. METODOLOGIA

A Estação de Radiometria Solar está inserida em ambiente rural na Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP de Botucatu (latitude 22,85°S, longitude 48,45°O e altitude 786m). O clima local é classificado como Cwa (critérios de KÖPPEN), temperado quente (mesotérmico), o verão é quente e úmido e o inverno é seco.

A irradiância global (I_G) é monitorada por um piranômetro Eppley PSP, a irradiância ultravioleta (I_{UV}) por um radiômetro CUV-3 da Kipp-Zonen e a irradiância infravermelha (I_{IV}) por um piranômetro Eppley PSP com cúpula seletiva de transmissão na faixa espectral de 0,7 a 3,0 μ m. Por sugestão do fabricante, o fator de calibração do piranômetro IV é multiplicado por um fator de 0,92 para corrigir o efeito da transmissão da cúpula no elemento sensível do sensor. A irradiância PAR (I_{PAR}) utilizada neste trabalho é gerada pelo método indireto, ou seja, pela diferença entre a irradiância I_G e a soma das irradiâncias I_{UV} e I_{IV} medidas na mesma frequência, por meio da equação: $I_{PAR} = I_G - (I_{UV} + I_{IV})$. Na aquisição dos dados é utilizado um Datalogger da Campbell CR23X operando na frequência de 1 Hz e armazenando médias de 300 leituras ou 5 minutos. As radiações UV, PAR e IV e global integradas na hora ou no dia, são representadas pelo símbolo H_x^y , onde H indica integração da radiação x , no intervalo de tempo y (hora, dia). As radiações H_{UV} , H_{PAR} , H_{IV} e H_G foram correlacionadas por meio de regressão linear simples passando pela origem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

A figura (1) mostra as correlações das radiações horárias UV, PAR e IV função radiação horária G. A dispersão das correlações é maior na sequência para as radiações UV, IV e PAR, conseqüentemente, o melhor ajuste é na ordem inversa: PAR, IV e UV, com coeficientes de determinação $R^2_{par}=0,9980$; $R^2_{iv}=0,9974$ e $R^2_{uv}=0,9825$, respectivamente. Os coeficientes de determinação próximos de 1 mostram ótima correlação entre as radiações UV, PAR e IV, com a G.

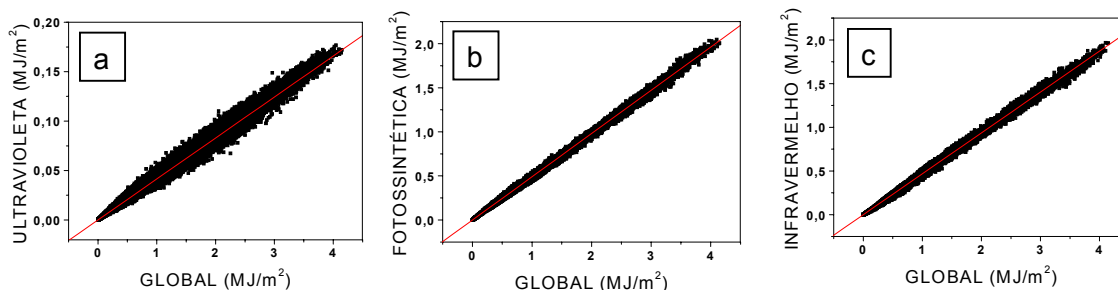


Figura 1. Correlações horárias das radiações: a) UV, b) PAR e c) IV em função de global.

As equações de estimativa linear e seus coeficientes de correlação estão na tabela (1). Os coeficientes angulares : $H_{UV}^h / H_G^h = 0,042$; $H_{PAR}^h / H_G^h = 0,490$ e $H_{IV}^h / H_G^h = 0,468$, quantificam as frações horárias das radiações solares UV, PAR e em relação a radiação global. Percentualmente, as frações UV em 4,2%, da PAR em 49,0% e IV em 46,8%.

Tabela 1: Equações horárias para as radiações UV, PAR e IV, em função da Global e coeficientes de determinação.

Intervalo	Equações de Estimativa	R^2
$0 \leq K_t^h \leq 1,0$	$H_{UV}^h = 0,04146 H_G^h$	0,9794
	$H_{IV}^h = 0,49057 H_G^h$	0,9968
	$H_{PAR}^h = 0,46797 H_G^h$	0,9978

A figura (2) mostra as correlações entre as radiações diárias UV, PAR e IV, com a radiação global. As equações de estimativa linear passando pela origem e os coeficientes de determinação R^2 estão apresentados na tabela (2). A dispersão das correlações, também foi maior na sequência: UV, IV e PAR, e conseqüentemente, o ajuste foi na sequência inversa, melhor para PAR, IV e UV respectivamente. Os coeficientes de determinação $R_{par}^2=0,9976$; $R_{iv}^2=0,9967$ e $R_{uv}^2=0,9795$ elevados e próximos de 1 mostram que as radiações UV e PAR, estão muito melhores relacionadas com G que a radiação IV.

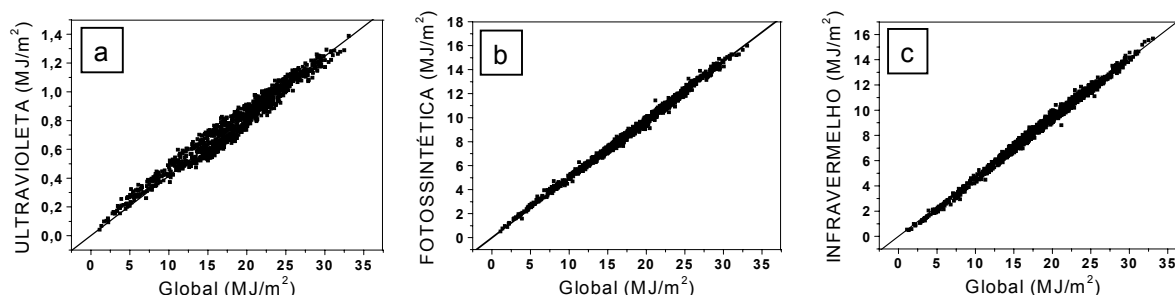


Figura 2. Correlações diárias das radiações: a) UV, b) PAR e c) IV em função da radiação Global.

Os coeficientes angulares das equações de estimativa diária $H_{UV}^d / H_G^d = 0,042$; $H_{PAR}^d / H_G^d = 0,490$; $H_{IV}^d / H_G^d = 0,468$ são iguais aos das equações de estimativa horária e representam as frações médias

diária percentuais das radiações UV= 4,2%, PAR= 49,0% e IV= 46,8%. Mais precisamente, a fração UV variou no intervalo de 3,25% a 6,25%, a PAR de 44,0% a 59,0% e a IV de 33,0% a 55,0%.

Tabela 2: Equações diárias para as radiações UV, PAR e IV, em função de G e coeficientes de determinação.

Intervalo	Equações de Estimativa	R ²
$0 \leq K_T^d \leq 1,0$	$H_{UV}^d = 0,04155H_G^d$	0,9204
	$H_{PAR}^d = 0,48935H_G^d$	0,9904
	$H_{IV}^d = 0,46928H_G^d$	0,9870

Os indicativos estatísticos *MBE*, *RMSE* e coeficiente “d” de ajustamento obtidos na validação das equações horária e diária, estão apresentadas na tabela (3). O resultado foi considerado bom estatisticamente, pois mostra que as equações de estimativas sub/superestima na mesma ordem de grandeza do erro experimental da medida.

Tabela 3: Indicativos estatísticos MBE(%), RMSE(%) e d da validação das equações de estimativa das radiações horárias e diárias UV, PAR e IV, em função de G.

Intervalo	Radiação	MBE(%)	RMSE(%)	d
$0 \leq K_T^h \leq 1,0$	UV	-1,67	9,94	0,9933
	PAR	-0,70	4,46	0,9987
	IV	0,90	5,27	0,9983
$0 \leq K_T^d \leq 1,0$	UV	-0,66	8,39	0,9879
	PAR	-0,57	2,96	0,9986
	IV	0,69	3,73	0,9978

O indicativo estatístico *RMSE* nas validações das equações de estimativas horária e diária, variou até um máximo de 10,0%. Entre as partições, a diária foi mais eficiente. Os coeficientes “d” de Willmott superior a 0,9879 são elevados e mostram bom nível de ajustamento da estimativa em relação à medida, nas duas partições horária e diária. O resultado para a estimativa horária com os coeficientes “d” de ajustes superiores aos da diária. Entre as radiações, o melhor desempenho foi na sequência para PAR, UV e IV, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

As correlações horária e diária das radiações UV, PAR e IV e a radiação G, geraram equações de estimativa lineares simples, com coeficientes de determinação elevados próximo de 1. Os coeficientes angulares das equações de estimativa horária e diária foram iguais e quantificam as frações percentuais das radiações UV, PAR e IV da radiação global como: 4,2%, 49,0% e 46,8%, respectivamente. A validação, por meio dos indicativos estatísticos *MBE*, *RMSE* e “d”, mostrou que o desempenho das equações de estimativa é muito bom estatisticamente, tanto na precisão, quanto na exatidão (elevado índice de ajustamento “d”).

5. REFERENCIAS

- CAVALCANTI, E.S.C. Analysis of experimental solar radiation for Rio de Janeiro, Brazil. *Solar Energy*, v.47, p.231-235, 1991.
- OLIVEIRA, A.P., ESCOBEDO, J.F., MACHADO, A.J., SOARES, J. Correlation models of diffuse-solar radiation applied to the city of São Paulo, Brazil. *Applied Energy*, v.71, p.59-73, 2002.
- SOUZA, J.L., NICÁCIO, R.M., MOURA, M.A.L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. *Renewable Energy*, v.30, p.1203-1220, 2005.
- TIBA, C. AGUIAR, R., FRAIDENRAICH, N. Analysis of a new relationship between monthly global irradiation and sunshine hours from a database of Brazil. *Renewable Energy*, v.30, p.957-966, 2005.

Agradecimentos: Os autores agradecem a FAPESP e CNPq pelo apoio financeiro.