

## 1. INTRODUÇÃO

A energia radiante do sol quando atravessa a atmosfera é submetida a transformações complicadas. Do limite superior da atmosfera até chegar à superfície da Terra, a energia radiante é absorvida e espalhada. Devido ao espalhamento desta energia observa-se, ao nível do solo, não somente radiação solar direta, na forma de um feixe de raios solares paralelos, mas também a radiação difusa provinda de cada ponto do céu.

A contribuição da radiação difusa é muito grande principalmente nos meses de inverno e quando o ângulo de elevação é pequeno. Os efeitos biológicos da radiação difusa são muito significativos, devido a penetração mais efetiva na comunidade vegetal (Rosemberg et al, 1983).

A medida da radiação difusa apresenta algumas dificuldades relacionadas com a aquisição do instrumento, assim como, a correta medição requer permanente sombreamento do sensor e acompanhamento periódico para evitar a incidência dos raios solares diretos.

O anel de sombreamento, usado para interceptar os raios solares diretos, tende a bloquear uma pequena parcela da radiação difusa. Devido a isto, é necessário corrigi-la usando-se um fator de correção, só que esse fator tende a elevar o valor da radiação difusa, dependendo da condição de nebulosidade local.

Nem sempre os locais de observações meteorológicas possuem radiômetros para medida da radiação difusa devido ao alto custo, além dos cuidados exigidos com manutenção e precisão das medidas. Por esse motivo vários pesquisadores tem desenvolvido modelos, baseados em regressão linear simples, direcionados para a obtenção da radiação difusa a partir da radiação solar global (Spitters et al, 1986; Aragón et al, 1996; Roderick, 1999). Não é uma tarefa muito simples devido a complexidade dos modelos apresentados e a disponibilidade de dados sobre radiação global.

A seguir tem-se o modelo proposto por De Jong, citado por Spitters et al, que estima a componente difusa das medidas da radiação solar global, que é o objetivo desse trabalho.

## 2. MATERIALE MÉTODOS

As medidas foram feitas no campo ao lado do Departamento de Física e Biofísica/IB da UNESP de Botucatu - campus Rubião Junior, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 22° 54' Sul e Longitude 48° 27' Oeste, durante o período de sete de dezembro de 1995 a vinte de dezembro de 1996.

As radiações global e difusa foram monitoradas por piranômetros Eppley, sendo usado para esta última um anel de sombreamento constituído por arco de alumínio, com 40 cm de diâmetro e 10 cm de largura, acoplado a uma plataforma metálica, inclinada em relação ao plano horizontal de um ângulo equivalente à latitude local (22° 54' Sul), alinhado longitudinalmente na direção Norte-Sul. As constantes de calibração dos piranômetros são 8,13  $\mu\text{Vm}^2.\text{W}^{-1}$  e 8,94  $\mu\text{Vm}^2.\text{W}^{-1}$ , para as radiações solares global e difusa, respectivamente.

## Descrição do modelo utilizado

O modelo de De Jong considera os seguintes intervalos do índice de limpidez ( $R_g/R_{\text{extrat}}$ ) para a estimativa da componente difusa:

$$R_d/R_g = 1 \quad \text{se } R_g/R_{\text{extrat}} < 0,07$$

$$R_d/R_g = 1 - 2,3(R_g/R_{\text{extrat}} - 0,07)^2 \quad \text{se } 0,07 \leq R_g/R_{\text{extrat}} < 0,35$$

$$R_d/R_g = 1,33 - 1,46(R_g/R_{\text{extrat}}) \quad \text{se } 0,35 \leq R_g/R_{\text{extrat}} < 0,75$$

$$R_d/R_g = 0,23 \quad \text{se } 0,75 \leq R_g/R_{\text{extrat}}$$

onde:  $R_d$  é a radiação difusa diária estimada ( $\text{W.m}^{-2}$ );  $R_g$  radiação solar global ( $\text{W.m}^{-2}$ );  $R_{\text{extrat}}$  radiação extraterrestre ( $\text{W.m}^{-2}$ ).

## 3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os pontos plotados na Figura 1 são obtidos da correlação entre o índice de limpidez ( $R_g/R_{\text{extrat}}$ ) e  $R_d/R_g$ , resultantes da aplicação do modelo de De Jong. A radiação difusa não apresentou variações consideráveis ao longo do ano, o valor máximo observado esteve em torno de 14  $\text{W.m}^{-2}$ , enquanto que a radiação solar global, por sofrer atenuação devido a presença da nebulosidade e outros materiais em suspensão na atmosfera, mostrou valores variando entre 5 e 30  $\text{W.m}^{-2}$ , aproximadamente. Esses dois índices variam inversamente, ou seja, quando a nebulosidade é alta, o índice  $R_g/R_{\text{extrat}}$  é baixo, ao passo que a relação  $R_d/R_g$  é alta, por isso tem-se uma correlação negativa. A equação obtida foi:

$$Y = 1,0448 - 0,58436X - 1,06797X^2$$

Com  $R = 0,94$ ;  $R^2 = 0,89$  e desvio padrão 0,84.

Como o modelo não inclui a quantidade e tipo de nebulosidade, apenas o índice de limpidez dá uma idéia percentual da cobertura por nuvens, em alguns dias ocorre uma superestimativa da radiação difusa. Observou-se que quando a radiação solar global foi baixa, menor do que 18

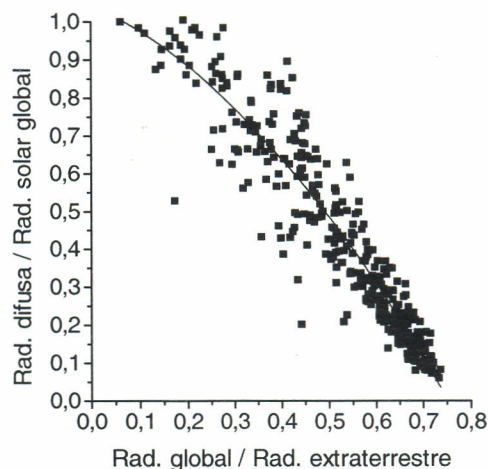
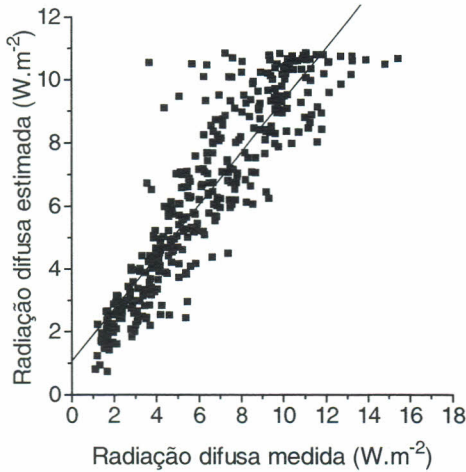


Figura 1. Correlação entre as radiações solares difusa, global e extraterrestre

<sup>1</sup> Depto Meteorologia/Fac. Met./UFPEL - Pelotas/RS. e-mail: assis@ufpel.tche.br



$W.m^{-2}$ , a radiação difusa estimada pelo modelo de De Jong aproximou-se do valor medido (Figura 2). Isto é visível para os valores mais baixos, os valores mais altos tendem a distanciar-se. Na Figura 3 está presente a influência da radiação global, mas o comportamento não é muito diferente daquele observado na figura anterior, principalmente no início da curva. No final da curva ocorre uma dispersão maior dos valores.

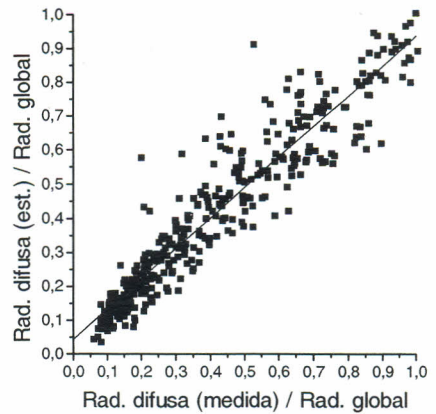


**Figura 2.** Correlação entre a radiação difusa medida e a estimada pelo modelo de De Jong ( $Y = 1,0619 + 0,62957 X$ ;  $R = 0,89$ )

#### 4. CONCLUSÕES

Como já referenciado anteriormente, vários modelos para estimativa da componente difusa são desenvolvidos mas, não levam em consideração o tipo que a quantidade de nebulosidade, a qual tem muita influência na difusão da radiação global.

A radiação difusa estimada, pelo modelo de De Jong, fica bem próxima daquela medida quando os valores observados são baixos. Quando a radiação global é alta, indicando céu claro, nota-se que a estimativa da componente difusa não corresponde ao valor medido porque o modelo usa como referência a relação entre difusa/



**Figura 3.** Correlação entre  $R_d/R_g$  (medida) e  $R_d/R_g$  (estimada)

global e global/extraterrestre, ressaltando a influência da global. Para locais com céu nublado ou parcialmente nublado o modelo pode ser usado com boa aproximação; para locais ensolarados, que apresentam radiação global alta, deve ser feito algum ajuste.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÓN, D.F. et al. Relación entre la radiación solar difusa y la radiación solar global en una localidad colombiana. *Cenicafé*, v.47, n.3, p.159-166, 1996.
- CURI, P.R. *Metodologia e Análise da Pesquisa em Ciências Biológicas*. Botucatu: Gráfica e Editora Tipomic. 1997. 1.ed. 263p.
- RODERICK, M.L. Estimating the diffuse component from daily and monthly measurements of global radiation. *Agricultural and Forest Meteorology*, n.95, p. 169-185, 1999.
- ROSEMBERG, N.J., BLAD, B.L., VERMA, S.B. The radiation balance. In: *Microclimate: The Biological Environment*. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1983, p.493.
- SPITTERS, C.J.T., TOUSSAINT, H.A.J.M., GOUDRIAN, J. Separating the diffuse and direct component of global radiation and its implications for modelling canopy photosynthesis. Part I. Components of incoming radiation. *Agricultural and Forest Meteorology*, n.38, p.217-229, 1986.