

# Coeficiente de transmissão de radiação solar em Manaus em junho<sup>(\*)</sup>

N. A. Villa Nova <sup>(1)</sup>  
E. Salati <sup>(2)</sup>  
J. M. Santos <sup>(1)</sup>  
M. N. Góes Ribeiro <sup>(3)</sup>

## Resumo

Medidas de radiação global e difusa foram realizadas com um pireliômetro Eppley em dois dias característicos, um limpo e outro nublado em junho de 1975. Os valores médios para os coeficientes de transmissão para médias global e direta foram 0,81 e 0,70 respectivamente no dia 11/06/75. Os dados de radiação global diária indicam que os resultados obtidos com actinógrafos instalados na área subestimam o total de energia realmente disponível ao nível do solo.

## INTRODUÇÃO

O total de energia solar incidente em uma região é um dado básico tanto para estudos de projetos industriais como para estudos biológicos de ecossistemas. O seu conhecimento é fundamental para o cálculo do balanço de energia e do balanço de água e na determinação da eficiência fotossintética pelas plantas. Na região Amazônica a falta de dados de radiação solar medidos adequadamente tem levado à utilização de estimativas indiretas desse parâmetro através de métodos empíricos que não fornecem a precisão necessária para certos estudos (Villa Nova *et al.*, 1976; Costa Azevedo *et al.* 1974). A problemática é ainda maior quando considera-se que os atuais solarímetros existentes em Manaus e Belém não são calibrados de forma sistemática, devido a inexistência de padrões secundários.

A análise de dados obtidos através de actinógrafos em Manaus, demonstram que os mesmos subestimam os valores do total de energia. Chegou-se a esta conclusão comparando-se os coeficientes de transmissão obti-

dos em outras regiões com aqueles de Manaus.

O presente trabalho teve por finalidade iniciar uma série de medidas de radiação solar para estimativa do coeficiente de transmissão da atmosfera e, com base nesses resultados, iniciar um programa de recuperação dos dados já existentes.

## MATERIAL E MÉTODO

As medidas de radiação solar foram efetuadas com o pireliômetro de 10 funções, n.º 2879, de fabricação Eppley (constante = 2,34 mV/cal.cm<sup>-2</sup>.min<sup>-1</sup>) acoplado a um potenciômetro de precisão igual a 0,01 mV.

O coeficiente de transmissão foi estimado a partir da generalização da Lei da Bouguer-Lambert:

$$I = I_0 a^{\sec z} \quad (1)$$

Explicitando-se para  $a$ , obteve-se:

$$a_D = \text{antilog} \frac{\log \frac{I_D}{I_0}}{\sec z} \quad (2)$$

e também

$$a_g = \text{antilog} \frac{\log \frac{I_g}{I_0}}{\sec z} \quad (3)$$

(\*) — Trabalho realizado com o auxílio da CNEN e da FAPESP (Processo-Física 73/479) e coordenado pelo DPCT da CNEN.

(1) — Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Piracicaba, SP.

(2) — Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA).

(3) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

sendo :

$a$  = coeficiente de transmissão no instante considerado (massas óticas)<sup>-1</sup>. Os índices  $D$  e  $g$  referem-se a radiação direta e global.

$\sec z$  = número de "massas óticas" atravessadas pela radiação solar.

$I_D$  = radiação solar direta medida em superfície horizontal no instante considerado (cal/cm<sup>2</sup>. min).

$I_g$  = radiação solar global (direta + difusa) medida em superfície horizontal no instante considerado (cal/cm<sup>2</sup>. min).

$I_o$  = radiação solar extra — terrestre no instante considerado determinada pela equação :

$$I_o = \frac{J_o}{R_2} \cos z \quad (4)$$

sendo:

$$\cos z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos h \quad (5)$$

onde :

$J_o = 2 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$

$\phi = \text{latitude do observatório} = -3^{\circ}08'$

$\delta = \text{declinação solar do período}$

$h = \text{ângulo horário (função da hora do dia)}$

$R = \text{raio vetor da terra no período}$

#### RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

As medidas foram feitas nos dias 11/06 e 17/06 de 1975. O dia 11/06 apresentou-se limpo após a invasão de uma massa fria vinda do Sul, que provocou uma "friagem". As características dos dias de medida foram as seguintes :

Dia	T max.	T mín.	T média	U.R.	% insolação
11/06	31,8°C	21,0°C	26,4°C	94	9,7 horas
17/06	28,6°C	20,5°C	26,7°C	96	1,0 hora

Nos quadros e gráficos 1 e 2 são demonstrados os resultados das medidas realizadas respectivamente nos dias 11/06/75 (limpo) e 17/06/75 (nublado).

QUADRO 1 — Valores de  $I_d$ ,  $I_g$ ,  $I_D$  e  $I_o$ , obtidos no dia 11/06/75 (limpo).

	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$I_d$	—	0,14	0,16	0,20	0,19	0,15	0,17	0,13	0,13	0,11	0,09
$I_g$	—	0,55	0,85	1,12	1,32	1,34	1,30	1,14	0,84	0,62	0,26
$I_D$	—	0,41	0,69	0,92	1,13	1,19	1,13	1,01	0,71	0,51	0,17
$I_o$	0,43	0,87	1,25	1,55	1,73	1,79	1,73	1,55	1,25	0,87	0,43

QUADRO 2 — Valores de  $I_d$ ,  $I_g$ ,  $I_D$  e  $I_o$ , obtidos no dia 17/06/75 (nublado).

	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$I_d$	—	0,23	0,38	0,57	0,48	0,58	0,35	0,42	0,26	0,15	0,10
$I_g$	—	0,23	0,38	0,61	0,52	1,11	1,31	1,06	0,56	0,48	0,24
$I_D$	—	0,0	0,0	0,04	0,04	0,53	0,96	0,64	0,30	0,33	0,14
$I_o$	0,43	0,87	1,25	1,55	1,73	1,79	1,73	1,55	1,25	0,87	0,43

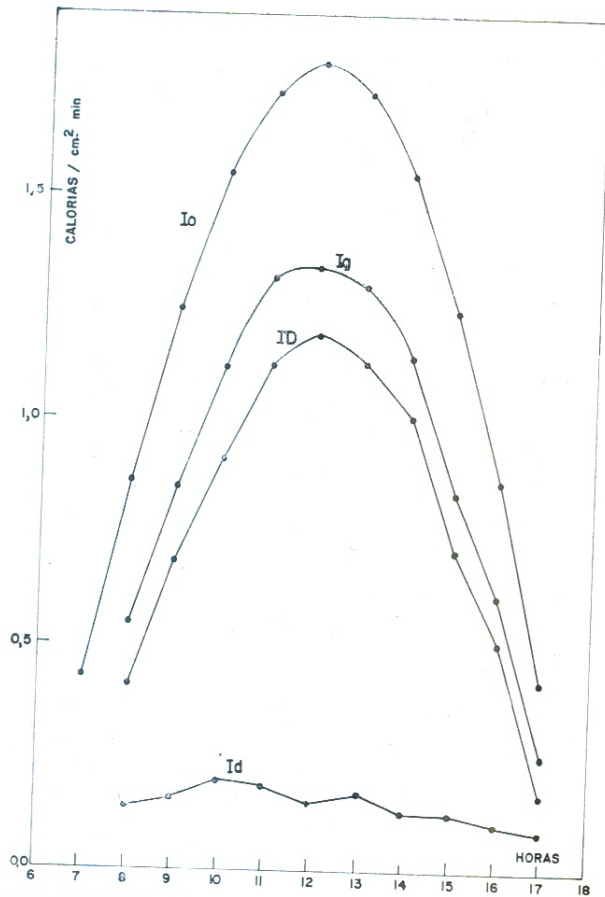


Gráfico 1 — Curvas representativas dos valores: I<sub>0</sub>, I<sub>g</sub>, I<sub>D</sub> e I<sub>d</sub> obtidos no dia 11/6/75 (dia limpo).

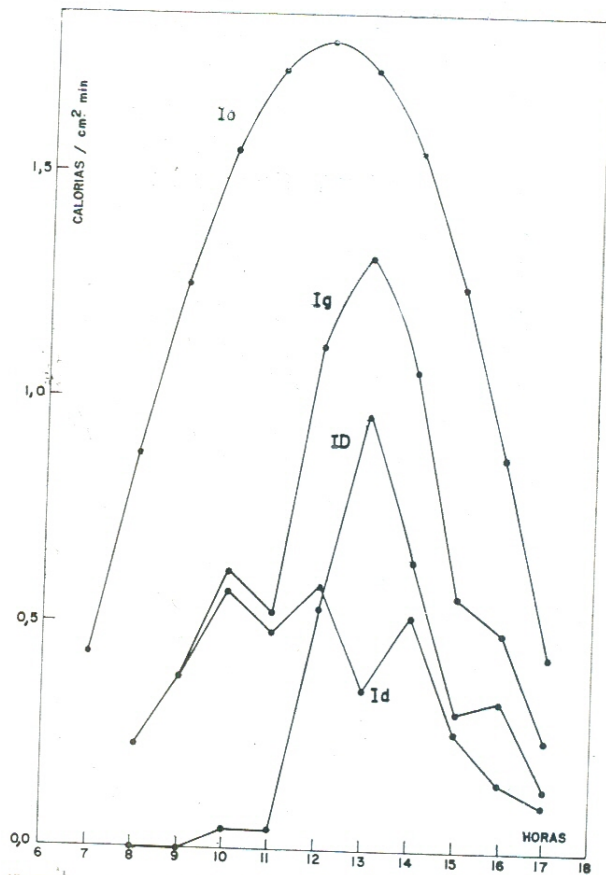


Gráfico 2 — Curvas representativas dos valores: I<sub>0</sub>, I<sub>g</sub>, I<sub>D</sub> e I<sub>d</sub> obtidos no dia 17/6/75 (dia nublado).

No quadro 3 são relatados dados auxiliares de cálculo e os valores do coeficiente de transmissão calculados de acordo com as equações (2) e (3).

O coeficiente de transmissão da radiação global médio,  $a_g$  para o dia 11/06 foi 0,80. Este valor deverá ser representativo para dias limpos no mês de junho. Enquanto não houver poluição atmosférica acentuada este coeficiente poderá ser tomado como representativo para dias limpos em Manaus, uma vez que o principal componente para absorção, o vapor d'água da atmosfera, não varia acentuadamente ao longo dos meses. O valor deste coeficiente para o mês de junho em Cananeia (SP) encontrado por Occhipinti (1966) foi de 0,78 e o encontrado em Piracicaba para o mesmo mês foi de 0,85 (Villa Nova *et al.* 1973).

Coefficiente de transmissão...

QUADRO 3 — Valores de I<sub>0</sub>, I<sub>g</sub>, I<sub>D</sub>, z, sec z e dos coeficientes de transmissão  $a_g$  e  $a_d$ , obtidos ao longo do dia 11/06/75 (dia claro).

Hora	I <sub>0</sub>	I <sub>g</sub>	I <sub>D</sub>	z	sec z	a <sub>g</sub>	a <sub>d</sub>
8:00	0,87	0,55	0,41	64°56'	2,29	0,82	0,69
9:00	1,25	0,85	0,69	51°08'	1,59	0,81	0,69
10:00	1,55	1,12	0,92	39°20'	1,29	0,78	0,67
11:00	1,73	1,32	1,13	30°04'	1,12	0,79	0,68
12:00	1,79	1,34	1,19	26°09'	1,11	0,77	0,69
13:00	1,73	1,30	1,13	30°04'	1,12	0,77	0,63
14:00	1,55	1,14	1,01	39°20'	1,29	0,79	0,72
15:00	1,25	0,84	0,71	51°08'	1,59	0,78	0,71
16:00	0,87	0,62	0,51	64°56'	2,23	0,86	0,79
17:00	0,43	0,24	0,17	77°30'	4,63	0,98	0,82
Média						0,80	0,71

O coeficiente de transmissão para radiação direta,  $a_D$ , valor médio para um dia limpo de junho foi 0,71.

Os valores da radiação global encontrados para os dias 11/06 e 17/06/75 foram 534 cal/cm<sup>2</sup> e 376 cal/cm<sup>2</sup>. Estes valores superam em 60% as medidas dos solarímetros do INPA, o que indica que um fator de correção deverá ser aplicado aos dados já existentes a fim de se obter a radiação global real. Um maior número de medidas deverá ser realizado a fim de se poder calcular coeficientes médios para se tentar o aproveitamento das medidas existentes.

#### CONCLUSÃO

Os coeficientes médios de transmissão de radiação global ( $a_g$ ) e radiação direta ( $a_D$ ), para o mês de junho, em Manaus, são estimados em 0,81 e 0,70 respectivamente. As séries de valores da radiação global medida deverão ser recuperadas para se conhecer a radiação solar global real ao nível do solo.

#### SUMMARY

Global and diffuse solar radiation measurements, obtained by means of an Eppley pyrhelimeter, were made two days in June 1975, one was clear day, (June, 11), and the other an overcast day (June, 19). The mean transmission coefficient for global and direct radiation were determined to be 0,81 and 0,70 respectively. The data on daily global solar radiation indicated that the values measured with the actinograph under estimate the real solar radiation values reaching the ground.

#### BIBLIOGRAFIA CITADA

- COSTA AZEVEDO, D., PINTO, M.M., AZEVEDO, M.L.  
1974 — Distribuição da radiação solar na região Amazônica. In: *Simpósio Brasileiro de Energia Solar, 2.*, João Pessoa.
- OCCHIPINTI, A.G.  
1966 — Analysis of the empirical relations between visible solar radiations, the solar altitude and transparency of the atmosphere. Instituto Astronômico e Geofísico da USP.
- VILLA NOVA, N.A., OMETTO, J.C., SALATI, E.  
1973 — Estimativa do coeficiente de transmissão médio de radiação global em Piracicaba (SP). In: *Simpósio Brasileiro de Radiação Solar, 2.*, João Pessoa.
- VILLA NOVA, N.A., SALATI, E., MATSUI, E.  
1976 — Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica. *Acta Amazonica*, 6(2).