Radiação solar disponível em Manaus(AM) e sua relação com a duração do brilho solar(1)

Maria de Nazaré Góes Ribeiro (2), Eneas Salati (3), Nilson Augusto Villa Nova (4) e Clarice G. B. Demétrio (5)

Resumo

Medidas de radiação solar global, ao nível do solo (Q_g), foram realizadas na sede do INPA em Manaus-AM, com um piranômetro Eppley no período de 1977 a 1979. Foi estudada a correlação entre a radiação solar global e a insolação. O resultado obtido foi $Q_g = Q_o\ (0{,}26 + 0{,}49\ n/N)$. São apresentados também os valores diários de radiação e de insolação. O valor médio diário de radiação solar encontrado para o período foi de 373 cal. cm^{-2} dia^{-1}.

Introdução

A capacidade de produção de biomassa e de manutenção da vida de um ecossistema é uma função direta da energia solar disponível, sendo o seu conhecimento fator primário na análise de todos os processos decorrentes da fotossíntese, biossíntese, evaporação, evapotranspiração, aquecimento do ar e do solo, etc.

Com o propósito de obter-se, para a Região Amazônica uma série de medidas de precisão, instalou-se, a partir de 1977, nas dependências do INPA-MANAUS, um piranômetro Eppley obtendo-se uma série de dados de 3 anos de alta confiabilidade, já parcialmente analisada em uma fase inicial por Villa Nova *et al.* (1978).

O presente trabalho trata da análise do conjunto de dados obtidos de 1977 a 1979. Nele, além de demonstrar-se o valor das disponibilidades de energia solar detectadas no período, procura-se estimar quais as relações de dependência entre radiação global e insolação, com metodologia similar utilizada por Cervellini *et al.* (1966), Ometto (1968), Durand (1974) e Brichambaut (1978), entre outros.

Material e métodos

Medidas realizadas

Foram realizadas, no período agosto de 1977 a março de 1979, medidas de radiação solar global ao nível do solo (Q_g) com um piranômetro Eppley de 10 junções acoplado a um potenciógrafo Speedomax W na estação radiométrica localizada na Sede do INPA, Manaus-AM. Os registros diários, no potenciógrafo, foram integrados, dia a dia, com o auxílio de um planímetro e convertido em cal. cm^{-2}. dia^{-1}. Os dados de insolação, registrados em um heliógrafo Campbell-Stokes, foram convertidos em horas e décimos de brilho solar. Para o cálculo da fração da energia extra-terrestre que atinge o solo (Q_g/Q_o), foram utilizados os valores de Q_o determinados por Salati *et al.* (1967) para a latitude correspondente, sendo os valores do fotoperíodo N, interpolados dos valores da Smithsonian Meteorological Tables.

Análises estatísticas

Para cada mês em questão, conduziu-se um estudo de regressão linear entre conjunto dos valores de Q_g/Q_o e n/N, obtendo-se os coeficientes da equação de regressão, coeficientes de correlação e correspondente teste t. O mesmo calculo foi repetido, considerando-se todos os valores em um só conjunto, para determinar-se a possibilidade de uma única equação que representasse qualquer mês do ano.

(1) — Trabalho inteiramente subvencionado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).
(2) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
(3) — Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba-SP.
(4) — Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Piracicaba-SP.
(5) — Departamento de Matemática e Estatística, ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

QUADRO I — Valores medidos de radiação solar global, Qg (cal. cm^{-2} dia^{-1}), insolação, n(horas), razão de insolação (n/N) e radiação global expressa em frações de radiação extra-terrestre (Qg/Qo). Estação INPA-MANAUS. Lat. 3°08'S Lon. 60°02'W.

MÊS	AGOSTO/77				SETEMBRO/77				OUTUBRO/77				NOVEMBRO/77				DEZEMBRO/77			
Dia	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N
01					455	9,0	,534	,743	142	0,0	,159	,000	408	5,4	,457	,440	319	2,5	,364	,203
02					319	5,0	,373	,413	297	3,3	,334	,271	422	5,7	,473	,465	126	0,2	,143	,016
03					350	3,3	,409	,272	249	3,5	,279	,288	486	7,6	,545	,620	265	2,1	,302	,170
04					122	0,6	,142	,049	319	2,2	,358	,181	420	4,5	,471	,367	198	0,4	,226	,032
05					424	8,2	,494	,677	532	7,7	,597	,633	215	0,8	,241	,065	338	3,5	,386	,284
06					467	7,0	,543	,578	387	1,0	.433	,082	345	3,0	,387	,244	427	5,9	,488	,479
07					424	7,8	,491	,644	169	0,0	,189	,000	264	3,3	,296	,269	187	0,0	,213	,000
08					418	9,9	,484	,818	344	4,1	,385	,337	233	0,4	,261	,032	194	2,2	,221	,178
09					460	8,4	,531	,694	532	0,7	,505	,798	197	0,0	,221	,000	131	0,2	,149	,016
10					337	9,6	,389	,793	377	2,1	,422	,172	484	9,5	,545	,775	102	0,1	,116	,008
11					489	9,2	,563	,760	258	2,2	,288	,181	424	5,6	,477	,457	266	2,1	,304	,170
12	332	6,1	,406	,508	448	7,5	,515	,619	286	3,3	,319	,271	457	7,9	,515	,644	227	1,5	,260	,121
13	393	8,5	,480	,708	474	8,4	,544	,694	371	2,0	,414	,164	114	0,0	,128	,000	189	1,8	,216	,146
14	499	10,1	,608	,841	380	5,9	,435	,487	383	1,7	,428	,139	407	3,2	,459	,261	216	1,6	,247	,130
15	464	10,0	,564	,833	484	9,1	,554	,752	344	2,7	,384	,222	134	0,0	,151	,000	319	3,9	,365	,317
16	446	10,0	,541	,833	282	2,2	,322	,181	131	0,5	,146	,041	184	0,7	,207	,057	347	3,8	,397	,308
17	490	10,3	,593	,858	269	1,3	,307	,107	322	2,7	,359	,222	416	6,2	,470	,506	267	1,9	,306	,154
18	458	10,0	,553	,833	231	1,4	,263	,115	499	10,5	,557	,864	400	8,3	,453	,677	362	4,0	,415	,325
19	269	3,4	,324	,283	–	–	–	–	269	0,6	,300	,049	330	4,2	,373	,342	283	2,4	,324	,195
20	386	5,6	,464	,466	–	–	–	–	87	0,0	,007	,000	428	8,6	,485	,702	398	6,4	,456	,520
21	552	9,6	,662	,800	388	5,1	,440	,421	512	7,2	,572	,592	360	3,3	,408	,269	220	2,3	,252	,186
22	434	9,2	,519	,766	307	1,7	,348	,140	488	8,4	,545	,691	346	6,3	,392	,514	318	3,7	,364	,300
23	484	10,7	,578	,891	219	0,9	,248	,074	223	1,5	,249	,123	432	7,9	,490	,644	309	4,4	,354	,357
24	383	5,8	,457	,483	314	1,1	,355	,090	191	2,4	,213	,197	369	1,9	,419	,155	171	0,0	,195	,000
25	461	8,3	,548	,691	417	3,3	,471	,272	245	1,5	,274	,123	479	8,8	,544	,718	172	0,3	,197	,024
26	424	8,7	,503	,725	137	0,3	,154	,024	422	7,3	,472	,600	503	2,0	,572	,163	317	6,3	,363	,512
27	196	8,2	,232	,683	213	2,2	,240	,181	148	0,0	,165	,000	508	10,2	,578	,832	255	0,7	,292	,056
28	399	9,4	,472	,783	177	0,0	,193	,000	342	0,0	,382	,000	419	4,8	,477	,391	238	0,2	,272	,016
29	511	10,6	,603	,883	380	3,9	,428	,322	310	2,3	,347	,189	400	3,3	,456	,269	392	5,7	,448	,463
30	496	10,5	,584	,875	365	3,0	,411	,247	368	3,1	,412	,255	225	1,8	,256	,146	310	2,4	,354	,195
31	422	8,5	,496	,708					539	9,6	,604	,790					421	6,9	,481	,560
$\bar{M}$	425	8,67	,509	,722	348	5,30	,399	,399	325	3,32	,364	,273	360	4,51	,407	,367	267	2,56	,305	,208

QUADRO II — Valores medidos de radiação solar global, Q_g (cal. cm^{-2} dia^{-1}), insolação, n(horas), razão de insolação (n/N) e radiação global expressa em frações da radiação extra-terrestre Q_g/Q_o). Estação INPA-MANAUS. Lat. 3°08'S Lon. 60°02'W.

MÊS	JANEIRO/78				FEVEREIRO/78				MARÇO/78				ABRIL/78			
Dia	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N
01	210	0,5	,240	,041	347	4,1	,387	,336	149	0,0	,194	,000	487	6,0	,553	,498
02	159	0,6	,182	,049	146	0,0	,163	,000	377	3,6	,416	,298	483	4,0	,549	,332
03	320	1,8	,365	,147	165	0,6	,184	,049	352	3,6	,388	,298	113	0,0	,129	,000
04	238	1,0	,272	,082	308	2,8	.343	,230	371	3,8	,409	,314	383	3,1	,437	,257
05	247	0,9	,282	,073	191	0,0	,212	,000	208	0,9	,230	,074	480	3,7	,548	,307
06	239	2,7	,272	,220	189	0,3	,210	,025	619	9,2	,683	,760	552	6,4	,632	,531
07	245	0,1	,279	,008	350	2,6	,389	,213	429	5,3	,474	,438	380	2,7	,436	,224
08	132	0,0	,150	,000	147	0,2	,163	,016	131	5,3	,145	,438	156	0,0	,179	,000
09	132	0,0	,150	,000	160	0,4	,177	,033	323	0,0	,357	,000	197	0,0	,227	,000
10	237	0,7	,269	,057	334	8,0	,370	,656	67	0,0	,074	,000	343	2,7	,396	,224
11	367	4,3	,417	,351	482	2,3	,534	,189	576	8,3	,638	,686	474	6,3	,548	,523
12	314	1,8	,356	,147	256	0,0	,283	,000	587	4,8	,651	,397	429	3,1	,497	,257
13	447	6,0	,507	,490	409	5,8	,453	,475	176	3,6	,195	,298	149	0,0	,173	,000
14	422	8,9	,478	,727	–	–	–	–	233	0,0	,259	,000	147	0,0	,171	,000
15	533	9,4	,604	,767	224	0,3	,248	,025	295	2,1	,328	,174	172	1,0	,200	,083
16	86	0,0	,097	,000	213	0,2	,236	,016	343	2,2	,381	,182	244	1,4	,285	,116
17	297	2,5	,335	,204	268	0,5	,296	,041	398	5,7	,443	,471	285	0,7	,333	,058
18	377	5,5	,425	,449	364	2,7	,402	,221	226	4,3	,252	,355	373	2,8	,438	,232
19	144	1,9	,162	,155	418	4,7	,462	,385	187	0,2	,208	,017	127	0,7	,149	,058
20	287	2,5	,323	,204	338	0,0	,373	,000	223	0,2	,249	,017	363	4,1	,428	,340
21	422	7,4	,475	,604	194	0,0	,214	,000	320	2,4	,358	,198	198	0,3	,234	,025
22	395	5,0	,445	,408	91	0,0	,100	,000	289	2,2	,323	,182	220	0,6	,261	,050
23	472	7,6	,531	,620	410	4,5	,452	,369	297	1,6	,332	,132	393	4,6	,467	,382
24	244	2,3	,274	,188	302	1,6	,333	,131	289	2,3	,324	,190	444	2,6	,529	,216
25	112	0,0	,126	,000	250	0,0	,276	,000	485	6,7	,545	,554	109	0,0	,130	,000
26	340	3,6	,371	,294	182	0,1	,201	,008	314	2,0	,353	,165	448	2,9	,536	,241
27	379	5,2	,425	,424	274	0,3	,302	,025	380	1,5	,428	,124	549	6,6	,657	,548
28	417	6,6	,467	,539	466	2,9	,514	,238	184	0,5	,207	,041	220	1,7	,264	,141
29	323	2,3	,361	,188					173	0,0	,195	,000	382	3,5	,460	,290
30	432	7,5	,473	,612					135	0,0	,153	,000	401	2,9	,484	,241
31	147	0,4	,164	,033					311	2,6	,353	,215				
M	295	3,19	,332	,261	277	1,66	,306	,136	305	2,73	,339	,226	323	2,48	,378	,206

QUADRO III — Valores medidos de radiação solar global, Qg (cal. cm^{-2} dia^{-1}), insolação, n(horas), razão de insolação (n/N) e radiação global expressa em frações da radiação extra-terrestre Qg/Qo). Estação INPA-MANAUS. Lat. 3°08'S Lon. 60°02'W.

MÊS	MAIO/78				JUNHO/78				JULHO/78				AGOSTO/78			
Dia	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N
01	–	–	–	–	162	0,0	,209	,000	503	8,2	660	,686	308	3,5	,386	,292
02	148	1,9	,179	,159	303	4,7	,392	,395	295	4,3	387	,360	433	5,7	,542	,475
03	223	0,6	,271	,050	315	3,1	,405	,261	102	0,4	134	,033	568	10,8	,709	,900
04	324	3,1	,395	,259	437	8,3	,567	,697	462	6,2	650	,519	573	10,7	,714	,892
05	216	0,0	,264	,000	556	10,0	,722	,840	329	5,8	430	,485	570	10,6	,709	,883
06	342	2,5	,419	,209	581	10,6	,756	,891	493	7,6	644	,636	563	10,3	,699	,858
07	375	2,6	,460	,218	552	10,7	,719	,899	482	7,2	629	,603	558	10,7	,691	,892
08	449	4,7	,552	,393	358	5,4	,467	,454	467	8,0	609	,669	553	10,0	,683	,833
09	177	0,1	,218	,008	412	7,7	,538	,647	–	–	–	–	579	9,2	,714	,767
10	292	2,8	,361	,234	387	5,2	,505	,437	408	6,2	531	,519	573	10,5	,705	,875
11	553	9,3	,685	,778	482	7,7	,630	,647	192	0,3	250	,025	553	9,9	,679	,825
12	259	3,0	,322	,251	497	6,9	,651	,580	166	0,0	216	,000	472	6,9	,578	,575
13	498	8,0	,619	,669	410	6,9	,537	,580	282	2,9	366	,243	494	7,5	,604	,625
14	219	0,2	,273	,017	285	1,3	,374	,109	499	7,9	646	,661	247	0,4	,301	,033
15	348	3,7	,435	,310	156	0,0	,204	,000	303	10,7	392	,895	464	5,3	,564	,442
16	274	0,9	,343	,075	497	7,0	,652	,588	499	8,0	645	,669	418	5,3	,507	,442
17	450	5,1	,565	,427	541	8,1	,710	,681	487	6,8	628	,569	208	0,0	,252	,000
18	524	8,0	,659	,669	298	4,2	,391	,353	499	7,4	642	,619	388	3,8	,469	,317
19	337	5,7	,425	,477	424	7,9	,557	,664	–	–	–	–	472	6,8	,094	,567
20	302	3,4	,382	,285	498	9,3	,654	,782	167	0,6	214	,050	78	0,0	,514	,000
21	171	0,4	,216	,033	517	10,1	,679	,849	373	3,3	478	,276	428	6,1	,586	,508
22	412	0,7	,523	,059	474	6,4	,623	,538	548	11,0	701	,921	489	7,9	,539	,658
23	273	1,8	,347	,151	368	6,5	,484	,546	508	8,6	649	,720	451	6,1	,529	,508
24	358	4,9	,456	,410	–	–	–	–	543	9,8	692	,820	443	9,0	,604	,775
25	446	6,4	,569	,536	431	6,8	,566	,571	544	9,1	692	,762	507	8,8	–	,773
26	336	4,4	,430	,368	497	7,8	,653	,655	558	9,4	708	,787	–	–	–	–
27	433	5,2	,554	,436	533	8,5	,700	,714	368	4,2	466	,351	–	–	,547	–
28	374	4,8	,480	,402	543	9,1	,714	,765	378	4,6	478	,385	462	5,3	,629	,442
29	463	5,5	,595	,460	499	9,8	,655	,824	534	10,1	674	,845	533	9,1	,604	,752
30	275	3,6	,354	,302	522	8,6	,685	,723	328	2,7	413	,226	513	10,5	,581	,875
31	271	0,9	,350	,159					408	3,9	513	,326	494	5,8		,483
$\bar{M}$	335	3,51	,423	,293	432	6,84	,575	,565	404	6,04	522	,505	462	7,12	,562	,593

QUADRO IV — Valores medidos de radiação solar global, Q_g (cal. cm^{-2} dia^{-1}), insolação, n(horas), razão de insolação (n/N) e radiação global expressa em frações da radiação extra-terrestre Q_g/Q_o). Estação INPA-MANAUS. Lat. 3°08'S Lon. 60°02'W.

MÊS	SETEMBRO/78				OUTUBRO/78				NOVEMBRO/78				DEZEMBRO/78			
Dia	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N
01	549	8,0	,644	,661	547	6,5	,615	,535	434	2,9	,487	,237	233	0,0	,266	,050
02	537	10,3	,628	,851	428	4,5	,481	,370	193	1,3	,216	,106	392	4,0	,447	,325
03	549	9,4	,642	,777	618	9,9	,649	,815	515	7,6	,578	,620	493	3,4	,449	,276
04	458	6,2	,534	,512	482	5,7	,541	,469	423	5,1	,475	,416	442	4,1	,505	,333
05	378	4,8	,441	,397	453	3,9	,508	,321	527	9,6	,692	,784	533	6,1	,609	,496
06	513	6,6	,597	,545	268	1,8	,300	,148	497	4,2	,558	,343	191	0,0	,218	,000
07	522	8,4	,606	,694	253	0,4	,284	,033	493	5,3	,554	,433	207	0,2	,237	,016
08	558	7,9	,647	,653	372	2,0	,417	,165	196	0,3	,220	,024	433	3,1	,495	,252
09	377	1,9	,436	,157	699	10,8	,783	,823	167	0,0	,188	,000	446	0,0	,510	,000
10	308	0,8	,356	,066	648	9,5	,726	,782	457	4,5	,515	,367	320	3,7	,367	,301
11	328	2,3	,378	,190	422	9,6	,472	,296	509	5,9	,573	,482	–	–	–	–
12	467	6,3	,537	,521	327	0,9	,366	,074	–	–	–	–	97	0,0	,111	,000
13	454	0,0	,522	,000	608	9,0	,680	,741	247	0,2	,279	,016	237	0,0	,271	,000
14	627	8,8	,719	,727	627	9,6	,701	,790	600	8,2	,677	,669	313	3,7	,359	,301
15	613	9,5	,702	,785	507	4,0	,567	,329	211	2,1	,238	,171	518	4,4	,594	,358
16	633	9,9	,724	,818	378	0,0	,422	,000	447	5,4	,505	,441	197	0,8	,226	,065
17	618	9,4	,706	,777	523	6,3	,584	,519	211	0,0	,239	,000	382	0,0	,438	,000
18	532	4,4	,607	,364	538	8,7	,601	,716	603	10,4	,683	,849	357	1,1	,409	,089
19	653	9,5	,744	,785	603	9,9	,674	,815	532	7,1	,602	,580	487	4,0	,558	,325
20	653	9,6	,743	,793	281	0,0	,314	,000	342	1,6	,388	,131	563	5,6	,646	,455
21	573	8,8	,651	,727	604	2,8	,675	,230	262	0,8	,297	,066	–	–	–	–
22	583	7,6	,661	,628	462	3,1	,516	,255	382	2,9	,434	,237	–	–	–	–
23	283	1,1	,321	,091	362	1,3	,406	,107	396	3,4	,450	,278	–	–	–	–
24	131	0,0	,148	,000	356	4,2	,398	,346	112	7,0	,127	,571	–	–	–	–
25	367	2,0	,415	,165	547	6,3	,612	,519	512	5,2	,582	,424	–	–	–	–
26	628	8,4	,710	,695	697	9,6	,780	,790	622	7,7	,708	,629	398	2,6	,456	,211
27	603	2,6	,681	,694	612	8,2	,685	,675	488	2,9	,556	,237	437	6,4	,501	,520
28	142	0,0	,160	,215	642	10,0	,719	,823	577	6,8	,657	,555	378	5,4	,433	,439
29	302	8,9	,340	,000	637	9,1	,713	,749	548	5,1	,625	,416	498	8,5	,570	,691
30	632	7,5	,712	,736	417	1,4	,467	,115	293	1,4	,334	,114	291	2,0	,333	,161
31				,612	547	6,0	,613	,494					327	0,0	,374	,000
$\bar{M}$	486	6,02	,557	,498	499	5,42	,558	,446	407	4,17	,460	,351	363	2,96	,415	,225

Resultados obtidos e discussão

Os resultados obtidos de Q_g, n, Q_g/Q_o e n/N, no período agosto 1977 a março de 1979, são relatados nos quadros de I a V.

A média para o período foi de 373 cal. cm^{-2} dia^{-1}. É importante reparar que esse valor difere da média, em um período menor (Villa Nova *et al.*, 1978) que foi de 430 cal. cm^{-2} dia^{-1}. Analisando em conjunto todos os dados de maio de 1976 a março de 1979, a média obtida foi de 394 cal. cm^{-2} dia^{-1}. Observa-se que o máximo valor obtido, neste período, foi de 727 cal. cm^{-2} dia^{-1}, verificado em 04.03.79 e o mínimo foi de 67 cal. cm^{-2} dia^{-1}, ocorrido a 10.03.78.

No período em estudo os maiores valores médios mensais foram 486 e 499 cal. cm^{-2} dia^{-1}, ocorridos nos meses de setembro e outubro de 1978, e os menores valores médios mensais

QUADRO V — Valores medidos de radiação solar global, Q_g (cal. cm^{-2} dia^{-1}), insolação, n(horas), razão de insolação (n/N) e radiação global expressa em frações da radiação extra-terrestre (Q_g/Q_o). Estação INPA-MANAUS. Lat. 3°08'S Long. 60°02'W.

MÊS	JANEIRO/79				FEVEREIRO/79				MARÇO/79			
DIA	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N	Q_g	n	Q_g/Q_o	n/N
01	371	0,2	,424	,016	363	3,0	,405	,246	718	10,8	,792	,893
02	-	-	-	-	363	4,6	,405	,377	723	8,0	,798	,661
03	201	7,6	,229	,620	262	0,0	,292	,000	518	2,9	,572	,240
04	153	0,0	,175	,000	372	1,2	,414	,098	727	7,3	,802	,603
05	459	0,7	,523	,057	478	2,0	,532	,164	428	1,2	,473	,099
06	307	0,0	,350	,000	492	2,7	,547	,221	534	4,0	,590	,331
07	367	7,1	,418	,580	327	1,8	,363	,148	532	4,7	,588	,388
08	176	0,0	,200	,000	463	4,3	,514	,352	336	0,1	,372	,008
09	457	0,4	,520	,033	392	3,9	,435	,320	141	0,0	,156	,000
10	-	-	-	-	467	4,6	,518	,377	346	2,1	,383	,174
11	226	0,0	,257	,000	332	1,9	,368	,156	383	1,1	,424	,091
12	-	-	-	-	247	1,2	,274	,098	111	0,0	,123	,000
13	-	-	-	-	256	0,5	,283	,014	342	0,9	,380	,074
14	-	-	-	-	477	3,0	,528	,246	377	0,0	,418	,000
15	504	6,1	,571	,498	191	0,2	,211	,016	191	0,0	,212	,000
16	602	1,9	,681	,155	393	3,6	,435	,295	547	2,1	,608	,174
17	457	0,2	,516	,016	367	0,4	,406	,033	363	0,0	,404	,000
18	253	7,8	,286	,637	221	0,0	,244	,000	377	0,4	,420	,033
19	258	4,7	,291	,384	683	6,0	,666	,492	222	0,0	,247	,000
20	558	4,3	,629	,351	588	5,9	,649	,484		-		
21	442	6,2	,498	,506	598	8,3	,660	,680		-		
22	-	-	-	-	217	0,0	,240	,000		-		
23	196	0,2	,220	,016	391	0,6	,432	,049		-		
24	467	3,0	,525	,245	247	0,0	,383	,000		-		
25	567	5,7	,636	,465	462	0,7	,510	,057		-		
26	286	0,0	,321	,000	483	3,0	,533	,246		-		
27	126	0,0	,141	,000	196	0,3	,216	,025		-		
28	91	0,0	,102	,000	714	10,1	,788	,828		-		
29	72	0,0	,081	,000						-		
30	238	0,4	,266	,033						-		
31	207	0,0	,231	,000								
$\bar{M}$	337	2,3	,381	,171	395	2,64	,364	,184	417	2,4	,437	,216

foram 267 e 277 cal. cm^{-2} dia^{-1}, ocorridos nos meses de dezembro/77 e fevereiro/78. Tais valores demonstram que embora sempre se associem à região Amazônica altos índices de radiação solar global dada a sua posição equatorial, estes são altamente condicionados pelos sistemas convectivos locais associados ao regime de precipitações da bacia os (máximos de precipitação ocorrem em março-abril; os mínimos em setembro-outubro) determinando totais anuais menores do que os observados em altas e médias latitudes, Villa Nova & Salati (1977).

No quadro VI, mostram-se as relações de dependências entre valores Q_g/Q_o e n/N notando-se uma boa correlação entre os mesmos, à exceção do mês de janeiro de 1979.

Como os valores de *a* e *b* apresentassem pouca variação ao longo do ano, conduziu-se uma análise global dos dados, sem separação, em meses, obtendo-se para o período total os valores a = 0,26, b = 0,49 e r = 0,83 que re-

QUADRO VI — Valores calculados de alguns elementos da regressão Q_g/Q_o x n/N — Manaus (AM). Lat. 3°08'S Long. 60°02'W.

ANO	MÊS	Coefic. a	Coefic. b	Correl. r	Teste t	GL*
1977	AGO	0,200	0,427	0,698	4,138**	18
	SET	0,245	0,387	0,859	8,554*	26
	OUT	0,234	0,454	0,836	8,195**	29
	NOV	0,258	0,404	0,806	7,217**	28
	DEZ	0,196	0,526	0,893	10,692**	29
1978	JAN	0,199	0,511	0,911	11,938**	29
	FEV	0,244	0,460	0,695	4,833*	25
	MAR	0,215	0,546	0,755	6,204**	29
	ABR	0,204	0,856	0,914	11,935**	28
	MAI	0,260	0,558	0,856	8,757*	28
	JUN	0,237	0,570	0,937	13,977*	27
	JUL	0,255	0,529	0,861	8,804*	27
	AGO	0,262	0,505	0,933	13,455*	27
	SET	0,333	0,445	0,775	6,500*	28
	OUT	0,355	0,456	0,900	11,098**	29
	NOV	0,274	0,528	0,753	5,944*	27
	DEZ	0,304	0,495	0,726	5,061*	23
1979	JAN	0,314	0,267	0,356	1,829	23
	FEV	0,312	0,581	0,844	8,013**	26
	MAR	0,328	0.673	0,870	7,284**	17

* GL - Graus de liberdade.

velam a possibilidade de utilizar-se uma só equação para estimativas da radiação solar global.

$$Qg = Qo \ (0{,}26 + 0{,}49 \ n/N)$$

onde,

Qg = radiação solar global (cal. cm^{-2} dia^{-1})

Qo = radiação extraterrestre (cal. cm^{-2} dia^{-1})

n = insolação (horas e décimos)

N = fotoperíodo (horas e décimos)

Conclusões

1) Os maiores valores médios de radiação solar global em Manaus, AM., observaram-se nos meses de setembro-outubro e os menores de dezembro a fevereiro;
2) Pode estimar-se para as regiões de comportamento idêntico, com razoável aproximação, a radiação solar global, utilizando-se a seguinte expressão :
   $Qg = Qo \ (0{,}26 + 0{,}49 \ n/N)$
3) A análise conjunta dos dados (período de maio de 1976 a abril de 1977), permite estimar com maior precisão a média diária como sendo de 394 cal. cm^{-2} dia^{-1}.

Agradecimentos

Os autores agradecem às Técnicas Maria Solange da Graça Pinheiro, Maria Aparecida da Silva Gomes e Valdelice Pereira da Silva pelo auxílio na leitura dos diagramas.

Summary

Measurements of global solar radiation at ground level (Qg), were made at INPA, Manaus-AM., using a Eppley pyranometer during 1977 to 1979. The correlation between (Qg) and (Qo) has the following relationship $Qg = Qo \ (0{,}26 + 0{,}49 \ n/N)$. Daily values of radiation and insolation for the study period are also presented. The mean daily radiation was 373 cal. cm^{-2} day^{-1} for this period.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRICHAMBAUT, C.P.

1978 — Estimation de la energie solaire disponible au sol. **La Meteorologie,** Paris, 6 (15): 5-45.

CERVELLINI, A.; SALATI, E.; GODOY, H.

1966 — Estimativa da distribuição de energia solar no Estado de São Paulo. **Bragantia,** Campinas, 25 (3): 31-40.

DURAND, R.

1974 — Estimation du rayonnement global a partir de la durée d'insolation. **Annales Agronomiques,** Paris, 25 (6): 779-795.

OMETTO, J.C.

1968 — **Estudos das relações entre radiação solar global, radiação líqüida e insolação.** Piracicaba, ESALQ/USP. 64p. Tese de Doutoramento.

SALATI, E.; CERVELLINI, A.; VILLA NOVA, N.A.; OMETTO, J.C.; SANTOS, J.M.; GODOY, C.R.M.

1967 — Estimativa da radiação solar que atinge uma área horizontal admitindo-se a ausência da atmosfera. **Bol. Tec. DNMET,** Rio de Janeiro, (6): 1-60.

VILLA, NOVA, N.A. & SALATI, E.

1977 — Radiação solar no Brasil. In: **Anais II Simp. Anual Acad. Ci.** E. S. Paulo.

VILLA NOVA, N.A.; RIBEIRO, M.N.G.; NOBRE, C.A.; SALATI, E.

1978 — Radiação solar em Manaus. **Acta Amazonica,** 8 (3): 417-421.

(Aceito para publicação em 05/03/82)