

## ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL DIÁRIA EM CAPITÃO POÇO, PA ATRAVÉS DA EQUAÇÃO DE ANGSTRÖM.

Nilza Araujo PACHECO<sup>1</sup>, Therexinha Xavier BASTOS<sup>2</sup>

### RESUMO

Dada a importância do conhecimento da quantidade de radiação solar disponível em determinada região para, dentre outras finalidades, caracterizar o potencial agroclimático de uma localidade e considerando que nem sempre os equipamentos para mensurar essa variável estão disponíveis havendo assim necessidade de se efetuar estimativas da radiação solar, o presente trabalho têm como objetivo determinar os coeficientes a e b da equação Angstrom (1924) para estimar a radiação solar em Capitão Poço, localizado no estado do Pará, entre as coordenadas geográficas 01° 30' e 02° 35' de latitude Sul, 46° 49' e 47° 27' de longitude Oeste de Greenwich. A partir dos dados diários de radiação solar global e insolação, obtidos, respectivamente em actinógrafo e heliógrafo, do período de janeiro de 1981 a dezembro de 1984, e de dados radiação solar extraterrestre e do fotoperíodo, obteve-se seis equações, sendo a que melhor se ajustou para estimar a radiação solar global em Capitão Poço, a equação  $RG = R_0 (0,298 + 0,3412n/N)$ , desenvolvida para o período de janeiro a dezembro com a mostra onde foram excluídos os dados nulos e dados fora da reta de regressão.

### INTRODUÇÃO

A radiação solar pode ser considerada, um dos elementos meteorológicos de grande importância, dada a sua influência na maioria dos processos físicos da atmosfera, sendo fundamental o conhecimento da quantidade de radiação solar disponível em determinada região para, dentre outras finalidades, caracterizar o potencial agroclimático de uma localidade. Outra importância da radiação solar se relaciona com o aproveitamento da energia solar para aquecedores solares, secadores solares, fornos solares, painéis solares e etc.

A quantidade de radiação solar pode ser mensurada através de equipamentos de funcionamento mecânico ou eletrônico, como pireliômetros, piranômetros, piriômetros, pirradiômetros e radiômetros líquidos, ou estimada através de modelos empíricos. Apesar de atualmente já existirem disponíveis no mercado nacional e internacional, instrumentos solarimétricos capazes de mensurar com precisão a radiação solar, diversas regiões do Brasil, particularmente no norte, como é o caso do município de Capitão Poço, havendo assim necessidade de se efetuar estimativas. Entre os métodos para estimar a radiação solar global destaca-se o modelo empírico proposto por Angström (1924), cujos os coeficientes a e b, variam de local para local.

Devido a variação desses coeficientes, diversos autores já elaboraram trabalhos determinando essas constantes para diferentes partes do planeta, entre os quais pode-se citar: Penman (1948) determinou para as condições da Inglaterra,  $a = 0,26$  e  $b = 0,51$ , Cervellini et al (1966) encontraram para São Paulo, os valores médios de  $a = 0,24$  e  $b = 0,58$  e Diniz et al (1986) considerando vários períodos do ano determinaram para Belém, no estado do Para, os seguintes valores:  $a = 0,266$  e  $b = 0,409$ , considerando todos os meses do ano,  $a = 0,275$  e  $b = 0,376$ , para o período de novembro a maio,  $a = 0,261$  e  $b = 0,428$ , para entre junho e outubro. Esses autores considerando ainda os dias com ausência de nebulosidade encontraram  $0,264$  para o valor de a,  $0,397$  para o valor de b,  $0,289$  para o valor de a e  $0,354$  para o valor de b, e  $a = 0,257$  e  $b = 0,434$ , respectivamente para os seguintes períodos: janeiro a novembro, novembro a maio e junho a outubro.

Dada a importância da radiação solar e considerando que nem sempre se dispõe de equipamento para mensurar essa variável, o presente trabalho tem como objetivo determinar, a exemplo do que já foi feita para outras localidades do Brasil, os coeficientes a e b da equação de Angström, para o município de Capitão Poço, visando obter um modelo de estimativa de radiação solar específico para esse município.

### METODOLOGIA

Foram utilizados dados diários de radiação solar ( $\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ ), obtidos em actinógrafo bimetálico, modelo Fuess, 58 dc, de rotação diária e de insolação (horas) obtidos em heliógrafo, tipo Campbell Stokes, correspondentes ao período de janeiro de 1981 a dezembro de 1984. O actinógrafo antes de sua instalação foi submetido no Laboratório de Climatologia da Embrapa Amazônia Oriental (anteriormente CPATU), em Belém à calibração junto a piranômetro Mollgorczzynski (modelo CM5/6, Kipp & Zonen), aferido no Centro de Radiação solar do Instituto Nacional de Meteorologia, de acordo com Referência Radiométrica Mundial (Diniz et al, 1984).

<sup>1</sup> Pesq. MSc – Agrometeorologia Embrapa Amazônia Oriental, Tv Eneas Pinheiro S/N, Marco – Belém – PA, email: [nilza@cpatu.embrapa.br](mailto:nilza@cpatu.embrapa.br)

<sup>2</sup> Pesq. PhD – Agroclimatologia Embrapa Amazônia Oriental, email: [txbastos@cpatu.embrapa.br](mailto:txbastos@cpatu.embrapa.br)

Os dados de radiação solar global obtidos no actinógrafo e expressados em  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$  foram transformados para  $\text{MJ.m}^{-2}$ .

Para estimar a radiação global de Capitão Poço, localizado no estado do Pará, entre as coordenadas geográficas  $01^{\circ} 30'$  e  $2^{\circ} 35'$  de latitude Sul,  $46^{\circ}49'$  e  $47^{\circ} 27'$  de longitude Oeste de Greenwich, utilizou-se o método das regressões RG/Ro versus n/N, proposto por Angström, cuja a equação básica é a seguinte:  $RG = Ro (a + b. n/N)$ ,

Onde:

RG = radiação solar estimada em ( $\text{MJ/m}^2$ );

Ro = radiação solar extraterrestre ( $\text{MJ.m}^{-2}$ );

n/N = razão de insolação

a e b, parâmetros da regressão, sendo que a é definida como a percentagem de radiação extraterrestre que atinge o solo em um dia completamente nublado, e b com a percentagem de radiação extraterrestre absorvida

n = Duração de brilho solar ou insolação

N = Fotoperíodo que refere-se ao número máximo possível de horas de brilho solar, ou o número de permanência do Sol acima da linha do horizonte. É a constante astronômica dependente da latitude e da época do ano.

A insolação máxima e a radiação solar recebida na ausência de atmosfera (Ro) foram calculadas conforme Ometto (1981).

A partir dos dados diários de insolação, de RG, Ro, n e N aplicou-se a análise de regressão linear, visando a obtenção de a e b, para os seguintes períodos: janeiro a dezembro; janeiro a maio e junho a dezembro.

## RESULTADOS

Na Tabela 1, são apresentados os resultados das regressões entre a relação RG/Ro (radiação solar global mensurada /radiação extraterrestre) e a relação n/N (razão de insolação), considerando duas situações, uma com exclusão de pares de dados, onde ocorreu razão de insolação igual a zero e pares de dados distantes da reta de regressão, e outra considerando todos os dados para os seguintes períodos: janeiro a dezembro, janeiro a maio e junho a dezembro. Nesta tabela, se observa que no período de janeiro a dezembro os valores do coeficiente **a** variaram de 0,28 a 0,29 e de janeiro a maio oscilaram de 0,26 a 0,27, e que praticamente não ocorreu grande variação desse coeficiente no período de junho a dezembro. Com relação aos valores do coeficiente **b**, pode-se observar que variaram de 0,34 a 0,35, no período de janeiro a dezembro, de 0,38 a 0,39 no período de janeiro a maio e de 0,29 a 0,30 no período de junho a dezembro. Com relação ao coeficiente de correlação  $R^2$ , se observa que no período de junho a dezembro, foram obtidos os mais baixo coeficientes de correlação, em torno de 56%, com 856 pares de dados, e de 59% com 813 pares de dados. No período de janeiro a maio, quando se considerou a situação de exclusão de dados, obteve-se o maior coeficiente de correlação, em torno de 72%.

TABELA 1 – Valores de **a** e **b** e o coeficiente de correlação  $R^2$ , número de dados (nº) e a equação de Angström.

Características	Período	Coeficientes		$R^2$	Nº de dados	Equação de Angström
		A	b			
Sem excluir dados	Jan. a dez.	0,2843	0,3585	0,6886	1461	$RG = Ro (0,2843 + 0,3585 n/N)$
	Jan a maio	0,2661	0,3957	0,6762	605	$RG = Ro (0,2661 + 0,3957 n/N)$
	Jun a Dez	0,3244	0,2973	0,5681	856	$RG = Ro (0,3244 + 0,2973 n/N)$
Com exclusão de dados	Jan a dez	0,298	0,3412	0,7024	1299	$RG = Ro (0,298 + 0,3412 n/N)$
	Jan a maio	0,2793	0,3827	0,7207	487	$RG = Ro (0,2793 + 0,3827 n/N)$
	Jun a Dez	0,324	0,3001	0,5894	813	$RG = Ro (0,324 + 0,3001 n/N)$

Na Figura 1 se observa a dispersão dos dados, do período de janeiro a dezembro, em relação a reta de regressão, cujo o coeficiente de correlação situou-se em torno de 70%, sugerindo ajuste da maioria dos dados em relação a reta.

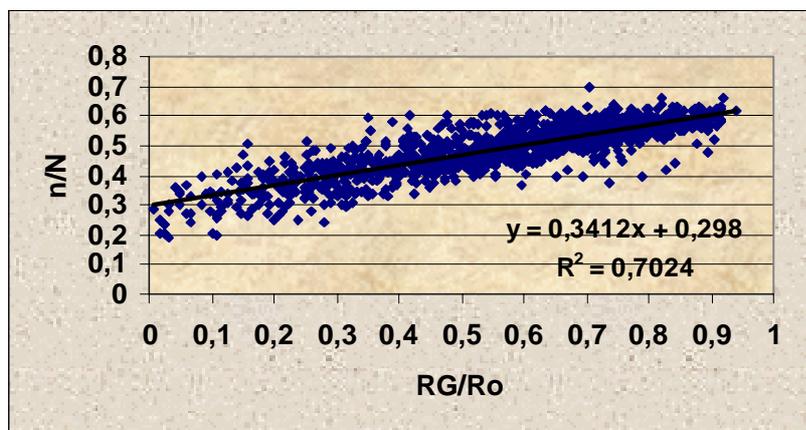


Fig. 1 – Regressão diária entre RG/Ro (radição solar global mensurada) e n/N, considerando o período de janeiro a dezembro e a amostra com a exclusão de dados.

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios mensais e anual de radiação solar extraterrestre, radiação solar global mensurada e estimada com a equação  $R_g = R_o (0,298 + 0,3412 n/N)$ , em  $\text{MJ.m}^{-2}$ , e a diferença percentual entre a radiação solar estimada e observada em Capitão Poço-PA, onde se observa que a radiação mensurada variou de  $14,47 \text{ MJ.m}^{-2}$  a  $19,64 \text{ MJ.m}^{-2}$  e a estimada de  $15,69 \text{ MJ.m}^{-2}$  a  $19,32 \text{ MJ.m}^{-2}$ . No período de abril a novembro a radiação solar global estimada foi inferior a mensurada, indicando uma diferença percentual negativa variando de  $-0,7\%$  a  $-1,8\%$ , enquanto que no período de dezembro a março a radiação solar estimada foi superior a mensurada, observando-se diferença percentual oscilando de  $0,2\%$  a  $8,5\%$ .

Tabela 2 – Valores médios mensais e anual de radiação solar extraterrestre, radiação solar global mensurada e estimada sobre a superfície terrestre e a diferença percentual entre a radiação estimada e mensurada no município de Capitão Poço, PA. Período: 1981-1984.

Meses	Radiação solar ( $\text{MJ/m}^2$ )			Diferença (%)
	Extraterrestre	Mensurada	Estimada	
Janeiro	36,53	14,47	15,69	8,4
Fevereiro	37,53	15,21	15,76	3,6
Março	37,95	15,41	15,63	1,4
Abril	36,54	16,28	16,02	-1,6
Mai	34,30	16,33	16,13	-1,2
Junho	32,90	17,42	17,18	-1,4
Julho	33,28	17,69	17,46	-1,3
Agosto	35,10	19,14	18,83	-1,6
Setembro	36,85	19,64	19,32	-1,6
Outubro	37,31	19,21	18,87	-1,8
Novembro	36,78	17,98	17,85	-0,7
Dezembro	36,40	16,22	16,26	0,2
Ano	35,95	17,08	17,08	0

## CONCLUSÃO

Dentre as seis equações encontradas para estimar a radiação solar em Capitão Poço, PA, a que melhor se ajustou para estimar esse parâmetro foi a equação  $RG = R_o (0,298 + 0,3412 n/N)$ , desenvolvida para o período de janeiro a dezembro com a amostra de dados onde foram excluídos os dados nulos e os dados fora da reta de regressão.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANGSTRÖM, A. Solar and terrestrial radiation. *Q. J. Meteorol. Soc.*, v.50, p.121-5, 1924.
- DINIZ, T.D. de A.S.; BASTOS, T.X.; SILVA, M.M. Levantamento climático da Amazônia Brasileira – Contribuição da rede de actinógrafos do CPATU ao conhecimento da radiação global. 1984. Belém: Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. (Pesq. And. n° 138, 1984, 3p.).
- DINIZ, T.D. D. de A.S.; CARDON, D.A.; BASTOS, T.X.; MALTEZ, M.G.L. Relação entre radiação solar global e insolação para a região de Belém, Pará. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO. *Anais...* 1986. v.1 (Clima e Solo). Belém: Centro de Pesquisa Agropecuária/Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. p.68-74.
- CERVELLINI, A.; SALATI, E. & GODOY, H. Estimativa da distribuição da energia solar no Estado de São Paulo. *BRAGANTIA*, 25, 3 p.31-40, 1966.
- OMETTO, J.C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Ceres, 1981. 425p.
- PENMAN, H.L. Natural Evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. A.* London, 193:120-145, 1948.