

ISSN 0104-1347

Coeficientes da equação de Angström-PreScott para a estimativa da irradiância solar global na região de Araras, SP

Coefficients of the Angström-PreScott equation for estimating the global solar irradiation for the Araras region, State of São Paulo, Brazil

Felipe Gustavo Pilau¹, Valter Barbieri², Fábio Ricardo Marin³

NOTA TÉCNICA/ TECHNICAL NOTE

Resumo: A irradiância solar é uma variável física muito importante para os ecossistemas, atuando como desencadeadora no processo de fixação do dióxido de carbono e, conseqüentemente, na produção de biomassa vegetal, além de condicionar a temperatura ambiental e os processos de transpiração e evaporação. Como sua medida direta não é corriqueira, é comum o uso de sua estimativa. Dentre os métodos de estimativa, o de Angström-PreScott é o mais empregado. Utilizando-se uma série de quatro anos de dados de irradiância solar global e de insolação medidos na estação meteorológica do Planalsucar IAA, determinaram-se os coeficientes a e b da equação de Angström-PreScott para a estimativa da irradiância solar na região de Araras, SP, nas escalas mensal, sazonal e anual. O coeficiente a variou de 0,195 a 0,328 para valores mensais e de 0,243 a 0,286 para valores sazonais, e o coeficiente b variou de 0,371 a 0,474 para valores mensais e de 0,366 a 0,466 para os sazonais. Os coeficientes anuais foram $a=0,243$ e $b=0,455$.

Palavras-chave: climatologia, razão de insolação

Abstract: Incoming solar irradiation is a crucial parameter to the ecosystems, affecting carbon dioxide assimilation (photosynthesis) and, consequently, biomass production, and also conditioning transpiration and evaporation processes. As its measurements are not frequent, estimates are required. Among the methods to estimate global solar irradiation, the equation of Angström-PreScott is the most used. Using a data set of four years of global solar irradiation and effective hours of sunshine measured at the weather station of Planalsucar (IAA), the coefficients a and b of the Angström-PreScott equation were estimated for Araras region, State of São Paulo, for the monthly, seasonal and annual scales. Monthly and seasonal coefficients ranged from 0,195 to 0,328 and 0,243 to 0,286 for a , and from 0,371 to 0,474 and 0,366 to 0,466 for b , respectively, whereas annual coefficients values were $a=0,243$ and $b=0,455$.

Key-words: climatology, effective hours of sunshine

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr. Embrapa Informática Agropecuária. Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo, Caixa Postal 6041, Cep. 13083-886, Campinas, SP. Bolsista CNPq. fgpilau@yahoo.com.br

² Professor Doutor, Depto. de Ciências Exatas (LCE), E.S.A. "Luiz de Queiroz", Univ. de São Paulo, Piracicaba, SP.

³ Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

Introdução

A radiação solar é a fonte primária de energia dos ecossistemas, condicionando a fixação do dióxido de carbono e a produção de biomassa vegetal. Também condiciona o processo de transpiração, de evaporação e a temperatura ambiental, e é fator determinante da distribuição da fauna e da flora na Terra.

Apesar de sua extrema importância, a medida da irradiância solar global Q_g ainda não é prática comum nos postos meteorológicos brasileiros. Outro aspecto é a possibilidade da sua estimativa como um procedimento para cobrir falhas de medidas em uma série histórica. A estimativa da irradiância solar global tem sido prática rotineira desde que ANGSTRÖM (1924) apresentou um modelo que tem como variável de entrada a medida de insolação com o heliógrafo e a irradiância solar em dia de céu completamente limpo. Essa estimativa foi posteriormente modificada por PRESCOTT (1940), o qual substituiu a irradiância solar na superfície terrestre em dia de céu completamente limpo, pela radiação solar extra-terrestre (Q_o) e correlacionou o índice de claridade (Q_g/Q_o) com a razão de insolação (n/N) pelo ajuste de uma equação linear, com coeficientes linear a e angular b .

O método Angström-Prescott tornou-se largamente empregado, porém como a extrapolação dos coeficientes de um local para outros é pouco recomendada, devido à influência da latitude, da altitude e do tipo de nuvens locais, vários estudos foram realizados com o intuito de determinar tais coeficientes, para um grande número de localidades brasileiras (CERVellini et al., 1966; OMETTO, 1968; BERLATO, 1971; RIBEIRO, 1980; ALVES et al., 1981; AZEVEDO et al., 1981; FONTANA & OLIVEIRA, 1995; RICIERI et al., 1996; CAMPELO JUNIOR, 1998; AGUIAR et al., 1999; BLANCO & SENTELHAS, 2002; DANTAS et al., 2003; DALLACORT et al., 2004; VALIATI et al., 2005). No trabalho de RIBEIRO (1980), foram determinados os coeficientes a e b para 32 estações meteorológicas distribuídas entre as latitudes 3° a 32° Sul, com a variando de 0,15 a 0,31, e tendendo à redução com o aumento da latitude, e b de 0,22 a 0,63, tendo uma redução de seu valor com o aumento da latitude até 20°, e um aumento a partir dessa latitude. FONTANA & RIBEIRO (1996) realizaram um estudo desses coeficientes para as regiões ecoclimáticas do estado do Rio Grande do Sul.

Com o objetivo de acrescentar conhecimento sobre os coeficientes da equação de Angström-Prescott, este trabalho apresenta e discute os seus valores determinados para a região de Araras, SP, nas escalas mensal, sazonal e anual.

Material e Métodos

Foram utilizados dados diários de irradiância solar global e insolação, medidos no posto meteorológico do Planalsucar-IAA, Coordenadoria Regional Sul, Seção de Irrigação e Climatologia da Estação Experimental de Cana-de-açúcar, no município de Araras, SP, situado nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 22° 18' S, longitude 47° 23' W e altitude 617m de altitude.

Os dados de irradiância solar global (Q_g) e insolação (n) perfazem uma série de 4 anos de medida, de 01 de janeiro de 1983 à 31 de dezembro de 1986.

Os coeficientes da equação de Angström & Prescott (PRESCOTT, 1940) foram estimados mensalmente, sazonalmente e anualmente, utilizando-se análise de regressão linear, pela equação:

$$\frac{Q_g}{Q_o} = a + b \frac{n}{N} \quad (1)$$

em que Q_g é a irradiância solar global ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), Q_o é a irradiância solar incidente no limite superior da atmosfera ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), n é a insolação (h), N é o comprimento astronômico do período diurno (h), a e b são os coeficientes da equação de regressão linear (adimensionais).

Os valores diários de Q_o foram determinados pelas equações (2) a (6) (PEREIRA et al., 2002):

$$Q_o = 37.6(d/D)^2 [(\pi/180)h_o \sin\Phi \sin\delta + \cos\Phi \cos\delta \sin h_o] \quad (2)$$

na qual d/D é a distância relativa entre a Terra e o Sol, sendo d a distância média e D a distância no dia; h_o é o ângulo horário do nascer do Sol, Φ a latitude do local e δ a declinação solar, em graus.

$$(d/D)^2 = 1 + 0,033 \cos(NDA360/365) \quad (3)$$

em que NDA é o número do dia do ano (dia juliano).

$$h_n = ar \cos[-tg\Phi tg\delta] \quad (4)$$

$$\delta = 23,45 \sin[360(NDA - 80)/365] \quad (5)$$

$$N = 2h_n / 15^\circ \quad (6)$$

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentadas as variações dos coeficientes da equação de Angström-Prescott nas escalas mensal e sazonal, com os respectivos coeficientes de determinação da equação de regressão. Na Figura 1 é apresentado o gráfico da relação entre o índice de claridade (Q_g/Q_0) e a razão de insolação (n/N) com todos os dados observados.

Tabela 1. Valores dos coeficientes a e b da equação de Angström-Prescott para os diferentes meses e épocas do ano, com os respectivos coeficientes de determinação R^2 , para a região de Araras, SP.

Período	a	b	R^2
Janeiro	0,264	0,376	0,701
Fevereiro	0,195	0,426	0,496
Março	0,261	0,394	0,711
Abril	0,284	0,381	0,663
Mai	0,290	0,434	0,772
Junho	0,313	0,425	0,744
Julho	0,328	0,408	0,622
Agosto	0,256	0,457	0,615
Setembro	0,214	0,474	0,805
Outubro	0,271	0,430	0,740
Novembro	0,231	0,448	0,770
Dezembro	0,267	0,371	0,617
Primavera	0,243	0,439	0,755
Verão	0,262	0,366	0,570
Outono	0,286	0,417	0,647
Inverno	0,258	0,466	0,675
Anual	0,243	0,455	0,7147

Os valores de a variaram de 0,195 em fevereiro a 0,328 em julho, e b de 0,371 em dezembro a 0,474 em setembro. Houve tendência de aumento de a para a época verão/outono e de b para primavera/inverno, também observadas por BLANCO & SENTELHAS (2002) para a região de Piracicaba, SP, a cerca de 80 km de Araras e que apresenta a mesma condição climática. Segundo os autores citados, a maior transmissividade da atmosfera em um dia completamente nublado nas estações verão/outono em relação a inverno/primavera é, provavelmente, consequência da redução na massa óptica atmosférica e na quantidade de aerossóis. Entretanto, não se pode descartar, também, os diferentes tipos de nuvens nas duas épocas como fator que afeta, também, os resultados sazonais.

Para a escala anual, os valores de $a = 0,243$ e $b = 0,455$ não se aproximaram daqueles obtidos por CERVellini et al. (1966) para Piracicaba, de 0,18 para a e 0,62 para b . Posteriormente, os coeficientes para Piracicaba foram recalculados por OMETTO (1968) utilizando-se de 1 ano de dados e por BLANCO & SENTELHAS (2002), para quatro anos de dados, obtendo-se 0,26 e 0,231 para a e, 0,51 e 0,50 para b , respectivamente, mais similares aos obtidos neste trabalho, o que era esperado devido a proximidade das regiões e a pouca diferença de altitudes entre elas e sem modificação das condições de relevo. Para os valores sazonais, os resultados obtidos no presente trabalho mostram que os coeficientes a foram cerca de 20% menores do que os obtidos para Piracicaba por BLANCO & SENTELHAS (2002), com exceção do verão no qual foram praticamente idênticos, enquanto que os de b foram sistematicamente maiores em Araras entre 20 e 30%, com exceção do inverno, muito próximos em ambos os trabalhos.

Os coeficientes de determinação foram sistematicamente menores neste trabalho em comparação aos de BLANCO & SENTELHAS (2002), sendo os mínimos valores obtidos para os meses de dezembro e fevereiro, resultando num valor de r^2 igual a 0,57 para a estimativa de verão, contrariamente ao verificado por BLANCO & SENTELHAS (2002), que observaram menores valores para meses de inverno na região de Piracicaba.

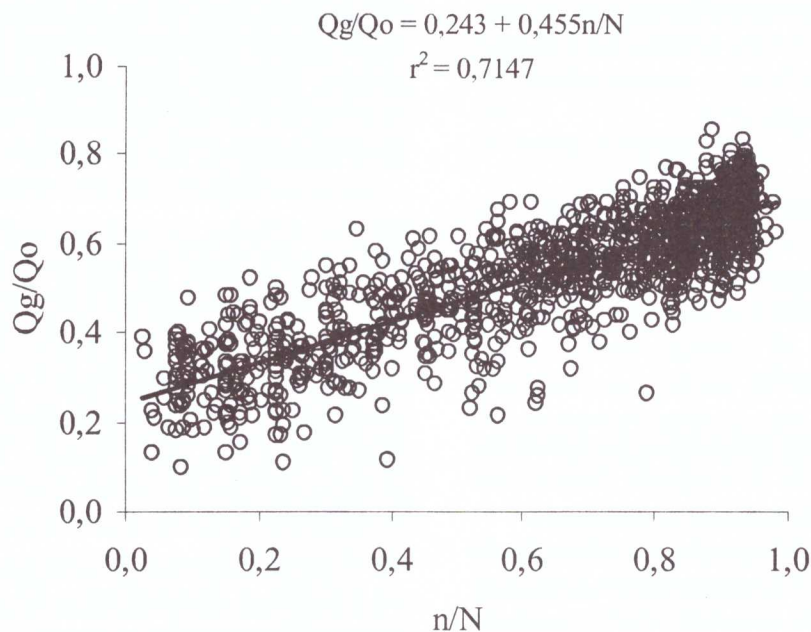


Figura 1. Relação anual entre a razão de insolação (n/N) e o índice de claridade (Q_g/Q_o), com os respectivos valores dos coeficientes a e b da equação de Angström-Prescott gerados pela regressão linear.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, J.V. et al. Estimativa da radiação solar a partir da insolação, na região metropolitana de Fortaleza, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, Florianópolis, 1999. CD-ROM. Florianópolis: SBA, 1999.

ALVES, A.R.; et al. Estimativa da radiação solar global diária a partir de dados de insolação, para Viçosa, Minas Gerais. **Experientiae**, Viçosa, v. 27, n. 10, p. 211-222, 1981.

ANGSTRÖM, A. Solar and terrestrial radiation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, London, v. 50, p. 121-126, 1924.

AZEVEDO, P.V.; VAREJÃO-SILVA, M.A.; VARGAS, G.A.O. **Zoneamento do potencial de energia solar no nordeste**. Campina Grande: UFPB/NMA, 1981. 80 p.

BERLATO, M. A. Radiação Solar no Estado do Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriogradense**. Porto Alegre. v. 5, p. 115-131, 1971.

BLANCO, F.F. & SENTELHAS, P.C. Coeficientes da equação de Angström-Prescott para estimativa da insolação para Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 295-300, 2002

CAMPELO JUNIOR, J.H. Relação sazonal entre radiação solar global e insolação no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 193-199, 1998.

CERVELLINI, A.; SALATI, E.; GODOY, H. Estimativa da distribuição de energia solar no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 31-40, 1966.

DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L. de; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; BERTONHA, A.; SILVA, F. F. da; TRINTINALHA, M. Determinação dos coeficientes da equação de Angström para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 329-336, 2004

DANTAS, A.A.G.; CARVALHO, L.G. de; FERREIRA, E. Estimativa da radiação solar global para a região de lavras, MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v.27, n. 6, p. 1260-1263, 2003.

FONTANA, D.C.; OLIVEIRA, D. Relação entre radiação solar global e insolação para o estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 87-91, 1996.

OMETTO, A. **Estudo das relações entre radiação solar global, radiação líquida e insolação**. 1968. 64p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia : fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba:Livraria e Editora Agropecuária. 2002. 478 p.

PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Transaction of the Royal Society Science Australian**, Adelaide, v. 64, p. 114-118, 1940.

RIBEIRO, A.M.A. Estudo das relações entre radiação global (Qg) e razão de insolação (n/N), em algumas regiões do Brasil. 1980. 88p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

RICIERI, P.R.; ESCOBEDO, F.J.; MARTINS, D. Relações das radiações solar difusa e global em Botucatu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão. *Anais...*Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996. p.547-50.

VALIATI, M.I.; RICIERI, R. P. Estimativa da irradiação solar global com partição mensal e sazonal para a região de Cascavel – PR. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 76-85, 2005.