

DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DO MODELO DE ANGSTRON- PRESCOTT PARA A REGIÃO DE CANAVIEIRAS, ESTADO DA BAHIA

Cássia Juliana Fernandes Torres¹, Naiara de Lima Silva¹, Flávia Marianni Barros²,
Felizardo Adenilson Rocha³ Joseane Oliveira da Silva³

1. Graduandos em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (torrescjf@yahoo.com.br)
 2. Professora da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (mariamariani@yahoo.com.br)
 3. Professores do Instituto Federal da Bahia – IFBA (felizardoar@hotmail.com; joseaneoliveiras@yahoo.com.br)
-

RESUMO

A radiação solar é fonte principal de energia para todos os processos que ocorrem na superfície terrestre, influenciando diretamente as atividades fisiológicas dos seres vivos e os fenômenos climáticos. Diversos pesquisadores do mundo inteiro têm feito uso da metodologia clássica de Angström para caracterizar o regime de distribuição de energia solar em suas regiões de estudo. O presente estudo visa ajustar o modelo de Angstrom-Prescott para região de Canaveiras, Bahia, localizada pelas coordenadas geográficas de 15°40'S e 38°57W, com altitude de 3,87 metros. Os dados climáticos necessários no estudo, tais como radiação solar global e o número total de horas de brilho solar diário incidente na superfície da terra, foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os resultados permitiram inferir que a radiação solar global diária pode ser estimada com boa precisão utilizando-se o modelo de Angstrom-Prescott para a região em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: radiação solar global, equação de Angstrom, modelo simulação

ESTIMATING OF THE ANGSTRON-PRESCOTT COEFFICIENTS MODEL TO CANAVIEIRAS, BAHIA STATE

ABSTRACT

The solar radiation is the main source of energy for the almost entirely process that occur in land surface, bias directly the human activities and the climatic phenomenon. Several researchers around the world has been use of the Angstrom model to estimate the solar radiation for several places. This work intend to fit the Angstrom-Prescott model to Canaveiras's region, Bahia state, located in geographic coordinates 15°40'S and 38°57W, with 3,87 level meters. The climatic data used in the research, like global solar radiation e insolation were attained by INMET. The results indicated that global solar radiation can be estimated with good precision, using the Angstrom-Prescott model.

KEYWORDS: Global solar radiation, Angstrom equation, Simulation model

INTRODUÇÃO

Sendo a principal fonte de energia primária na Terra, a radiação solar é a principal fonte de energia para todos os processos físico-químicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre. Esta energia é recebida pela terra, na forma de ondas eletromagnéticas, provenientes do sol.

Ela é a fonte primária de energia que o globo terrestre dispõe, e a sua distribuição variável é a geratriz de todos os processos atmosféricos (TUBELIS & NASCIMENTO, 2000). Sendo a principal fonte de energia primária na Terra, a radiação solar é responsável pela distribuição da fauna e da flora no planeta, influenciando diretamente as atividades fisiológicas dos seres vivos e os fenômenos climáticos (SANTOS et al., 2003).

O conhecimento da intensidade e variação da radiação solar global ao longo do ano é extremamente importante para a exploração agropecuária, principalmente para o manejo da irrigação. O estudo da energia solar também permite sua aplicação no aquecimento e na utilização da energia fotovoltaica. Embora de grande importância, os dados de radiação solar são de difícil medição e obtenção.

Na tentativa de contornar as dificuldades de medição da radiação solar, devido os altos custos dos equipamentos utilizados na obtenção destes dados e ao fato da utilização de equipamentos se restringirem a área de pesquisa, foram propostas equações capazes de estimar a radiação solar a partir de outros dados climáticos mais acessíveis, tal como a equação de Angstrom (1924), modificada por Prescott (1940), *apud* DALLACORT (2004).

A equação de Angstrom-Prescott foi determinada a partir de dados de 83 estações meteorológicas brasileiras, utilizando a fórmula de Prescott (1940), na qual propôs uma relação de dependência entre “a” e a latitude (φ) na forma: $a = 0,29 \cos \varphi$ com “b” constante, igual a 0,52.

Diversos pesquisadores do mundo inteiro têm feito uso da metodologia clássica de Angström para caracterizar o regime de distribuição de energia solar em suas regiões de estudo (PEREIRA et al. 2002). Devido a grande variabilidade dos coeficientes “a” e “b”, foram determinados seus valores para vários locais por diversos pesquisadores como VALIATI et al. (2000), PEREIRA et al. (2002), SANTOS et al. (2003), DANTAS et al. (2003), DALLACORT et al. (2004) e DORNELAS et al. (2006).

Analisando os valores diários da radiação solar e o número de horas de brilho solar para os anos de 1974, 1975 e 1983, Butler e Miranda (1983) determinaram os coeficientes da equação de Angstrom, registrados no Centro de Pesquisas de Cacau em Ilhéus, Estado da Bahia, e observaram que houve variações mensais e que as estimativas anuais apresentaram-se mais constantes com os valores de $a=0,27$ e $b=0,37$.

Considerando que são muitas as variáveis climáticas que influenciam a quantidade de energia solar que atinge a superfície terrestre, devido a grande variabilidade na transmissividade da radiação na atmosfera proveniente de longos períodos chuvosos, faz-se necessário ajustar modelos para condições específicos da área em estudo.

O objetivo deste trabalho foi determinar os coeficientes “a” e “b” da equação de Angstrom-Prescott, para o município de Canavieiras, Bahia, analisando o ajuste de tais coeficientes em intervalos de tempo anual e mensal, bem como analisar o comportamento do índice de claridade, em escala diária, durante o período analisado.

METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido para o município de Canavieiras-Ba, localizada nas coordenadas geográficas de 15°40’S e 38°57 W, com altitude de 3,87 metros, empregando-se dados de radiação solar global e insolação, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), provenientes de estações convencionais, no período entre 1998 a 2008. Desta forma, os valores de radiação solar global foram obtidas por um actinógrafo e o total de horas de brilho solar diário incidente na superfície da Terra (n) obtido por heliógrafo. A estação meteorológica estava localizada em terreno plano, com boa visão do horizonte.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Af, definido como tropical quente úmido, apresentando temperatura média anual de 24°C, precipitação média anual de 1.806,5 mm e uma umidade relativa média anual de 85,6% (NASCIMENTO et al., 2009).

Os cálculos da declinação Solar (δ), ângulo horário (H), radiação solar no topo da atmosfera (Q_0) e cálculo da razão de insolação (r) foram efetuados por meio das equações descritas em Tubelis e Nascimento (2000).

A equação de Angstrom-Prescott, analisada neste trabalho, é muito utilizada por várias localidades do país, contudo não se mostra muito precisa para determinadas regiões. Esta equação é descrita como:

$$\frac{Q_g}{Q_0} = a + b \cdot \frac{n}{N} \quad \text{eq.1}$$

Em que Q_g é a radiação solar global recebida na superfície terrestre ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$); Q_0 a radiação total recebida em uma superfície plana e horizontal, na ausência da atmosfera ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$); n a insolação diária, (horas); N o comprimento astronômico do dia ou número máximo de horas de brilho solar (horas); e “a” e “b” representam os parâmetros de equação linear de regressão do modelo que caracterizam a transmitância atmosférica.

No estudo também foi estimado o índice de claridade (Kt) e a razão de insolação (r). O índice de claridade refere-se à razão entre a radiação solar global (Q_g) e a radiação no topo da atmosfera (Q_0), dado pela equação 2:

$$Kt = \frac{Q_g}{Q_0} \quad \text{eq.2}$$

A razão de insolação (r) é a relação entre o número de horas de brilho solar diário na superfície da Terra (n) e o número máximo de brilho solar no topo da atmosfera (N), conforme equação 3:

$$r = \frac{n}{N} \quad \text{eq.3}$$

Para a determinação dos coeficientes a e b de Angstrom-Prescott de maneira mensal, sazonal e anual, aplicou-se a regressão linear nos dados coletados de 01 de janeiro de 1998 a 31 de dezembro de 2008, totalizando 11 anos, empregando software Statistica. Na estimativa do valor de N e Q_o, empregou-se planilha eletrônica desenvolvida no Excel.

O modelo de Angstrom-Prescott foi avaliado segundo os seguintes critérios estatísticos: coeficiente de determinação (R²), raiz quadrada do erro médio (RQMR) e coeficiente residual de massa (CRM), conforme Loague e Green (1991) e Xevi et al. (1996). Esses critérios estatísticos permitem comparar os resultados simulados com os observados experimentalmente, avaliando o desempenho do modelo por meio da análise do erro residual.

A raiz quadrada do erro médio é sempre maior ou igual a zero, e o valor ótimo igual a zero. Essa medida mostra o erro obtido na estimativa de y_i, sendo calculada, usando-se a seguinte expressão:

$$\text{RQMR} = \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / n_o \right]^{1/2} \quad \text{eq. 4}$$

em que y_i são os valores observados experimentalmente, \hat{y}_i são os valores simulados (preditos) e n_o é o número de observações.

O Coeficiente Residual de Massa (CRM) é menor ou igual a 1, com o valor zero indicando a condição ótima. O CRM representa a medida da tendência do modelo em superestimar ou subestimar os valores observados. Valores positivos indicam tendência à superestimação pelo modelo. A expressão matemática que descreve essa medida é:

$$\text{CRM} = \left[\left(\sum_{i=1}^n \hat{y}_i - \sum_{i=1}^n y_i \right) / \sum_{i=1}^n y_i \right] \quad \text{eq. 5}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os coeficientes da equação de Angstrom, com seus coeficientes “a” e “b”, obtidos no período de 1998 a 2008, e seus respectivos valores do coeficiente de determinação (R²).

Observou-se que o valor maior do coeficiente “a” ocorreu no mês de Julho, justamente o mês em que o coeficiente “b” foi mínimo. De maneira geral, os valores de a e b variam pouco ao longo dos meses do ano, ficando muito próximos aos valores obtidos a partir de média anual. Este fato pode ter ocorrido porque a cidade está localizada em região litorânea com pouca amplitude térmica, principalmente porque a amplitude é amenizada pelas águas do mar. Portanto, ao invés de estimar a radiação solar empregando os coeficientes mensais, pode-se utilizar os coeficientes médios anuais, sem cometer erros significativos na estimativa da radiação solar global para esta região.

Os valores dos coeficientes “a” e “b” obtidos no presente estudo corroboram com aqueles encontrados por Butler e Miranda (1983), para a região de Ilhéus-Ba entre os anos de 1974 e 1975, os quais foram: a=0,27 e b=0,37. Em outras palavras, os valores dos coeficientes estimados com partição mensal mantiveram na faixa de valores encontrados pelo autor.

TABELA 1. Valores mensais e anuais dos coeficientes da equação de Angstrom calculados através de regressão linear e seus respectivos R², calculados para a cidade de Canaveiras-Ba.

Meses	a	b	R²
Janeiro	0,3488	0,2847	0,9953
Fevereiro	0,3509	0,2736	0,9989
Março	0,3460	0,2757	0,9988
Abril	0,3421	0,2805	0,8990
Mai	0,3688	0,2505	0,9912
Junho	0,3529	0,2514	0,7920
Julho	0,3772	0,2473	0,9399
Agosto	0,3767	0,2580	0,9841
Setembro	0,3517	0,2752	0,9273
Outubro	0,3470	0,2770	0,9985
Novembro	0,3578	0,2869	0,9963
Dezembro	0,3512	0,2914	0,9881
Anual	0,3677	0,2676	0,9932

Na Figura 1, observa-se uma boa distribuição dos pontos, variando no intervalo de 0,15 a 0,71 para o índice de claridade e de 0 a 0,95 para a razão de insolação. Quando “r” tende a zero, situação de elevada nebulosidade ou número de horas de brilho solar próximo de zero, Kt é igual ao coeficiente linear “a”, definindo o mínimo da irradiação solar global que atinge a superfície terrestre.

Por outro lado, quando “r” tende a um, situação de ausência total de nuvens ou máximo de horas de brilho solar, Kt tende à soma dos coeficientes “a” e “b”, obtendo-se a transmissividade máxima da radiação solar global.

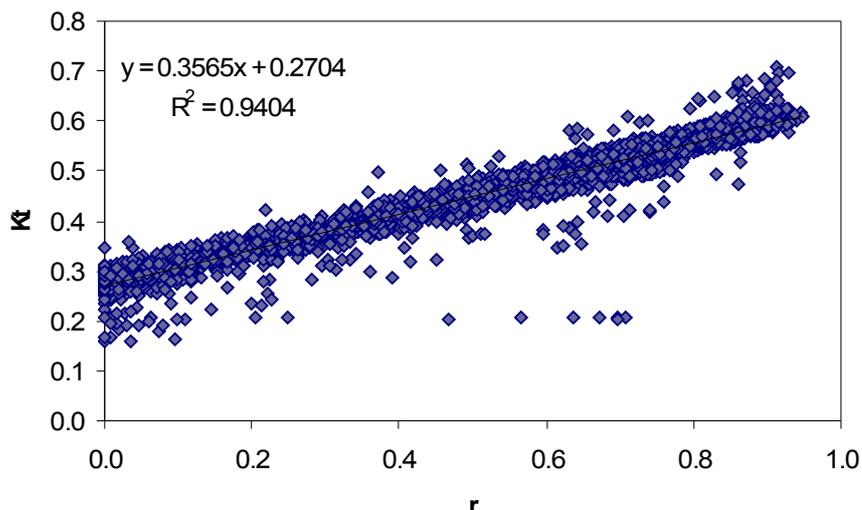


FIGURA 1. Regressão linear entre a razão de radiação ($K_t=Q_g/Q_0$) e a razão de insolação (r) diária no período de 1998 a 2008, para o município de Canavieiras, Bahia.

Os valores de CRM e RQMR, determinados com base nos dados diários de radiação solar, foram de 0,082 e 1,7148, respectivamente; mostrando bom ajuste dos dados de radiação solar estimados empregando o modelo de Angstrom-PreScott. No entanto, o CRM indicou uma pequena tendência do modelo em superestimar os valores de radiação solar.

Os valores mínimos e máximos observados de radiação solar no período de 1998 a 2008 foi de 4,25 e 29,88 $\text{MJ},\text{m}^{-2},\text{dia}^{-1}$, enquanto os valores mínimos e máximos de radiação solar estimados pelo modelo foram de 9,35 e 25,13 $\text{MJ},\text{m}^{-2},\text{dia}^{-1}$.

CONCLUSÕES

A radiação global na região de Canavieiras, estado da Bahia, pode ser estimada com boa precisão utilizando-se o modelo de Angstrom-PreScott, adotando seus coeficientes **a** e **b** estimados com partição mensal ou anual.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilidade dos dados climáticos utilizados na pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUTLER, D.R.; MIRANDA, R.A.C. Estimativa do fluxo de radiação global no Centro de Pesquisas do Cacau e área circunvizinhas. **Rev. Theobroma**, v.13. p.321-5, 1983.

DALLACORT, R.; FREITAS, P.S. L.; GONÇALVES, A.C.A.; REZENDE, R.; BERTONHA, A.; SILVA, F.F.; TRINTINALHA, M. Determinação dos coeficientes da

equação de Angstrom para a região de Palotina, Estado do Paraná, **Acta Scientiarum**, Agronomy Maringá, v.26, n. 3, p, 329-336, 2004.

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

DORNELAS, K.D.S.; SILVA, C.L.; OLIVEIRA, C.A.S. Coeficientes médios da equação de Angstrom-Prescott, radiação solar e evapotranspiração de referência em Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.8, p.1213-1219, ago, 2006.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, Disponível em:<
<http://www.inmet.gov.br/>>, Acessado em outubro de 2010.

LOAGUE, K.; GREEN, R. E. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. Amsterdam, **Journal of contaminant Hydrology**, n.7, p.51-73, 1991.

NASCIMENTO, D.M.C. et al, Mudanças na ocupação econômica do litoral sul da Bahia: os exemplos de Belmonte e Canavieiras, Bahia, **Revista Desenharia** nº 10 / mar, 2009.

PEREIRA, A. B.; VRISMAN, A. L.; GALVANI, E. Estimativa da radiação solar global diária em função do potencial de energia solar na superfície do solo. **Scientia Agricola**, v.59, n.2, p.211-216, 2002.

SANTOS, R. A. HERNANDEZ, F. B. T., FIORAVANTI, C. D. LIMA, R.C. VALERIO FILHO, W.V. Estimativa da radiação solar global diária em Ilha Solteira, São Paulo, **XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA**, 2003 Goiânia – GO.

STATSOFT. Statistica for windows V.5.5 Tulsa: Statsoft, 1996.

TUBELLIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**, São Paulo: Nobel, 2000.

VALIATI, M.I.; RICIERI, R.P.; SILVA, S.L.; GRIGOLETO, M.W.; SILVA, W.C.M. Estimativa da irradiação solar global, para a região de cascavel, com partição mensal, **CONGRESSO E MOSTRA DE AGROINFORMÁTICA**, Vila Velha – PR, 2000.

VIANELLO, R.L. e ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações**, Viçosa, Imprensa Universitária, 1991, 449p.

XEVI, E.; GILLEY, J.; FEYEN, J. Comparative study of two crop yield simulation models. **Agricultural Water Management**, v.30, p.155-173, 1996.