



## Parametrização da equação de Angström-Prescott para estimativa da radiação solar incidente à superfície terrestre

Paulo H. F. Figueiredo<sup>1</sup>, Wezer L. Miranda<sup>2</sup>, Pietros A. B. dos Santos<sup>3</sup>, Ana L. S. Ferreira<sup>4</sup>, Thaline B. S. da Silva<sup>5</sup>, Luiz G. de Carvalho<sup>6</sup>

1 Graduando em Eng. Agrícola, Depto. de Engenharia, Bolsista PET-Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras - MG, Fone: (35)9100-5434

2 Engenheiro Agrícola, Doutorando, Depto. de Engenharia, Bolsista CAPES, UFLA, Lavras - MG

3 Graduando em Eng. Agrícola, Depto de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

4 Graduanda em Agronomia, Depto de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

5 Graduanda em Eng. Florestal, Depto de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

6 Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 2 a 6 de Setembro de 2013 – Centro de Eventos Benedito Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém – PA.

**RESUMO:** O conhecimento do comportamento da radiação solar é de fundamental importância para aplicação nas variadas atividades agrícolas. Assim, objetivou-se com este trabalho determinar os coeficientes “a” e “b” do modelo linear de Angström-Prescott para a estimativa da radiação solar incidente à superfície terrestre. Para tanto, foram utilizados dados da Estação Climatológica Principal (INMET/UFLA) e da Estação Meteorológica Automática do INPE, ambas situadas na Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, no período de setembro de 2004 a abril de 2005. Os valores foram obtidos pela análise de regressão, sendo “a” e “b” as constantes da equação do modelo que caracteriza a transmitância atmosférica. A equação obtida com os valores diários do período é dada por:  $R_s/R_a = 0,2289 + 0,4674 n/N$ , apresentando coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,8803.

**PALAVRAS-CHAVE:** Radiação solar, transmitância atmosférica, estação meteorológica

**ABSTRACT:** The knowledge of the behavior of the solar radiation is of fundamental importance for application in various agricultural activities. Thus, the aim of this work was to determine the coefficients "a" and "b" of the linear model of Angstrom-Prescott to estimate incident solar radiation at the surface. For this purpose, we used data of Principal Climatological Station (INMET / UFLA) and Automatic Weather Station INPE, both located at the University of Lavras, Lavras, from September 2004 to April 2005. The values were obtained by regression analysis, with "a" and "b" constants of the model equation that characterizes the atmospheric transmittance. The equation obtained





from the daily values for the period is given by:  $R_s / R_a = 0.2289 + 0.4674 n / N$ , with coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.8803.

**KEY WORDS:** Solar radiation, meteorological station, atmospheric transmittance

## INTRODUÇÃO

Para o sucesso de um empreendimento agrícola, o conhecimento das condições meteorológicas do local é de suma importância. Dentre os fatores meteorológicos a radiação solar incidente à superfície terrestre ( $R_s$ ) é utilizada no estudo de mudanças climáticas, necessidades hídricas e outros (BORGES et al., 2010). Desta forma, o conhecimento da sua intensidade e variação ao longo do período de interesse é crucial para as atividades no meio agrícola. Contudo é notado que a disponibilidade de dados medidos é limitada, pois o número de estações de superfície que registram a  $R_s$  é reduzido comparado ao daquelas que registram, por exemplo, a temperatura do ar, a precipitação pluviométrica e a insolação (THORNTON & RUNNING, 1999; WEISS et al., 2001). Quando a  $R_s$  não está disponível no local, pode ser utilizado um modelo teórico, ajustado para a localidade. Um dos modelos, capaz de estimá-la, é o de Angström (1924), modificado por Prescott (1940) que hoje é amplamente conhecido como Angström-Prescott e que tem como parâmetros as constantes “a” e “b”. Com o presente trabalho, objetivou-se determinar tais coeficientes “a” e “b”, aplicáveis à cidade de Lavras-MG, tomando como base os dados de radiação observados no período de setembro de 2004 a abril de 2005.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de dados observados na Estação Meteorológica Automática (EMA) pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e na Estação Climatológica Principal (ECP) do Instituto Nacional de Meteorologia – no convênio UFLA/INMET. Ambas localizadas no campus da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. O período avaliado está compreendido entre os meses de setembro de 2004 e abril de 2005, sendo avaliado de setembro a março como período chuvoso. O local apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude  $21^{\circ}14' S$ ; longitude  $45^{\circ}00' W$ ; e altitude de 918,8 m. O clima é Cwa, conforme a classificação climática proposta por Köppen e confirmada por Dantas et al. (2007).

Os dados de insolação (n), em horas, foram obtidos a partir de um heliógrafo do tipo Campbell-Stokes. A radiação solar incidente sobre a superfície terrestre ( $R_s$ ) foi obtida no radiômetro da EMA. A radiação na ausência da atmosfera ( $R_a$ ) foi estimada com a seguinte equação:

$$R_a = 37,586 * dr * (\omega_s * \text{sen}\phi * \text{sen}\delta + \cos\phi * \cos\delta * \text{sen}\omega_s) \quad (\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1})$$

onde:

$\omega_s$  - Ângulo horário do nascer ou pôr do sol;

$\phi$  - Latitude local;

$\delta$  - Declinação solar;



$d_r$  - Distância relativa Terra-Sol, obtida por:

$$d_r = 1 + 0,033 * \cos\left(\frac{2\pi}{365} * J\right)$$

$J$  - dia Juliano.

Para a duração astronômica ( $N$ ) do dia, utilizou-se a equação abaixo:

$$N = \frac{24}{\pi} * \omega_s \quad (\text{horas})$$

A equação de Angström-Prescott onde constam os parâmetros “a” e “b” é dada por:

$$\frac{R_a}{R_s} = a + b \frac{n}{N}$$

em que:

a e b - Parâmetros de regressão do modelo que caracterizam a transmitância atmosférica

Desta forma os dados da equação foram submetidos a análise de regressão, sendo que  $R_a/R_s$  foram considerados as variáveis dependentes e  $n/N$  as variáveis independentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, apresenta-se o gráfico com as relações entre a razão de radiação solar ( $R_s/R_a$ ) e a razão de insolação ( $n/N$ ) com o qual os parâmetros foram determinados. Os valores obtidos para “a” e “b” foram respectivamente de 0,2289 e 0,4674. A regressão apresentou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,8809. Dantas et al., (2003) realizando análise semelhante, obtiveram para a região de Lavras os valores 0,23 e 0,49 para os parâmetros “a” e “b” respectivamente, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) 0,89 na escala sazonal.

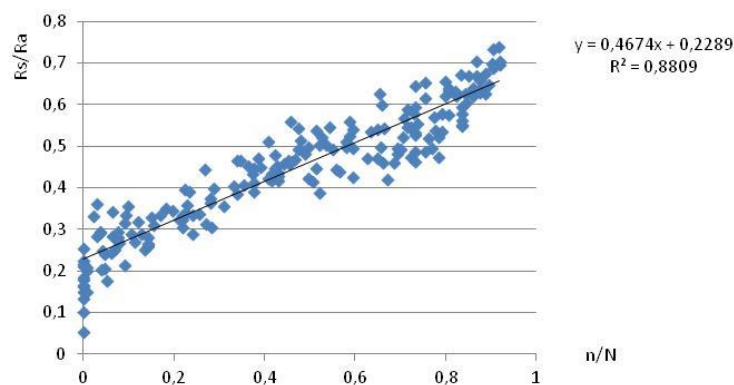


Figura 1 – Gráfico da regressão linear simples para a determinação dos parâmetros “a” e “b”.

Blanco e Sentelhas (2002), também estimando os coeficientes “a” e “b” da equação de Angström-Prescott, mas para o município de Piracicaba - SP, em um período de quatro anos (junho de 1996 a maio de 2000), utilizando dados de radiação solar e brilho solar, na escala anual, mensal e sazonal, encontraram valores anuais de 0,23 e 0,50 respectivamente. O valor de “a” foi semelhante, mas para “b” houve uma ligeira

diferença. Em estudo semelhante, considerando uma série de um ano (setembro de 1966 a agosto de 1967), Ometto (1968) encontrou valores para a e b iguais a 0,26 e 0,51, respectivamente, sendo que ambos superaram os valores encontrados neste trabalho.

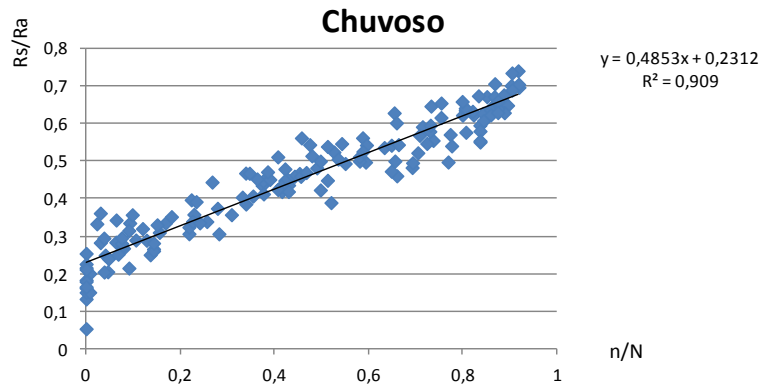


Figura 2 – Gráfico da regressão linear simples para a determinação dos parâmetros “a” e “b” para o período chuvoso.

A Figura 2 acima, apresenta o gráfico com as relações entre a razão da radiação solar ( $R_s/R_a$ ) e a razão da insolação ( $n/N$ ) com o qual os parâmetros foram determinados, correspondente ao período chuvoso do período total avaliado (setembro de 2004 a abril de 2005). Os valores obtidos para “a” e “b” foram respectivamente de 0,2312 e 0,4853. A regressão apresentou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,909. Dantas et al., (2003) em estudo semelhante, obtiveram para a região de Lavras os valores 0,23 e 0,49 para os parâmetros “a” e “b” respectivamente, com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) 0,89 na escala sazonal, o que apresentam alta correlação com os valores observados na Figura 2.

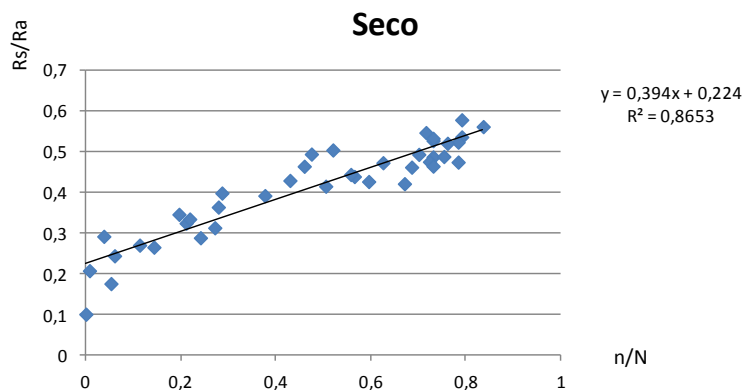


Figura 3 – Gráfico da regressão linear simples para a determinação dos parâmetros “a” e “b” para o seco.

Observa-se no gráfico acima (Figura 3), que os valores obtidos para “a” e “b” foram respectivamente de 0,224 e 0,394. A regressão apresentou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,8653. Trabalhos anteriores (Dantas et al., 2003), obtiveram para a região de Lavras os valores 0,23 e 0,49 para os parâmetros “a” e “b” respectivamente, com



coeficiente de determinação ( $R^2$ ) 0,89 na escala sazonal, divergindo dos valores observados no gráfico acima.

## CONCLUSÕES

Para a região de Lavras, MG é possível estimar a radiação solar incidente sobre a superfície terrestre a partir de dados de insolação. Os resultados encontrados, para os parâmetros “a” e “b”, a serem utilizados na equação de Angström-PreScott, foram de 0,2289 e 0,4674, respectivamente.

## AGRADECIMENTOS

Ao FNDE e a CAPES pelas bolsas concedidas aos estudantes envolvidos na pesquisa e à FAPEMIG pelo apoio financeiro concedido.

## REFERÊNCIAS

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

BLANCO, F.F.; SENTELHAS, P.C. Coeficientes da equação de Angström-PreScott para estimativa da insolação para Piracicaba. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.295-300, 2002.

BORGES V.P. et al. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.74-80, 2010.

CARVALHO, D. F. DE; SILVA, D. G. DA; SOUZA, A. P. DE; GOMES, D. P.; ROCHA, H. S. DA. Coeficientes da equação de Angström-PreScott e sua influência na evapotranspiração de referência em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 8, p. 838-844, 2011.

DANTAS, A. et al. Estimativa da radiação solar global para a região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.1260-1263, 2003.

JERZURKI, D.; SOUZA, J. L. M. DE. Parametrização das equações de Hargreaves & Samani e Angström-PreScott para estimativa da radiação solar na região de Telêmaco Borba, Estado do Paraná. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.3, p-389,2013.

OMETTO, A. **Estudo das relações entre radiação solar global, radiação líquida e insolação**. 1968. 64f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA  
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia  
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013  
*Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade  
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia*



Agronomia, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, SP.

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

SOUZA, J.D. et al. Estimativa da radiação solar global à superfície usando um modelo estocástico: caso sem nuvens. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.2, p.1-36, 2008.

THORNTON, P. E.; RUNNING, S. W. An improved algorithm for estimating incident daily solar radiation from measurements of temperature, humidity and precipitation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.93, n.4, p.211-228, 1999.

WEISS, A.; HAYS, C. J.; HU, Q.; EASTERLING, W. E. Incorporating bias error in calculating solar irradiance: implications for crop simulations. **Agronomy Journal**, v.93, n.6, p.1321-1326, 2001.

