

# RECUPERAÇÃO DE DADOS ACTINOGRÁFICOS: APLICAÇÃO PARA A ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL EM PRESIDENTE PRUDENTE – SP<sup>1</sup>

José Tadeu Garcia Tommaselli<sup>2</sup>, Eric Cuba Fujita<sup>3</sup>

**ABSTRACT** – The main purpose of this paper is to present a fast procedure to digitalization and vectorization of radiograms from Robitzch actinograph and estimation of global solar radiation values. This procedure allows the digitalization and vectorization of the radiograms and the calculation of the global solar radiation values. Besides, it must be emphasized the importance in keeping a very important data base to agricultural activities. This procedure have the advantage of more precise evaluation of the radiograms derived data. This procedure can also be used to carry out estimations of many other parameters registered on papers stripes, such as, termograms, pluviograms, hygrogams, etc..

## INTRODUÇÃO

A rede solarimétrica brasileira, representada por suas estações meteorológicas de primeira classe (caso típico da estação meteorológica de Presidente Prudente-SP) registra sistematicamente, via actinógrafo de Robitzch, os valores da radiação solar global em fitas de papel, sem contudo avaliar o valor do dado registrado. Assim, existe uma imensa base potencial de dados de radiação solar global sem, contudo, estar avaliada, representada por valores que tenham utilidade direta pela comunidade meteorológica e/ou agrometeorológica.

O objetivo deste trabalho é mostrar um procedimento rápido para a digitalização dos radiogramas, registrados por um actinógrafo, e posterior extração dos valores de radiação solar global. Este procedimento permite, inicialmente, a digitalização e vetorização dos radiogramas e, depois, a extração dos valores de radiação solar global. Isto posto, deve ser frisada a importância de se preservar esta série de dados de radiação solar global, que é muito útil para o desenvolvimento das atividades das pesquisas agrônômicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Nesse estudo foram utilizados os radiogramas registrados pelo actinógrafo de Robitzch, durante o ano de 2001 na Estação Meteorológica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista, campus de Presidente Prudente, SP (22° 07' 04" S, 51° 22' 57" W e 472 m). Também foram utilizados os dados diários de brilho solar,  $n_i$  (em horas), do mesmo ano de 2001.

Os radiogramas semanais foram digitalizados com resolução de 150 dpi e armazenados no formato *jpg*. A vetorização das imagens foi feita utilizando o aplicativo gráfico *Surfer*. Os valores gerados foram portados para o formato *xls* para organização básica dos dados, cálculos preliminares e das transformações.

Para a vetorização dos radiogramas, foi adotado o seguinte procedimento: primeiro foi digitalizado o radiograma semanal, e na sequência a imagem gerada foi subdividida em sete (uma para cada dia).

Na sequência foram vetorizados pontos de controle, necessários para corrigir erros de inclinação da imagem. Posteriormente vetorizou-se a curva de

radiação solar global, conforme mostra a Figura 1.

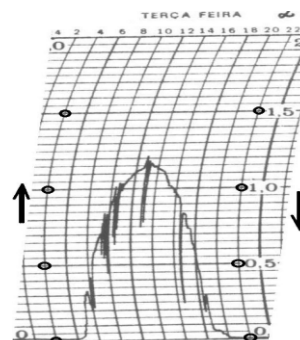


Figura 1. Seção do radiograma da semana 01-07/01/2001, mostrando o dia 02/01/2001 e os pontos de controle. As setas indicam o sentido de vetorização dos pontos de controle.

A vetorização do radiograma gera um conjunto de coordenadas baseada na informação da imagem (normalmente número de pixels). Este sistema virtual deve sofrer transformações para gerar o sistema real. Esta amarração é ajustada pelos pontos de controle, cujas coordenadas da imagem são vetorizadas e cujos valores reais estão registrados na fita de papel.

Esses pontos de controle, sempre fixos, denominados A, B, C, D, E, F, G e H, com  $(X_{RA}; Y_{RA})$ ,  $(X_{RB}; Y_{RB})$ ,  $(X_{RC}; Y_{RC})$ ,  $(X_{RD}; Y_{RD})$ ,  $(X_{RE}; Y_{RE})$ ,  $(X_{RF}; Y_{RF})$ ,  $(X_{RG}; Y_{RG})$  e  $(X_{RH}; Y_{RH})$ , respectivamente, são apresentados na Figura 1. As coordenadas vetorizadas no sistema da imagem recebem a nomenclatura  $(x_j, y_j)$ .

Se  $X$  = tempo (h) e  $Y$  = valor da radiação solar global ( $\text{cal/cm}^2/\text{min}$ ), cada ponto de apoio possui uma coordenada real  $(X_{Rj}; Y_{Rj})$  e uma no sistema da imagem (ou lida) equivalente  $(x_j, y_j)$ . A partir desta equivalência utiliza-se o modelo de transformação, que faz uso das coordenadas dos pontos fixos para obter os valores dos coeficientes  $a_n$  e  $b_n$  que permitirão, a partir das leituras das coordenadas no sistema da imagem,  $x_j$  e  $y_j$ , da curva de radiação, a obtenção das coordenadas corrigidas e retificadas  $X_R$  e  $Y_R$ , da mesma. O modelo de transformação é dado por:

$$X_{Rj} = a_1 x_j + b_1 y_j + c_1 y_j^2 + d_1 \dots \dots \dots (1)$$

$$Y_{Rj} = a_2 x_j + b_2 y_j + \dots \dots \dots (2)$$

A presença do termo quadrático em  $y$  ( $c_1 \cdot y^2$ ) responde pela retificação das linhas curvas das ordenadas dos radiogramas.

Para resolver o sistema deve ser montado um sistema de vetores (matrizes) que represente, em apenas um conjunto, os oito pares de coordenadas reais dos pontos de controle, relacionados aos seus valores lidos nas imagens (radiogramas):

$$V = A \cdot X \dots \dots \dots (3)$$

em que:  $V$  é o vetor das coordenadas dos pontos fixos ou reais),  $A$  é o das coordenadas da imagem (valores lidos) e  $X$  é o dos coeficientes (incógnita).

<sup>1</sup> Estudo financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Prof. Dr., FCT – UNESP, C. P. 957, CEP 19060-900 – Presidente Prudente (SP), tadeu@prudente.unesp.br

<sup>3</sup> Aluno do curso de graduação em Geografia - bolsista Fapesp, ericsukita@yahoo.com.br.

A resolução é dada por:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{V} \quad (4)$$

A partir dos coordenadas reais ( $X_R$ ,  $Y_R$ ) é elaborado um gráfico representando o radiograma. Foi gerado um gráfico, conforme a Figura 2, para comparação visual com o radiograma original (Figura 1).

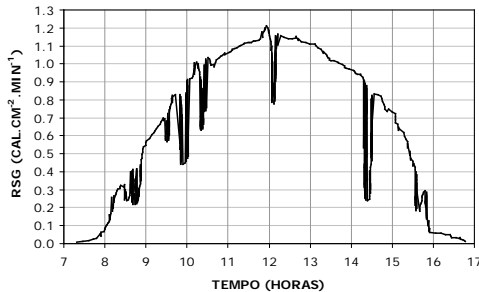


Figura 3. Gráfico do radiograma vetorizado, com as coordenadas reais e corrigido da curvatura.

Na seqüência, a própria planilha que executa as transformações de coordenadas já executa também as integrações das curvas, fornecendo o total diário de radiação solar global.

Depois desta etapa inicial de obtenção da radiação solar global,  $R_g$ , foram calculados os valores da radiação solar no topo da atmosfera,  $R_o$ , e da duração astronômica do dia,  $N$ , conforme procedimento mostrado em Vianello e Alves (1991).

De posse de todos os valores necessários foram realizadas as regressões lineares de acordo com o modelo desenvolvido por Angstrom (1924) e modificado por Prescott (1940):

$$R_g/R_o = a + b.n/N \quad (5)$$

As regressões foram realizadas para cada um dos doze meses do ano e uma para o ano todo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os coeficientes das equações de regressão entre a razão de radiação ( $R_g/R_o$ ) e a razão de insolação ( $n/N$ ) para os doze meses do ano de 2001. Também são apresentados os coeficientes de determinação das equações de regressão, para se avaliar a qualidade dos modelos ajustados. Em termos gerais, pode-se dizer que os modelos apresentados para cada mês, explicam, em média, cerca de oitenta por cento da variabilidade da regressão. O melhor ajuste acontece na equação de regressão do mês de outubro com um coeficiente de determinação de 0,9160 e o pior ajuste ocorre com a equação de regressão do mês de fevereiro, com coeficiente de determinação de 0,7802. Os coeficientes lineares ( $a$ ) apresentam valores bem próximos de uma valo medio anual, o que permite concluir que em Presidente Prudente, SP, os valores de radiação difusa tem pouca variabilidade durante o ano.

A figura 3 mostra a equação de regressão entre todos os valores diários de razão de radiação e os de razão de insolação.

O coeficiente de determinação da regressão apresentada na Figura 3 ( $R^2 = 0,848$ ) mostra a boa qualidade do modelo de ajuste entre a razão de radiação e a razão de insolação. Isto permite concluir que as

medidas de horas de brilho solar em Presidente Prudente, SP, são excelentes parâmetros de estimativa da radiação solar global.

Tabela 1. Coeficientes das equações de regressão entre a razão de radiação ( $R_g/R_o$ ) e a razão de insolação ( $n/N$ ) para os 12 meses do ano de 2001 e para todo o ano de 2001, em Presidente Prudente, SP.

Mês	a	b	R <sup>2</sup>
Janeiro	0,2431	0,3339	0,8469
Fevereiro	0,2179	0,3493	0,7802
Março	0,2502	0,3229	0,8725
Abril	0,2520	0,3222	0,8246
Mai	0,2207	0,4071	0,8752
Junho	0,2163	0,4269	0,8337
Julho	0,2252	0,4290	0,8419
Agosto	0,2431	0,3339	0,8469
Setembro	0,2038	0,4415	0,9068
Outubro	0,2021	0,4160	0,9160
Novembro	0,1895	0,3990	0,7887
Dezembro	0,2198	0,3858	0,8626

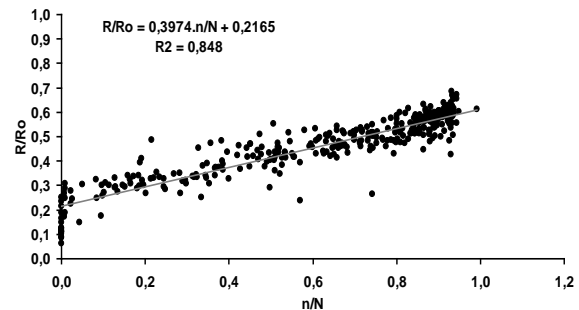


Figura 3. Regressão linear entre os valores diários de razão de radiação ( $R/R_o$ ) e de razão de insolação ( $n/N$ ), no ano de 2001.

Em linhas gerais, a metodologia de recuperação dos dados de radiação solar dos actinógrafos, através da digitalização e vetorização dos radiogramas, mostra muitas vantagens em relação à técnica mais comum de uso do planímetro. A vetorização permite um nível de detalhe de reconstrução da curva de radiação global muito superior ao planímetro. Além disso o procedimento é muito mais rápido, pois os valores vetorizados já podem ser utilizados diretamente nas planilhas ou programas de cálculo dos valores da radiação solar global

## REFERÊNCIAS

- Angstrom, A. Solar and terrestrial radiation. Quarterly Journal of Royal Meteorological Society, London, n.50, p.121-125. 1924
- Prescott, J. A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. Transaction of Royal Society Science Australian. Adelaide, v.64, p.114-118, 1940.
- Vianello, L. R., Alves, R. A. Meteorologia Básica e aplicações. Editora UFV. Viçosa. 1991.