

UM PROCEDIMENTO PARA RECUPERAÇÃO DE DADOS PLUVIOGRÁFICOS, ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO PARA A ESTIMATIVA DA EROSIVIDADE DA CHUVA EM PRESIDENTE PRUDENTE, SP¹

José Tadeu Garcia Tommaselli², Priscila Costa Carvalho³

ABSTRACT – The main purpose of this paper is to present a fast procedure to digitalization and vectorization of pluviograms and estimation of I_{30} and EI_{30} values. First of all, this procedure allows the digitalization and vectorization of the pluviograms and after that, the calculation of the EI_{30} 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 pluviograms derived data, such as EI_{30} estimation. Although it is not mentioned in this paper, this procedure can also be used to carry out estimations of parameters depending upon rainfall intensity.

INTRODUÇÃO

A erosividade da chuva, ou fator **R** que pertence a Equação Universal de Perdas de Solo, é o índice que representa a capacidade da chuva de causar erosão. (SILVA et al., 1981). O fator **R**, normalmente é estimado pelo índice de erosividade EI_{30} , idealizado por Wischmeier & Smith (1960), que é baseado na intensidade máxima da chuva durante 30 minutos (I_{30}). O maior problema de se determinar este valor de intensidade está na cotação dos pluviogramas.

O objetivo deste trabalho é mostrar um procedimento rápido para a digitalização dos pluviogramas e extração dos valores de I_{30} e posterior cálculo do EI_{30} . Este procedimento permite, em primeira instância, a digitalização e vetorização dos pluviogramas e, num segundo momento, a estimativa dos valores de EI_{30} . Além disso, deve ser salientada a importância de se preservar uma série de dados extremamente útil para as atividades agrônômicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Nesse estudo foram utilizados os pluviogramas registrados de 1998 a 2002 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).

Os pluviogramas 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 pluviogramas, adotou-se o seguinte procedimento: havendo curvas de chuvas separadas entre si com intervalo igual ou superior de seis horas foram avaliadas como duas chuvas independentes, independente da mudança de dia (Tommaselli et al., 1999). Foram selecionadas apenas as áreas dos pluviogramas que continham informações sobre a precipitação.

Na seqüência foram vetorizados pontos de controle, necessários para corrigir erros de inclinação da imagem. Posteriormente vetorizou-se a curva de chuva, conforme mostra a Figura 1.

A transformação de coordenadas, para realizar correções necessárias nos pluviogramas, ou seja, do traslado da origem e da inclinação dos eixos do pluviograma em relação aos eixos da imagem (rotação), foi feita utilizando pontos fixos (ou pontos de apoio) em que se conhece as coordenadas reais (do pluviograma) e as coordenadas fictícias (do sistema da imagem). Esses pontos 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 2. É importante lembrar que cada um desses pontos possui, também, coordenadas (x_j, y_j) conhecidas (extraídas da imagem).

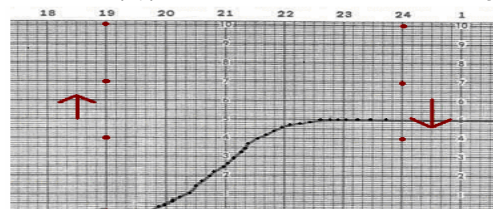


Figura 1. Pluviograma de 05 a 06 de fevereiro de 1998 (Obs: As setas indicam a direção e sentido do processo de vetorização dos pontos fixos.)

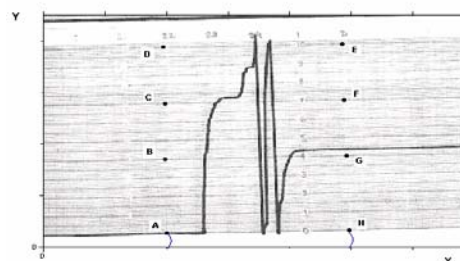


Figura 2. Exemplo de um pluviograma, enfatizando as correções realizadas

Se **X** = tempo (h) e **Y** = altura da chuva (mm), cada ponto de apoio possui uma coordenada real $(X_{Rj}; Y_{Rj})$ e uma fictícia (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 fictícias, ou lidas, x_j e y_j , da curva de chuva, a obtenção das coordenadas corrigidas e retificadas X_R e Y_R , da mesma. O modelo de transformação é dado por:

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

$$Y_{Rj} = a_2 x_j + b_2 y_j + c_2 \dots \dots \dots (2)$$

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 apoio, relacionados com os seus valores lidos dos pluviogramas:

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

em que: **V** é o vetor das coordenadas dos pontos fixos

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

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

³ Aluna da Graduação de Engenharia Ambiental - bolsista Fapesp, pri_ambientalista@yahoo.com.br.

(ou reais), A é o das coordenadas fictícias (valores lidos) e X é o dos coeficientes (incógnita).

A resolução é dada por:

$$X = (A^T A)^{-1} \cdot (A^T V) \dots \dots \dots (4)$$

A partir dos coordenadas reais (X_R , Y_R) é elaborado um gráfico representando o pluviograma. Gera-se um gráfico, conforme a Figura 3, para comparação visual entre o pluviograma original e o vetorizado.

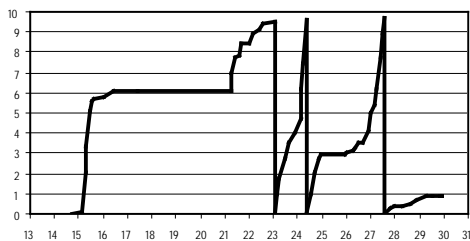


Figura 3. Gráfico do pluviograma vetorizado.

Para se obter os valores de I_{30} é necessário modificar o gráfico dos pluviogramas, excluindo os sifonamentos, gerando um gráfico totalizado ou acumulado (Figura 4) Para gerar esta curva de chuva acumulada, foi utilizado o Excel⁴.

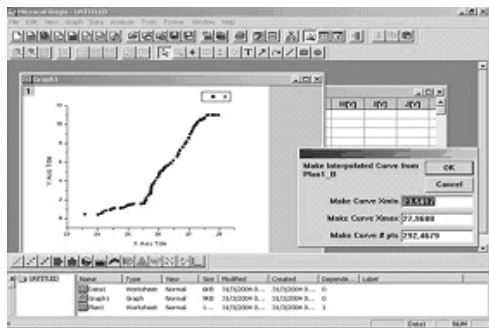


Figura 4. Gráfico com a chuva acumulada.

Na seqüência as coordenadas X_R deveriam ser espaçadas regularmente para que fosse possível separar a chuva em 30 minutos. Foi utilizado o aplicativo *Origin*⁵. Através da elaboração do macro comando foi possível segmentar a curva em tempos igualmente espaçados (Figura 4). Os valores obtidos no *Origin* foram transportados para o *Excel*.

Os valores de I_{30} e EI_{30} foram calculados em uma planilha Excel, sob as seguintes condições: a chuva era erosiva se tivesse altura superior a 12,5 mm; se inferior a esta, mas com intensidade superior a 25 mm.h⁻¹, também foi analisada. A intensidade da chuva (I) foi limitada em 76 mm.h⁻¹ e a partir deste valor considerada constante. As equações utilizadas foram adaptadas de Lombardi Neto (1977):

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \log I \dots \dots \dots (4)$$

em que E_c é a energia cinética (MJ.ha.mm) e I é a intensidade da chuva (mm.h⁻¹).

$$EI_{30} = \left(\sum E_{c_i} \cdot P_i \right) \cdot I_{30} \dots \dots \dots (5)$$

em que E_{c_i} é a energia cinética (MJ.ha.mm) do i -ésimo segmento de chuva, P_i é a altura da chuva (mm) do i -ésimo segmento de chuva e I_{30} é a intensidade máxima em 30 minutos (mm.h⁻¹).

⁴ Excel e xls são marcas registradas da Microsoft Co.
⁵ Origin é marca registrada da Microcal Inc.

O somatório dos valores diários de erosividade, em determinado mês é o valor de erosividade mensal, e o somatório dos valores mensais determina o valor anual. A planilha possui um quadro resumo com os valores de erosividade mensal e anual, além de um quadro para determinar os valores médios de erosividade nas estações do ano. Foram calculadas as frequências ou probabilidades e os períodos de retorno dos índices de erosividade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor médio anual do índice de erosividade de Presidente Prudente é **9805 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹** para o período de 1998 a 2002, com um desvio padrão de 1873 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ e um coeficiente de variação de 19,1%. O menor valor foi de 6597 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, no ano de 2002 e o maior, 11615 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, no ano de 1999, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Valores sazonais e anuais dos EI_{30} (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) para Presidente Prudente, SP, no período de 1998 a 2002 (fator R da EUPS).

Ano	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Anual
1998	4670	420	818	5307	11215
1999	4024	2515	120	4956	11615
2000	3904	533	736	5621	10794
2001	3629	507	84	4582	8802
2002	1059	452	953	4133	6597
Média	3457	885	542	4920	9805
s	1247	816	366	525	1873
CV(%)	36,1	92,1	67,5	10,7	19,1

Em Presidente Prudente, SP, a época de maior risco erosivo é a primavera, pois sua erosividade média é de 4920 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, ou seja, 50,2 % do total do EI_{30} médio. A época de menor risco erosivo é o inverno com o valor de 542 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, representando apenas 5,5% do total do EI_{30} médio. A época de maior variabilidade é o outono com coeficiente de variação de 92,1% e a de menor variabilidade é a primavera com 10,7%. A erosividade na primavera e verão somadas correspondem a 85,4% da erosividade total do ano. Entre os meses de setembro e abril, são realizadas práticas agrícolas como as colheitas, o preparo do solo e a semeadura, o que deixa o solo fica mais exposto, facilitando ainda mais o processo erosivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lombardi Neto, F. Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Puerdue University, 1977, 53p.

Silva, J.R.C, et al. Erosividade das chuvas em Tianguá – CE. Primeiro ano de determinação do índice EI_{30} . In: III ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1981, Recife. Anais...Fortaleza: UFC. p. 148-157.

Tommaselli, J. T. G., Freire, O. E Carvalho, W.A. Erosividade da chuva da região oeste do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.7, n.2, p.269-176, 1999.

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58 p. (USDA Agricultural

Handbook, 537).