

EROSIVIDADE DAS CHUVAS EM URUGUAIANA, RS, DETERMINADA PELO ÍNDICE EI₃₀, COM BASE NO PERÍODO DE 1963 A 1991⁽¹⁾

Clério Hickmann⁽²⁾, Flávio Luiz Foletto Eltz⁽³⁾, Elemar Antonino
Cassol⁽⁴⁾ & Clarissa Melo Cogo⁽⁵⁾

RESUMO

A erosividade representa o potencial que as chuvas têm de provocar erosão hídrica no solo. O índice EI₃₀ é um método de determinação dessa erosividade das chuvas e é calculado, para cada chuva individual e erosiva, pelo produto da energia cinética total da chuva e sua intensidade máxima em 30 min. O objetivo deste trabalho foi calcular a erosividade das chuvas do município de Uruguaiana, RS, para subsidiar aplicações práticas em conservação do solo. A partir de pluviogramas diários, foram separados, para cada chuva individual e erosiva, os segmentos com a mesma intensidade, registrados em planilha, digitados e analisados com o programa Chuveros, que calculou o índice EI₃₀. Foram analisadas 978 chuvas erosivas de Uruguaiana, no período de 1963 a 1991, sendo encontrados valores de precipitação média anual de 1.399,8 mm ano⁻¹ e erosividade média anual das chuvas de 8.875 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. Esse é o valor do Fator “R” (erosividade das chuvas) para ser usado na Equação Universal de Perdas de Solo, para predição das perdas de solo por erosão hídrica em Uruguaiana, RS. O período de outubro a abril apresentou 67 e 77,5 % da precipitação e da erosividade anual, respectivamente, sendo por isso necessários maiores cuidados quanto ao manejo dos solos agrícolas. O mês de fevereiro é o de maior potencial erosivo, com 1.403 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. O município de Uruguaiana apresentou 49,2 % do total das chuvas no padrão avançado, 24,5 no padrão intermediário e 26,3 % no padrão atrasado. A erosividade média anual de Uruguaiana pode ser igualada ou superada pelo menos uma vez a cada dois anos. O EI₃₀ médio mensal de Uruguaiana e seu entorno podem ser estimados usando as relações apresentadas com o coeficiente de chuvas, permitindo utilizar dados

⁽¹⁾ Trabalho realizado com apoio da FAPERGS. Recebido para publicação em junho de 2006 e aprovado em outubro de 2007.

⁽²⁾ Aluno do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Campus Universitário, CEP 97105-900 Santa Maria (RS). Bolsista de IC-FAPERGS. E-mail: clerio@mail.ufsm.br

⁽³⁾ Professor Titular do Departamento de Solos, UFSM. Bolsista do CNPq. E-mail: feltz@ccr.ufsm.br

⁽⁴⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91501-970 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: cassolea@orion.ufrgs.br

⁽⁵⁾ Doutoranda em Agronomia, UFSM. E-mail: cissacogo@yahoo.com.br.

pluviométricos. O modelo matemático que apresentou a melhor correlação entre o EI_{30} médio mensal e o coeficiente de chuvas R_c foi o quadrático ($r = 0,9948$).

Termos de indexação: potencial erosivo, precipitação pluvial, padrões de chuva, período de retorno, coeficiente de chuva.

SUMMARY: RAINFALL EROSIVITY IN URUGUAIANA, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL FROM 1963 TO 1991 DETERMINED BY THE EI_{30} INDEX

Rainfall erosivity represents the potential of rainfall causing soil erosion. The EI_{30} index is a method to determine rainfall erosivity and is calculated by the product of the total kinetic energy of rainfall and the maximum intensity in 30 min. The objective of this study was to calculate rainfall erosivity in Uruguaiana, RS, Brazil, for practical applications in soil conservation, based on daily rainfall charts. For each rainfall chart, segments with the same intensity were separated, registered in worksheets, digitalized and analyzed with the software Choveros. This program estimated the precipitation and erosivity for each rainfall, its monthly and annual totals and means, as well the rainfall patterns. 978 erosive rainfalls in Uruguaiana in the period 1963-1991 were analyzed. Mean values of annual precipitation of 1.399 mm and annual mean rainfall erosivity of 8.875 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ were found. The period from October to April accounted for 67 and 77.5 % of the annual precipitation and rainfall erosive potential, respectively. February is the month with the highest erosive potential, with 1.403 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. Of the total rainfall in Uruguaiana, 49.2 % was classified in the advanced, 24.5 % in the intermediary and 26.3 % in the delayed rainfall pattern. The mean annual erosivity in Uruguaiana may be equaled or exceeded at least once every two years. The mean monthly EI_{30} of Uruguaiana and surroundings can be estimated based on the relation with the rainfall coefficient, allowing to use rainfall data from pluviometers. The mathematical model with the best correlation between the mean monthly EI_{30} and rainfall coefficient R_c was the square model ($r = 0.9948$).

Index terms: erosive potential, precipitation, rainfall patterns, return period, rainfall coefficient.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo, causada pela água das chuvas, através da energia cinética do impacto das gotas sobre a superfície do solo e do escoamento superficial, é um grande problema da agricultura do Rio Grande do Sul e do Brasil. Danos irreversíveis ao solo e redução nos rendimentos das culturas ocorrem por causa da erosão, sendo por isso necessários programas de controle da erosão hídrica para que uma agricultura estável possa ser praticada. O conhecimento aprofundado dos agentes erosivos é ponto inicial para qualquer programa de conservação do solo.

A capacidade potencial das chuvas em provocar erosão pode ser definida como erosividade e expressa por meio de um índice como o EI_{30} . Devido à enorme variação no volume e na intensidade das chuvas a cada ano, um valor médio da erosividade deve ser calculado com base na erosividade anual de um longo período, de pelo menos 20 anos, para representar uma região e ser utilizado como Fator "R" da Equação Universal de Perdas de Solo (Wischmeier & Smith, 1978) para a predição das perdas de solo por erosão hídrica. Essa erosividade varia muito de região para

região, e conhecê-la é fator fundamental nos estudos sobre erosão do solo, além de fornecer subsídios importantes em relação à época mais adequada para o preparo do solo e a semeadura.

A erosividade depende da intensidade com que ocorre a chuva e da energia cinética de impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo (Wischmeier, 1959).

Trabalhos iniciais sobre erosividade das chuvas, no Rio Grande do Sul, foram desenvolvidos por Cogo et al. (1978) em três locais do Estado, desenvolvendo critérios e testando métodos para a determinação desta erosividade.

Nos meses mais chuvosos do primeiro semestre do ano, ocorrem os maiores valores de erosividade, diminuindo no segundo semestre, quando são mais baixos os volumes das precipitações pluviais mensais. Este comportamento foi observado por vários pesquisadores (Lombardi Neto, 1977; Cogo et al., 1978; Carvalho et al., 1989; Bertol, 1994; Pissarra et al., 2000) e é característico do padrão unimodal de distribuição da chuva e de seu alto potencial de erosividade em países de clima tropical (Hudson, 1995).

O estudo das características da chuva é importante, pois estas podem determinar grande parte dos efeitos erosivos. Os padrões hídricos de chuva ainda são pouco estudados no Brasil. Horner & Jens (1941) classificaram esses padrões em avançado, intermediário e atrasado, quando a localização do pico de maior intensidade está no terço inicial, no terço intermediário ou no terço final do período de duração das chuvas, respectivamente. Chuvas com mesma precipitação podem ter perdas de solo e água diferentes, de acordo com a localização do pico de maior intensidade (Flanagan et al., 1988; Mehl et al., 2001).

Este trabalho teve como objetivo determinar a erosividade das chuvas no município de Uruguaiana, RS, para fornecer subsídios básicos para pesquisa em erosão do solo e aplicações práticas em sua conservação.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Uruguaiana está localizado na região da Campanha, oeste do Estado do Rio Grande do Sul, na fronteira do Brasil com a Argentina. Situa-se em uma altitude de 74 m; latitude 29° 45' S e longitude de 57° 05' W. O clima da região é do tipo Cfa 2, com precipitação pluvial média anual de 1.171 mm e temperatura média anual de 19,8 °C (Motta, 1986). Os pluviogramas do município de Uruguaiana, no período de 1963 a 1991, foram obtidos na Estação Experimental da FEPAGRO na própria cidade. A amplitude de registro foi de 10 mm de precipitação pluvial, com exatidão de 0,1 mm, o tempo de registro de 24 h, com divisões de 10 min.

Cada chuva individual foi separada de outra por um intervalo de no mínimo 6 h, com precipitação pluvial inferior a 1 mm, e foi considerada erosiva quando o total desta foi superior a 10 mm ou quando igual ou superior a 6 mm em 15 min de chuva, segundo Cabeda (1976).

A erosividade foi determinada para todas as chuvas individuais erosivas selecionadas, sendo obtidas do pluviograma a duração e a precipitação pluvial de cada segmento uniforme. Os dados foram registrados em planilhas e, posteriormente, digitados para análise em computador, utilizando o programa CHUVEROS, elaborado por Elemar Antonino Cassol (UFRGS). Este programa calcula a erosividade da chuva pelo índice EI₃₀ (Wischmeier & Smith, 1978) no Sistema Internacional de Unidades (Foster et al., 1981).

As chuvas foram separadas pelo programa por padrões hídricos de acordo com a classificação proposta por Horner & Jens (1941): chuva de padrão avançado, quando o pico de maior intensidade ocorre em um período de tempo menor que 33 % a partir do momento inicial da chuva em relação ao tempo de sua duração total; chuva de padrão intermediário quando o pico de maior intensidade ocorre em um período de 33 a 66 %

do tempo total a partir do início da chuva; e chuva de padrão atrasado quando o pico de maior intensidade ocorre passados mais de 66 % do tempo total de duração da chuva.

Foram determinados o período de retorno e a probabilidade de ocorrência da erosividade anual conforme Schwab et al. (1981), usando as expressões:

$$T = (N + 1)/m \quad (1)$$

$$Pr = 100/T \quad (2)$$

em que T é o período de retorno, em anos, no qual o índice de erosividade é igualado ou superado; N é o número de anos de registro de dados; m é o número de ordem do índice de erosividade da série considerada, quando a erosividade observada é colocada em ordem decrescente de magnitude; e Pr é a probabilidade de ocorrência do índice de erosividade, em %.

Foi estabelecida relação linear l entre a erosividade das chuvas, dada pelo índice EI₃₀, e o coeficiente de chuvas Rc, conforme proposto por Lombardi Neto (1977), e dado pela seguinte relação:

$$EI_{30} = a + b Rc \quad (3)$$

em que EI₃₀ é o índice de erosividade das chuvas, em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹; a e b são coeficientes de ajuste; e Rc é o coeficiente de chuva, em mm, dado pela relação: Rc = Pm² Pa⁻¹, em que Pm a precipitação pluvial média mensal, em mm, e Pa a precipitação pluvial média anual, em mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas médias mensais, as chuvas menos erosivas ocorreram no mês de agosto, com 214 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, enquanto as de maior erosividade ocorreram no mês de fevereiro, com média mensal de 1403 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ (Figura 1).

Tendo em vista os maiores valores de erosividade das chuvas que ocorrem no período de outubro a abril, essa época do ano apresenta os maiores riscos de perdas de solo por erosão hídrica, sendo, por isso, necessário maior cuidado quanto ao manejo dos solos agrícolas. De maio para agosto, há um decréscimo na precipitação pluvial e erosividade, indicando chuvas de muito menor potencial erosivo. Neste período de outono-inverno, geralmente as chuvas são de maior duração e baixa intensidade.

Na figura 2, podem ser observadas a precipitação e erosividade acumuladas, com menor inclinação das curvas nos meses de maio a setembro. Em geral, a curva de erosividade das chuvas acompanha a curva da precipitação. Cuidados especiais devem ser tomados durante os períodos de maior risco. Foram analisadas 978 chuvas erosivas ocorridas no período de estudo, sendo a precipitação pluvial média anual

de 1.399,8 mm e a erosividade média anual de 8.875,3 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹.

A erosividade de Uruguaiana, RS (8.875 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) foi superior ao índice de 5.694 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ encontrado para Lages, SC (Bertol, 1993); de 6.329 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ encontrado em Campos Novos, SC (Bertol, 1994); de 8.493 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ encontrado para Barranquinho, MT, e de 7.830 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ em Flechas, MT (Morais et al., 1991); de 7.747 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ encontrado em Campinas, SP (Carvalho et al., 1989); de 8.353 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹

encontrado em Goiânia, GO (Silva et al., 1997); de 5.835 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ encontrado em Sete Lagoas, MG (Melo Marques et al., 1998); de 5.431 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ encontrado em Nova Friburgo, RJ; e de 5.472 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ em Seropédica, RJ (Montebeller et al., 2003) e de 6.900 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ encontrado em Fortaleza, CE (Silva & Dias, 2003). Entretanto, a erosividade das chuvas de Uruguaiana é inferior aos índices encontrados para 16 localidades do Paraná (Rufino, 1986). Outro método foi utilizado para cálculo desses índices.

Para Dias & Silva (2003), em Fortaleza, CE, os anos que apresentaram os maiores índices de erosividade das chuvas foram 1985 e 1994, com valores de 10.283 e 9.617 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, respectivamente. Os menores índices ocorreram em 1993 e 1990, com valores, respectivamente, de 4.584 e 4.735 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. Segundo Dias & Silva (2003), a distribuição percentual do índice EI₃₀ de Fortaleza, ao longo do ano, evidencia a concentração do potencial erosivo das chuvas no primeiro semestre do ano, quando 92,9 % do valor anual ocorreu nos meses de janeiro a abril.

Bertol (1993), em Lages, SC, encontrou, nos meses de outubro a fevereiro, erosividade superior a 500 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, perfazendo no período 56,3 % da erosividade anual, enquanto Morais et al. (1991) observaram que 76 a 91 % da distribuição anual do índice EI₃₀ concentrou-se no período de novembro a março em Barranquinho e Flechas, localidades do município de Cáceres, MT, correspondendo ao pico da estação chuvosa. Lombardi Neto (1977) verificou que 90,7 % da erosividade das chuvas em Campinas, SP, ocorre de outubro a março, correspondendo à estação chuvosa. Em Uruguaiana, o período de outubro a abril concentra 67 % da precipitação pluvial e 77,5 % do potencial erosivo da chuva, o que indica a necessidade de cuidados maiores de proteção do solo neste período.

Verificou-se que, no município de Uruguaiana, as chuvas erosivas analisadas individualmente apresentaram 49,2 % do total das chuvas no padrão avançado; 24,5 % no padrão intermediário; e 26,5 % no padrão atrasado, o que também representa, com relação à erosão um resultado positivo (Quadro 1). Picos de mais alta intensidade nos períodos iniciais da chuva determinam menores probabilidades de perdas de solo e água, quando comparados com chuvas

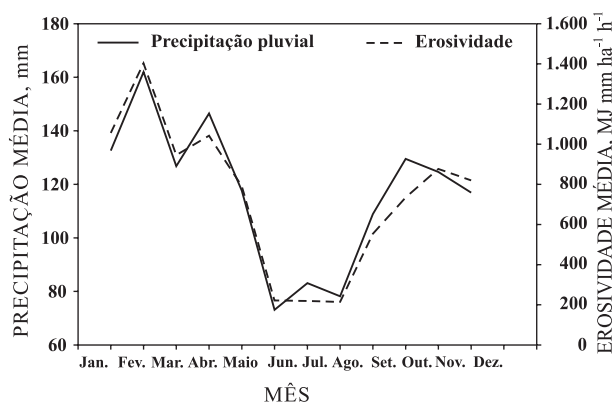


Figura 1. Precipitação pluvial e erosividade média mensal em Uruguaiana, RS, no período de 1963 a 1991.

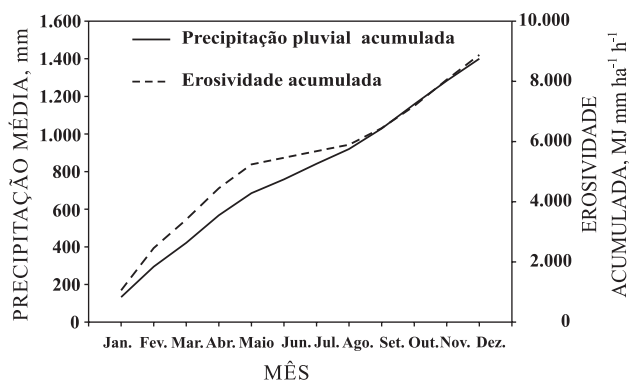


Figura 2. Precipitação pluvial e erosividade acumuladas em Uruguaiana, RS, no período de 1963 a 1991.

Quadro 1. Padrões de chuvas naturais avançado, intermediário e atrasado em Uruguaiana, RS, no período de 1963 a 1990

Chuva individual erosiva	Avançado	Intermediário	Atrasado	Total
Número	478	236	264	978
%	49,2	24,5	26,3	100

de padrões intermediário e atrasado (Flanagan et al., 1988; Eltz et al., 2001). O pico de maior intensidade ocorre quando o solo já está mais úmido e sua resistência ao impacto das gotas de chuva já é menor.

Segundo Montebeller et al. (2003), para Seropédica e Nova Friburgo, RJ, o padrão de chuva de maior ocorrência foi o padrão avançado, correspondendo a 61,3 e 57,7 % do número total das chuvas analisadas, seguido pelos padrões intermediário com 23,6 e 24,2 %, e atrasado com 15,1 e 18,1 %, respectivamente.

O período de retorno e a probabilidade de ocorrência dos eventos de erosividade anual, no período de 1963 a 1991, em Uruguaiana, RS, podem ser observados no quadro 2. Dessa forma, o maior valor de erosividade anual, de 15.496,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, tem um período de retorno estimado de 30 anos, com probabilidade de ocorrência de 3,3 %, enquanto o menor valor de erosividade anual do período, de 2.922,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, tem um período de retorno estimado de um ano, com uma probabilidade de ocorrência de 96,7 %. O valor médio de erosividade observado, de 8.875,3 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, tem um período de

retorno estimado em torno de dois anos, com uma probabilidade de ocorrência de 48 %, ou seja, há 48 % de probabilidade que a cada dois anos ocorram chuvas com este potencial erosivo. Colodro et al. (2002) estimaram que o valor determinado para o Fator R tem um período de retorno de 2,33 anos, com 42,9 % de probabilidade de ocorrência, para o município de Teodoro Sampaio (SP).

Foram obtidas relações linear, quadrática e potencial entre a erosividade das chuvas (expressa pelo índice EI₃₀) e o coeficiente de chuva Rc, com bom coeficiente de determinação (Figura 3). Isto indica que a erosividade mensal das chuvas da região de Uruguaiana pode ser estimada utilizando-se dados obtidos por pluviometria. Colodro et al. (2002), Rufino et al. (1993) e Roque et al. (2001) obtiveram relações entre o índice EI₃₀ e o coeficiente de chuva Rc, sendo para os primeiros e segundos autores a relação linear a de melhor correlação, enquanto para os terceiros foi a relação potencial. Neste trabalho, a relação quadrática apresentou melhor correlação, embora as três possam ser utilizadas.

Quadro 2. Período de retorno e probabilidade de ocorrência dos valores dos índices anuais de erosividade (EI₃₀), de Uruguaiana (RS), durante o período de 1963 a 1991

Ano	Índice de erosividade (EI ₃₀)	Número de ordem	Período de retorno (T)	Probabilidade de ocorrência (Pr)
	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹	m	Ano	%
1982	15.496,9	1	30,0	3,3
1983	15.396,6	2	15,0	6,7
1966	14.346,9	3	10,0	10,0
1984	13.657,2	4	7,5	13,3
1975	13.586,2	5	6,0	16,7
1986	13.379,0	6	5,0	20,0
1976	11.914,9	7	4,3	23,3
1987	11.402,1	8	3,8	26,7
1965	11.136,2	9	3,3	30,0
1978	10.974,5	10	3,0	33,3
1972	10.791,7	11	2,7	36,7
1977	10.428,9	12	2,5	40,0
1991	10.146,4	13	2,3	43,3
1985	9.251,0	14	2,1	46,7
1979	8.412,7	15	2,0	50,0
1971	8.249,6	16	1,9	53,3
1990	7.765,9	17	1,8	56,7
1970	7.555,8	18	1,7	60,0
1988	7.346,3	19	1,6	63,3
1980	6.168,9	20	1,5	66,7
1974	6.165,3	21	1,4	70,0
1969	5.510,7	22	1,4	73,3
1981	4.993,6	23	1,3	76,7
1963	4.800,0	24	1,3	80,0
1964	4.293,1	25	1,2	83,3
1967	4.247,5	26	1,2	86,7
1989	3.577,8	27	1,1	90,0
1973	3.465,1	28	1,1	93,3
1968	2.922,6	29	1,0	96,7

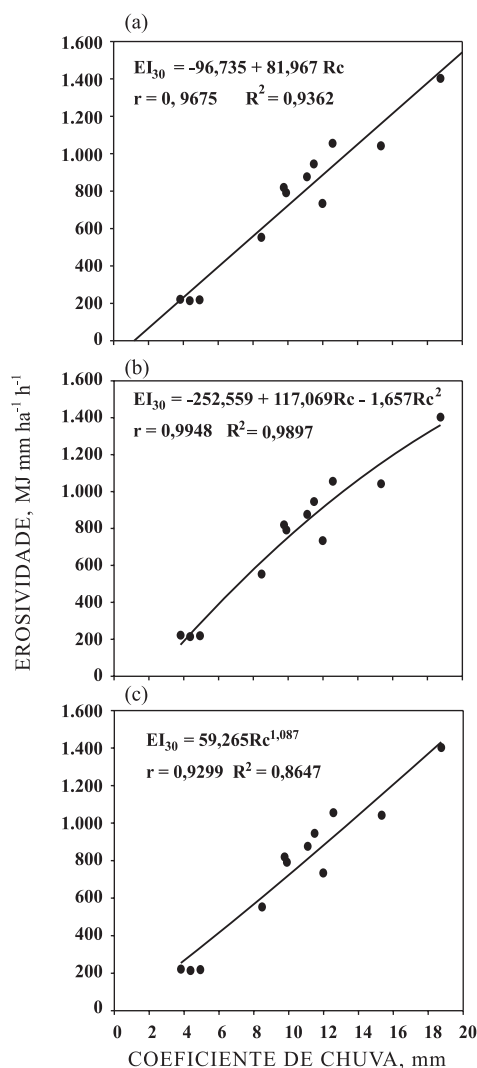


Figura 3. Relação linear (a), quadrática (b), e potencial (c) entre o índice de erosividade EI_{30} médio mensal e o coeficiente de chuva ($Rc = Pm^2 Pa^{-1}$) das chuvas de Uruguaiiana, RS, no período de 1963 a 1991.

CONCLUSÕES

1. No município de Uruguaiiana, o período que apresentou o maior índice de erosividade das chuvas foi o de outubro a abril, com 77,5 % do total anual.

2. Fevereiro foi o mês de maior potencial erosivo das chuvas, com 1.403 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹.

3. A erosividade média anual de Uruguaiiana foi de 8.875 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ (fator R da Equação Universal de Perdas de Solo), tendo o padrão de chuva avançado ocorrido em 49,2 % do número total de chuvas.

4. A erosividade média anual de Uruguaiiana pode ser igualada ou superada pelo menos uma vez a cada dois anos.

5. O modelo matemático que apresentou a melhor correlação entre o EI_{30} médio mensal e o coeficiente de chuvas Rc foi o quadrático ($R^2 = 0,9897$).

AGRADECIMENTOS

À FEPAGRO, pela cessão dos pluviogramas para análise, e à FAPERGS, pela concessão da bolsa de iniciação científica.

LITERATURA CITADA

- BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. *Pesq. Agropec. Bras.*, 29:1453-1458, 1994.
- BERTOL, I. Índice de erosividade da chuva (EI_{30}) para Lages (SC) – 1ª Aproximação. *Pesq. Agropec. Bras.*, 28:515-521, 1993.
- CABEDA, M.S.V. Computation of storm EI values. West Lafayette, Purdue University, 1976. 6p. Não Publicado.
- CARVALHO, M.D.; LOMBARDI NETO, F.; FILHO, J.V. & CATANEO A. Índices de erosividade da chuva correlacionados com as perdas de um Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico textura argilosa/muito argilosa de Mococa (SP): Primeira aproximação do fator erodibilidade do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:237-242, 1989.
- COGO, N.P.; DREWS, C.R. & GIANELLO, C. Índice de erosividade das chuvas dos municípios de Guaíba, Ijuí e Passo Fundo, no Estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, Embrapa-CNPT, 1978. p.145-152.
- COLODRO, G.; CARVALHO, M.P.; ROQUE, C.G. & PRADO, R.M. Erosividade da chuva: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). *R. Bras. Ci. Solo*, 26:809-818, 2002.
- DIAS, A.S. & SILVA, J.R.C. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). I Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno - 1ª. Aproximação. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:335-345, 2003.
- ELTZ, F.L.F.; MEHL, H.U. & REICHERT, J.M. Perdas de solo e água em entressulcos em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a quatro padrões de chuva. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:485-493, 2001.
- FLANAGAN, D.C.; FOSTER, G.R. & MOLDENHAUER, W.C. Storm pattern effect on infiltration, runoff and erosion. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 31:414-420, 1988.
- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *J. Soil Water Conserv.*, 36:355-359, 1981.
- HORNER, W.W. & JENS, S.W. Surface runoff determination from rainfall without using coefficients. *Trans. Am. Soc. Civil Eng.*, 107:1039-1117, 1941.

- HUDSON, N. Soil conservation. 3.ed. Ames, Iowa State University Press, 1995. 391p.
- LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity – Its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53p. (Tese de Mestrado)
- MEHL, H.U.; ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M. & DIDONÉ, I.A. Caracterização de padrões de chuva ocorrentes em Santa Maria (RS). R. Bras. Ci. Solo, 25:475-483, 2001.
- MELO MARQUES, J.J.G.S.; ALVARENGA, R.C. & CURI, N. Erosividade das chuvas da região de Sete Lagoas, MG. Pesq. Agropec. Bras., 33:761-768, 1988.
- MONTEBELLER, C.A.; CARVALHO, D.F.; FRANCO, E.M.; VALCARCEL, R. & BERTOL, I. Padrões de precipitação e índices de erosividade para Seropédica e Nova Friburgo – RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Ribeirão Preto, 2003. Anais. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.
- MORAIS, L.F.B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T.M.C.; HARDOIN, P.C.; ALMEIDA, J.E.L.; WEBER, O.L.S.; BOEL, E. & DURIGON, L. Índice EI₃₀ e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. R. Bras. Ci. Solo, 15:339-344, 1991.
- MOTTA, S.F. Clima e agricultura no Brasil. Porto Alegre, Sagra, 1986. 151p.
- PISSARRA, T.C.T.; CARVALHO, M.P. & CHUEIRE, F.B. Erosividade da chuva de Pereira Barreto (SP): Distribuição, período de retorno e probabilidade de ocorrência. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, 2000. Anais. Ilhéus, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. CD-ROM.
- ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P. & PRADO, R.M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): Distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. R. Bras. Ci. Solo, 25:147-156, 2001.
- RUFINO, R. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: Segunda aproximação. R. Bras. Ci. Solo, 10:279-281, 1986.
- RUFINO, R.; BISCAIA, R.C.M. & MERTEN, G. Avaliação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através de pluviometria: Terceira aproximação. R. Bras. Ci. Solo, 17:439-444, 1993.
- SCHWAB, G.O.; FREVERT, R.K.; EDMINSTER, T.W. & BARNES, K.K. Soil and water conservation engineering. 3.ed. New York, John Wiley & Sons, 1981. 525p.
- SILVA, C.R.J. & DIAS, S.A. A erosividade das chuvas em Fortaleza, CE. II – Correlação com o coeficiente de chuva e atualização do fator R no período de 1962 a 2000. R. Bras. Ci. Solo, 27:347-354, 2003.
- SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P. & CURI, N. Índices de erosividade das chuvas da região de Goiânia, GO. Pesq. Agropec. Bras., 32:977-985, 1997.
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 23:246-249, 1959.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington, USDA-Agricultural Service, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537)