

Erosividade sob duas durações de intensidades máximas da chuva em Pelotas - RS¹

Erosivity under two durations of maximum rain intensities in Pelotas/RS

Rita de Cássia Fraga Damé², Claudia Fernanda Almeida Teixeira², Ticiani Gonçalves³,
Jacira Porto dos Santos⁴; Maurizio Silveira Quadro²

Resumo – Na Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) a erosividade é o fator relacionado à chuva e expressa o seu potencial em provocar a erosão do solo, sendo necessário que se conheça a energia cinética da mesma e as máximas intensidades da chuva na duração de 30 min. Objetivou-se com este trabalho verificar e quantificar o impacto da duração da chuva, considerando 15 e 30 min, sobre o fator erosividade da EUPS. Para tanto foram utilizados 863 registros pluviográficos de chuva, no período de 1983 a 1998 da localidade de Pelotas, RS, obtidos na Estação Agroclimatológica – Convênio EMBRAPA/UFPEL, INMET (31°51'S; 52°21'O e altitude de 13,2 m). Com os registros foram estimados os valores de erosividade a partir de intensidades máximas de chuva nas durações consideradas. Os valores médios anuais de erosividade foram 2551,3 MJ ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e 1.406,1 MJ ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, para as intensidades médias de 6,40 mm h⁻¹ e 3,74 mm h⁻¹, nas durações de 15 e 30 min, respectivamente. Os resultados do presente trabalho permitem concluir que o percentual das chuvas erosivas em relação ao total precipitado foi de 91,0% e que a erosividade foi influenciada pela duração da intensidade máxima da chuva.

Palavras-chave - Chuvas intensas. Erosão. Registros pluviográficos.

Abstract - In the Universal Equation of Soil Loss (USLE), erosivity is the factor related to rain and express its potential to cause soil erosion, being necessary to know its kinetic energy and the maximum intensities of rain in duration of 30 min. Thus, the aim of this study was to verify and quantify the impact of the rain duration, considering 15 and 30 min, on the USLE erosivity factor. To achieve this, 863 rain gauge records were used, during the period of 1983 to 1998 in the city of Pelotas, RS, obtained from the Agrometeorological Station - Covenant EMBRAPA/UFPEL, INMET (31°51'S; 52°21'O and altitude of 13,2 m). With the records, it was estimated the erosivity values from the maximum intensities of rain during the period evaluated. The average annual values of erosivity was 2551,3 MJ ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ and 1406,1 MJ ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, for the average intensities of 6,40 mm h⁻¹ and 3,74 mm h⁻¹, in durations of 15 and 30 min, respectively. The results of this study have shown that the percentage of erosive rainfalls in relation to the total precipitation was of 91.0%, and that the erosivity was influenced by the duration of the maximum intensity of rain.

Key words - Heavy rainfall. Erosion. Rain gauge records.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 09/04/2012 e aprovado em 16/04/2012

²Professor do Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas - RS, rita2o@hotmail.com; cfeixeira@ig.com.br; mausq@hotmail.com

³Graduanda de Engenharia Agrícola, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas - RS, ticiani_cg@hotmail.com

⁴Mestranda em Manejo e Conservação do Solo e da Água/MACSA, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, Pelotas - RS, portojacira@gmail.com

Introdução

Nas equações Universal de Perdas de Solo (USLE) e a sua versão modificada (MUSLE), o poder erosivo da chuva é explicado pelo fator de erosividade (R), que combina os efeitos da duração, magnitude e intensidade de cada evento chuvoso. O fator R é tradicionalmente determinado pelo cálculo da soma anual média do produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima na duração de 30 min, conhecido como EI_{30} (WISCHMEIER; SMITH, 1978; RENARD *et al.*, 1997).

Neste sentido, a duração de 30 min pré-estabelecida por Wischmeier e Smith (1978), é questionável quanto a sua adequação na estimativa dos valores de intensidades máximas, e por consequência nas erosividades das chuvas para localidades em que há predominância de chuvas convectivas, que são mais intensas e ocorrem em durações iguais ou inferiores a 30 min (BERTOL *et al.*, 2002; DIAS; SILVA, 2003; BAZZANO *et al.*, 2007; MELLO *et al.*, 2007; BONILLA; VIDAL, 2011).

Na obtenção da erosividade, Jebari *et al.* (2012) em uma bacia agrícola na Tunísia, utilizaram a duração de 15 min, visto que as chuvas naquela localidade caracterizam-se por serem convectivas em cerca de 70% dos casos com duração inferior a 1 h (JEBARI *et al.*, 2007). Além disso, 12% dos eventos de chuva foram considerados erosivos para a duração de 15 min (JEBARI *et al.*, 2008), causando grande impacto da gota da chuva, com início do processo de desprendimento de partículas do solo.

Para o município de Lages/SC, o fator erosividade foi quantificado por Bertol *et al.* (2002), que também determinaram a distribuição temporal das chuvas. Para tanto, foram utilizadas as intensidades de chuvas, com durações de 5 a 60 min, em intervalos regulares de 5 min. Os resultados indicaram que existem diferenças significativas entre os valores de erosividade para a duração de 5 min em relação às demais, ocorrência atribuída ao clima da região, o qual se parece mais com o temperado do que com o tropical e, por isso, as precipitações de elevada intensidade e curta duração são menos frequentes do que em regiões de clima tipicamente tropical.

No estado do Rio Grande do Sul, na cidade de Pelotas/RS, os trabalhos relativos a erosividade das chuvas foram realizados a partir das intensidades máximas na duração de 30 min (LAGO, 2000; SANTOS, 2008). Entretanto, as características das chuvas nessa localidade são eminentemente frontais para os meses de inverno e convectivas nos meses de verão, as quais se caracterizam por altas intensidades em curtas durações. Diante desta realidade há necessidade de avanço na pesquisa quanto a duração da intensidade da chuva no cálculo da erosividade.

Face ao exposto, objetivou-se com este trabalho quantificar a erosividade da chuva, obtida mediante valores de intensidades máximas nas durações de 15 e 30 min, bem como avaliar o impacto da utilização de duração inferior àquela considerada padrão sobre o referido índice.

Material e métodos

Neste trabalho foram utilizados 863 registros pluviográficos de chuva ocorridos no período de 1983 a 1998, obtidos na Estação Agroclimatológica – Convênio EMBRAPA/UFPEL, INMET (31° 51' S, 52° 21' O e altitude de 13,2 m), Pelotas, RS.

Para estimar a erosividade das chuvas de Pelotas/RS foi utilizada a metodologia proposta por Wischmeier (1959), adaptada por Cabeda (1976), expressa em unidades do Sistema Internacional, de acordo com Foster *et al.* (1981). Para tanto, foram selecionados os pluviogramas considerando as chuvas erosivas como sendo: a) chuvas iguais ou superiores a 10,0 mm de altura e; b) chuvas inferiores a 10,0 mm de altura, desde que a quantidade de chuva precipitada em 15 min seja igual ou superior a 6,0 mm. O critério para a separação das chuvas individuais foi o intervalo de tempo mínimo de 6,0 h, com precipitação pluvial inferior a 1,0 mm. Após a seleção das chuvas erosivas procedeu-se a leitura dos pluviogramas.

Uma vez determinados os valores de chuvas erosivas calculou-se a energia cinética (ECs), para cada segmento uniforme de chuva individual, de acordo com a equação (1): $EC_s = EC \cdot h$, em que: EC_s é a energia cinética no segmento de chuva ($MJ \cdot ha^{-1}$); EC é a energia cinética por unidade de área por mm de chuva ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$) e h é a altura de chuva no segmento uniforme (mm).

Para obter a energia cinética (EC), foi aplicada a equação (2): $EC = 0,119 + 0,0873 \log(I)$, que leva em consideração, a intensidade da chuva (I) no segmento uniforme, ou seja, sob intensidade constante, em que: EC é a energia cinética por unidade de área por mm de chuva ($MJ \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$) e I representa a intensidade da chuva no segmento uniforme ($mm \cdot h^{-1}$).

Para a obtenção da energia cinética total (EC_t) da chuva erosiva individual, necessária para a estimativa da erosividade, foi realizado o somatório das energias cinéticas de cada segmento da chuva. Assim, a partir das equações (1) e (2) obtiveram-se os índices de erosividade de cada chuva (equação 3: $EI_{15} = EC_t \cdot T_{15}$ e equação 4: $EI_{30} = EC_t \cdot T_{30}$), para as durações de 15 e 30 min, respectivamente, em que: EI_{15} é o índice de erosividade da chuva erosiva na duração de 15 min ($MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1}$); EC_t é a energia cinética total da chuva ($MJ \cdot ha^{-1}$); I_{15} é a intensidade máxima de chuva na duração de 15 min ($mm \cdot h^{-1}$); EI_{30} é o índice de erosividade

da chuva na duração de 30 min ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e I_{30} é a intensidade máxima de chuva na duração de 30 min (mm h^{-1}).

Para verificar a existência ou não de diferença entre os valores médios mensais de erosividade, calculados a partir dos dados de intensidades máximas de chuva nas durações de 15 e 30 min, respectivamente, foi aplicado o teste “t” ($\alpha = 5\%$) para diferença entre duas médias. Similarmente, para verificar a existência ou não de diferenças entre as variâncias dos valores de erosividades mensais foi aplicado o teste F ($\alpha = 5\%$) de Fischer (IGUE *et al.*, 1993).

Os coeficientes linear e angular (equação 5) foram ajustados a partir dos dados de erosividade, obtidos com valores de intensidades máximas de chuva nas durações de 30 e 15 min. A verificação da ocorrência de diferença significativa a 5% de probabilidade de erro, entre os valores de erosividade foi realizada mediante o teste “t”, aplicado aos coeficientes linear e angular (TEIXEIRA *et al.*, 2011). A inexistência de diferença significativa entre os valores de erosividade da chuva determinada a partir das intensidades máximas de chuva na duração de 15 min e as obtidas com intensidades na duração padrão fica estabelecida se a estatística do teste “t” fosse inferior aos valores de “t” crítico para um nível de probabilidade $(1-\alpha)$, considerado neste trabalho $\alpha = 5\%$. $EI_{15} = \beta_0 + \beta_1 EI_{30}$, em que: EI_{15} é o índice de erosividade da chuva na duração de 15 min ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$); β_0 é o coeficiente linear (adimensional); β_1 é o coeficiente angular (adimensional) e EI_{30} é o índice de erosividade da chuva na duração de 30 min ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

O impacto da utilização dos valores de intensidades máximas na duração de 15 min sobre a erosividade das chuvas, em relação aos obtidos na duração de 30 min, considerada por Wischmeier e Smith (1978) como padrão, foi determinado a partir do Erro Relativo Médio Quadrático (RMS) (DAMÉ *et al.*, 2008).

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \frac{EI_{15} - EI_{30}}{EI_{30}}^2}{n}}$$

em que: EI_{15} é a erosividade de chuva obtido a partir das intensidades máximas de chuva na duração de 15 min ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$); EI_{30} é a erosividade de chuva obtido a partir das intensidades máximas de chuva na duração de 30 min ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e n representa o número de anos utilizados no cálculo das erosividades de chuvas.

Resultados e discussão

Para o período estudado, janeiro de 1983 a dezembro de 1998, o mês de fevereiro, Figura 1, apresenta o maior valor de chuva média mensal (197,5 mm), enquanto que nos demais meses do ano esta variável oscila entre 81,9 mm (dez) a 122,3 mm (jan). Quanto às chuvas erosivas (Figura 2), têm-se 87,9% (jan), 94,3% (fev), 90,0% (mar), 92,3% (abr), 93,5% (maio), 90,4% (jun), 91,4% (jul), 91,1% (ago), 87,6% (set), 96,2% (out), 85,2% (nov) e 89,5% (dez) da chuva total precipitada, nos doze meses do ano. Destaca-se no mês de fevereiro o maior valor de chuva erosiva, 186,3 mm, período comum de ocorrência de chuvas convectivas, as quais se caracterizam por alta intensidade e curta duração. No trabalho que Lago (2000) desenvolveu na mesma localidade encontrou também para o mês de fevereiro um valor elevado de chuva erosiva (109,9 mm). Atribuiu-se a diferença na magnitude dos valores, ao número de registros analisados, visto que este autor analisou 1324 (período de 1961-1998) registros pluviográficos e no presente trabalho estão sendo analisados 863 (período de 1983-1998). A diferença de magnitude das chuvas erosivas deve-se ao fato que em séries longas, os eventos extremos têm menor influência sobre o valor médio.

Considerando-se os dados mensais dos índices de erosividade (Tabelas 1 e 2), observa-se que os maiores valores foram encontrados no mês de fevereiro, para o ano de 1983, cujos valores foram 7520,9 e 964,6 $\text{MJ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, para as durações de 15 e 30 min, respectivamente. A máxima amplitude dos valores de EI_{15} e EI_{30} foram de 7504,1 e 952,9 $\text{MJ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, visto que para este mês os valores mínimos foram 16,8 $\text{MJ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ e 11,7 $\text{MJ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, respectivamente. Estes resultados levam a inferir que a duração da chuva exerce maior influência nos valores máximos de erosividade comparativamente aos mínimos.

Com relação aos valores médios anuais de EI_{15} (2551,3 $\text{MJ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e EI_{30} (1406,1 $\text{MJ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), os resultados encontrados diferiram daqueles encontrados por Lago (2000), cujo valor foi 4918,9 $\text{MJ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para a duração da chuva de 30 min.

Quanto aos valores do coeficiente de variação apresentados nas Tabelas 1 e 2, observa-se que para EI_{30} esses valores foram superiores à unidade para três meses do ano (maio, agosto e setembro), enquanto que para EI_{15} foram superiores à unidade em sete meses (janeiro, fevereiro, maio, junho, agosto, setembro e novembro). Constata-se, de maneira geral menores desvios dos valores de erosividade em relação a média, $\text{CV} = 31\% - EI_{30}$ e $\text{CV} = 91\% - EI_{15}$ na escala anual, em comparação a mensal, resultando em menor variabilidade na escala anual.

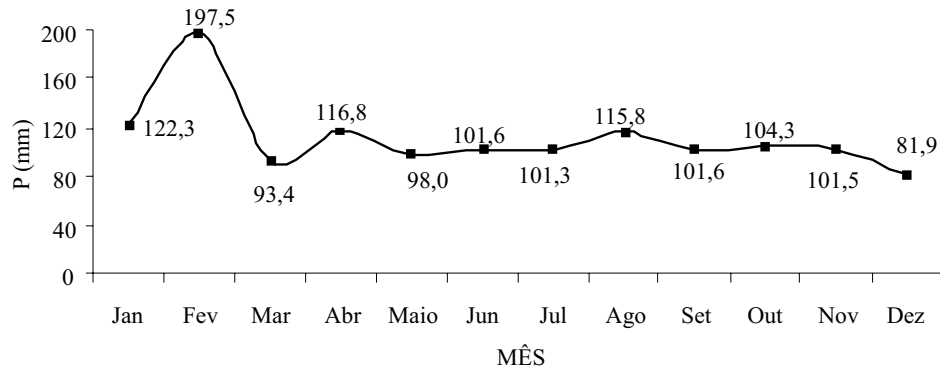


Figura 1 - Valores médios de chuvas totais mensais (P), em mm, na localidade de Pelotas/RS, no período de 1983 a 1998.

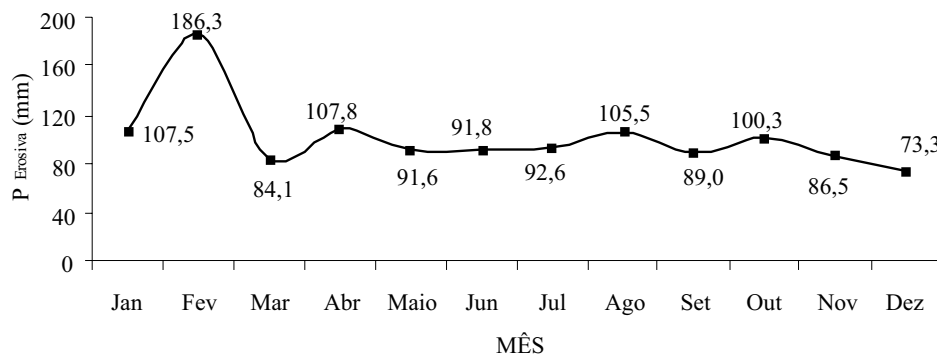


Figura 2 - Valores médios de chuvas erosivas mensais ($P_{erosiva}$), em mm, na localidade de Pelotas/RS, no período de 1983 a 1998.

Nos meses de fevereiro, agosto, setembro e novembro, o valor do Erro Relativo Médio Quadrático (RMS) foi superior à unidade, indicando que as diferenças entre os valores de EI_{15} e EI_{30} foram superiores a 100%. Estes resultados mostram a existência de diferenças entre os valores de erosividade em função da duração das intensidades máximas de chuva, uma vez que a erosividade representa a capacidade potencial das chuvas em causar erosão (ALMEIDA *et al.*, 2011). Assim pode-se inferir que a duração da chuva exerce influência na determinação desta variável.

Embora o fator erosividade da chuva, EI_{30} , proposto por Wischmeier e Smith (1978), tenha sido calculado e testado em diversas localidades (SILVA, 2004; CAPOLONGO *et al.*, 2008; BESKOW *et al.*, 2009; MAZURANA *et al.*, 2009), sua representação vem sendo questionada em países tropicais e subtropicais, que se caracterizam por ocorrências de chuvas com intensidades de até 150 mm h⁻¹ (CARVALHO *et al.*, 2010).

Este questionamento corrobora com a hipótese testada no presente trabalho, - a duração da chuva influencia de forma inversa o fator erosividade (R), ou seja, para menores durações são esperados maiores valores de intensidade e de erosividade da chuva.

Ao contrário do RMS, os resultados do teste “t” de Student (Tabela 4) para comparação entre os valores médios mensais de EI_{15} e EI_{30} , mostraram, no entanto, que não existem evidências de diferenças significativas ($\alpha = 5\%$) entre os referidos índices de erosividade. Como o valor do teste ($t_{calc} = 0,69$) foi inferior ao crítico ($t_{crit} = 2,04$), é possível afirmar que a intensidade máxima de chuva na duração de 15 minutos não interferiu significativamente no fator de erosividade da EUPS. No entanto, ao comparar as variâncias dos valores de erosividade, os resultados do teste F de Fischer, apresentados na Tabela 5, demonstram que para os doze meses do ano há diferença significativa entre estas.

Tabela 1 - Valores mensais, anuais e médios de erosividade EI_{15} ($MJ\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$) em Pelotas/RS, no período de 1983-1998, com as respectivas estatísticas de dispersão

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983	92,1	7520,9	134,1	118,0	116,6	399,7	179,7	239,0	105,5	165,5	1136,6	306,0	10513,7
1984	667,8	1881,7	100,4	479,6	307,2	83,2	92,1	353,7	577,2	155,3	103,2	4,2	4805,6
1985	59,3	16,8	225,5	21,4	60,7	104,9	110,2	160,1	55,7	18,6	21,4	83,4	938,0
1986	187,0	214,7	297,8	314,7	392,8	50,3	14,9	119,0	28,3	78,8	149,2	62,4	1909,8
1987	77,6	80,1	232,9	214,2	21,4	12,1	110,8	504,1	161,9	42,7	51,3	42,0	1551,1
1988	177,7	355,2	9,5	95,1	4,1	64,5	23,3	11,0	158,3	89,5	110,5	20,5	1119,1
1989	236,2	75,3	27,0	33,3	13,1	8,2	0,00	37,3	11,2	93,4	544,3	88,2	1167,4
1990	348,2	373,4	287,7	165,5	5,7	8,9	23,4	37,7	126,2	29,1	157,2	199,8	1762,6
1991	205,6	43,4	175,3	492,7	133,4	95,0	60,4	11,0	201,0	212,4	143,5	159,3	1933,0
1992	77,4	778,6	215,4	202,9	62,5	127,6	44,2	28,3	204,3	53,2	66,5	58,0	1918,9
1993	110,3	656,6	8,5	253,4	123,1	42,0	31,9	28,3	1,1	59,8	179,5	244,3	1738,8
1994	1064,0	978,3	78,6	17,83	223,0	157,3	96,3	21,8	46,9	268,2	25,1	94,6	3071,9
1995	57,4	440,3	240,7	165,1	13,6	109,1	84,46	78,5	154,8	37,9	64,1	177,8	1623,8
1996	353,7	402,0	25,3	147,1	114,3	12,2	5,1	99,0	13,1	43,0	3,1	259,3	1477,2
1997	152,4	1055,5	83,1	8,3	57,0	71,5	159,4	114,8	112,8	139,3	286,5	112,9	2353,5
1998	190,6	1624,6	108,5	358,5	53,7	77,8	137,8	157,3	50,9	92,6	23,4	60,1	2935,8
Méd	250,6	1031,1	140,6	192,9	106,4	89,0	71,2	125,1	126,4	99,1	185,1	124,0	2551,3
D.P	265,7	1817,0	99,9	154,2	112,9	94,1	60,3	137,8	143,1	73,8	288,3	94,0	2323,8
CV	1,05	1,76	0,71	0,80	1,06	1,06	0,85	1,10	1,13	0,74	1,56	0,76	0,91
Mín	57,4	16,8	8,5	8,3	4,1	8,2	0,0	11,0	1,1	18,6	3,1	4,2	938,0
Máx	1064,0	7520,9	297,8	492,7	392,8	399,7	179,7	504,1	577,2	268,2	1136,6	306,0	10513,7

D.P.: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Méd: valor médio; Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo.

A possível razão destas diferenças pode ser atribuída ao fato de o ano de 1983 ser caracterizado pela ocorrência de eventos extremos, cujos percentuais de chuva erosiva foram de 97,3% em fevereiro, 93,5% em junho, 96,0% em novembro e 98,4% em dezembro. A diferença entre as variâncias da erosividade das chuvas ocorrida em dezembro remete ao percentual de 97,0% de chuvas erosivas ocorrida em 1994.

Embora no presente trabalho, a análise do fator erosividade de chuva tenha sido realizado de forma isolada, ou seja, sem a interação com os demais parâmetros da

EUPS e a respectiva perda de solo, os resultados sugerem que diante dos avanços na tecnologia de obtenção de dados de chuva de forma digital, sejam desenvolvidas mais pesquisas relativas a influência do valor da lâmina precipitada (mm) em função da duração (h) - intensidade máxima de chuva ($mm\ h^{-1}$) - sobre as perdas de solo. Os resultados encontrados no presente trabalho permitem reflexões referentes ao tamanho e à representatividade da série histórica de chuvas erosivas, e sobre aqueles eventos extremos de chuva, superiores à média normal destes, visto sua influência sobre o valor do índice de erosividade de uma localidade.

Tabela 2 - Valores mensais, anuais e médios de erosividade EI_{30} ($MJ\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$) em Pelotas/RS, no período de 1983-1998, com as respectivas estatísticas de dispersão

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983	66,6	964,6	33,5	44,2	36,5	155,2	76,3	54,6	21,6	34,6	159,6	71,7	1719,0
1984	438,4	351,0	90,9	177,1	309,9	153,7	76,9	109,4	398,9	140,8	71,5	6,5	2324,9
1985	47,5	11,7	142,1	9,4	38,1	75,4	96,6	130,7	64,9	17,2	12,7	69,6	715,8
1986	210,6	181,5	224,2	213,5	296,2	41,9	13,5	66,8	18,4	62,3	86,2	45,9	1461,0
1987	72,0	71,9	175,8	181,7	36,4	26,5	233,5	484,7	180,8	61,0	59,7	66,7	1650,4
1988	212,8	188,4	10,5	86,4	3,3	68,6	39,0	13,9	163,8	77,9	113,0	21,4	999,0
1989	200,4	51,9	27,3	32,7	20,5	6,4	0,00	36,8	13,2	90,0	278,1	57,1	814,3
1990	219,8	317,7	200,1	110,0	8,9	9,2	29,8	37,0	129,7	27,2	181,2	164,6	1435,1
1991	185,0	36,0	98,4	286,5	82,6	49,5	39,7	16,7	122,7	141,4	92,0	114,1	1264,6
1992	76,8	530,0	197,8	170,0	51,3	130,8	58,0	17,0	139,8	48,8	53,0	40,2	1513,4
1993	109,2	290,9	7,9	182,8	115,8	49,8	34,6	31,4	2,4	74,3	110,4	166,5	1176,1
1994	581,1	469,0	58,1	143,0	141,7	154,1	99,9	36,2	67,4	189,6	27,4	62,5	2030,0
1995	46,5	236,7	167,6	104,1	14,0	82,8	74,3	69,7	91,8	23,6	58,5	101,7	1071,3
1996	207,2	243,6	28,9	112,8	83,7	21,0	4,4	100,9	16,4	46,1	4,4	183,3	1052,7
1997	149,0	380,9	75,7	7,0	42,0	53,2	140,0	103,1	98,3	98,4	177,2	81,8	1406,6
1998	137,2	631,6	109,4	426,6	58,2	65,8	97,6	144,1	42,0	75,5	20,0	55,2	1863,2
Méd	185,0	309,8	103,0	143,0	83,7	71,5	74,3	90,8	98,3	75,5	94,1	81,8	1406,1
D.P	149,0	250,5	73,4	112,1	97,0	51,1	59,6	113,0	101,9	49,6	74,2	53,7	441,0
CV	0,80	0,81	0,71	0,78	1,16	0,71	0,80	1,24	1,04	0,66	0,79	0,66	0,39
Mín	46,5	11,7	7,9	7,0	3,3	6,4	0,0	13,9	2,4	17,2	4,4	6,5	715,9
Máx	581,1	964,6	224,2	426,6	309,9	155,2	233,5	484,7	398,9	189,6	278,1	183,3	2325,0

D.P.: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Méd: valor médio; Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo.

Tabela 3 - Valores mensais do Erro Relativo Médio Quadrático (RMS), obtidos a partir dos valores de EI_{15} e EI_{30} ($MJ\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$) em Pelotas/RS, no período de 1983-1998

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
RMS	0,44	1,91	0,82	0,75	0,65	0,53	0,49	1,06	1,04	0,98	1,61	0,90

Tabela 4 - Resultados obtidos com o ajuste linear ($Y = \beta_0 + \beta_1 X$) entre os valores de EI_{15} e EI_{30}

Mês	$t(B_0)$	$t(B_1)$	Significância (B_0)	Significância (B_1)	Conclusão
Jan	-2,47	14,88	0,028	1,53E-09	Rejeita H0
Fev	-0,85	5,89	0,412	5,31E-05	Rejeita H0
Mar	-0,49	14,61	0,630	1,9E-09	Rejeita H0
Abr	0,94	5,34	0,370	1,0E-04	Rejeita H0
Mai	0,20	15,05	0,840	1,33E-09	Rejeita H0
Jun	1,21	5,75	0,250	6,74E-05	Rejeita H0
Jul	0,86	4,43	0,404	0,00068	Rejeita H0
Ago	0,83	7,16	0,422	7,31E-06	Rejeita H0
Set	-0,319	12,33	0,750	6,59E-09	Rejeita H0
Out	-1,06	11,14	0,310	2,42E-08	Rejeita H0
Nov	-0,49	3,07	0,630	0,0083	Rejeita H0
Dez	0,35	5,24	0,730	0,00012	Rejeita H0

* $t_{\text{tab}(5\%)} = 2,14$ **Tabela 5** - Resultados do teste F de Fischer entre as variâncias de EI_{15} e EI_{30}

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Estatística F	3,99	52,74	1,86	1,84	1,45	3,40	1,42	1,49	1,97	2,21	15,09	3,07
F crítico	0,0006	3,14E-10	0,124	0,121	0,238	0,012	0,259	0,226	0,100	0,068	2,05E-06	0,186
Conclusão	Rej.H0	Rej.H0	Rej.H0	Rej.H0	Rej.H0	Rej.H0	Rej.H0	Rej.H0	Rej.H0	Rej.H0	Rej.H0	Rej.H0

Conclusões

A erosividade das chuvas de Pelotas obtidas a partir das intensidades máximas na duração de 15 min foi 81% superior ao valor obtido na duração de 30 min.

O valor de erosividade para uma localidade depende do tamanho e à representatividade da série histórica de chuvas erosivas utilizados na análise.

Em relação ao total das chuvas totais estudadas, 91,0% foram consideradas erosivas.

Literatura científica citada

- ALMEIDA, C. O. S. *et al.* Potencial erosivo da chuva de Cuiabá, MT: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 178–184, 2011.
- BAZZANO, M. G. P. *et al.* Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1205-1217, 2007.
- BERTOL, I. *et al.* Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 455-464, 2002.
- BESKOW, S. *et al.* Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**, v. 79, p. 49–59, 2009.
- BONILLA, C. A.; VIDAL, K. L. Rainfall erosivity in Central Chile. **Journal of Hydrology**, v. 410, p. 126–133, 2011.
- CABEDA, M. S. V. Computation of storms EI values. West Lafayette, Purdue University. 1976. 6p. Não Publicado.
- CAPOLONGO, D. *et al.* Analyzing temporal changes in climate erosivity using a simplified rainfall erosivity model in Basilicata (southern Italy). **Journal of Hydrology**, v. 356, p. 119–130, 2008.
- CARVALHO, D. F. *et al.* Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno dos índices de erosividade EI30 e KE>25 em Seropédica - RJ. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 245-252, 2010.
- DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S. Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para Pelotas – RS. **Engenharia Agrícola**, v.28, n.2, p.245-255, 2008.
- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 335-345, 2003.
- FOSTER, G. R. *et al.* Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, p. 355-359, 1981.
- IGUE, T. *et al.* Erro adequado para comparação de médias em casos de heterogeneidade das variâncias. **Bragantia**, v. 52, p. 181-186, 1993.
- JEBARI, S. *et al.* Exceptional rainfall characteristics related to erosion risk in semiarid Tunisia. **Open Hydrology Journal**, v. 9, p. 25–33, 2008.
- JEBARI, S. *et al.* Regionalizing fine time-scale rainfall affected by topography in semiarid Tunisia. **Hydrology Science Journal**, v. 52, p. 1199–1215, 2007.
- JEBARI, S. *et al.* Soil erosion estimation based on rainfall disaggregation. **Journal of Hydrology**, v. 436–437, p. 102–110, 2012.
- LAGO, J. C. Erosividade das chuvas na metade sul do Rio Grande do Sul. 2000. 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- MAZURANA, J. *et al.* Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.975–983, 2009.
- MELLO, C. R. *et al.* Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 537-545, 2007.
- RENARD, K. G. *et al.* Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with ther Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, **Agriculture Handbook n° 703**, 1997. 404 p.
- SANTOS, C. N. El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no estado do Rio Grande do Sul. 2008. 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v. 57, p. 251-259, 2004.
- TEIXEIRA, C. F. A.; DAMÉ, R. C. F.; ROSSKOFF, J. L. C. Intensity-duration-frequency ratios obtained from annual records and partial duration records in the locality of Pelotas - RS, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 687-694, 2011.
- WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 23, p. 246-249, 1959.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, US Department of Agriculture, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).