

ISSN 0104-1347

Erosividade das chuvas em Santa Maria, RS, determinada pelo índice EI_{30} .

Rainfall erosivity in Santa Maria, RS, Brazil, determined
by the EI_{30} index.

Clarissa Melo Cogo¹, Flávio Luiz Foletto Eltz², Elemar Antonino Cassol³

Resumo: A erosividade das chuvas representa o potencial que elas têm em provocar erosão hídrica no solo. O índice EI_{30} é uma estimativa indireta da erosividade das chuvas e é calculado pelo produto da energia cinética total da chuva e da sua intensidade máxima em 30 minutos. O objetivo do presente trabalho foi calcular a erosividade das chuvas que ocorrem no município de Santa Maria, RS, a partir de pluviogramas diários, para fornecer subsídios para o estabelecimento de ações de pesquisa em erosão do solo e para aplicações práticas em conservação do solo, como na Equação Universal de Perdas de Solo. Para cada chuva erosiva foram separados os segmentos do pluviograma com a mesma intensidade, registrados em planilha, digitados e analisados com o programa *Chuveros*, com o qual foram calculadas a precipitação e a erosividade de cada chuva, bem como seus totais, médias mensais e anuais e os padrões de chuva. Foram analisadas 1.607 chuvas erosivas no período de 1963 a 2000. Em Santa Maria, a precipitação e erosividade média anual foram de 1.382 mm e 7.866 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. O período de outubro a abril apresenta 58,5% da precipitação e 69,1% da erosividade da chuva, sendo por isso necessário maiores cuidados quanto ao manejo dos solos agrícolas nesse período. O município de Santa Maria obteve 47 % do total das chuvas no padrão avançado, que são as chuvas onde o pico de maior intensidade ocorre no início da chuva, 25,9% no padrão intermediário e 27,1% no padrão atrasado.

Palavras-chave: Potencial erosivo, precipitação pluvial, padrões de chuva.

Abstract: Rainfall erosivity represents the rainfall erosion potential. The EI_{30} index is an indirect measurement of rainfall erosivity and is calculated by the product of the total rainfall kinetic energy times its maximum intensity in 30 minutes. The objective of this study was to calculate the rainfall erosivity for Santa Maria, RS, Brazil, based on daily rainfall data obtained from diagrams. These results provide subsidies for erosion research and practical applications in soil conservation, such as in the Universal Soil Loss Equation. For each erosive rainfall, the segments of the rainfall diagram with the same intensity were separated, registered in worksheets, digitalized and analyzed with the software *Chuveros*, which calculates the precipitation and the erosivity of each rainfall, as well as its totals, monthly and annual averages, and the rainfall patterns. One thousand and seven erosive rainfalls in the period 1963-2000 were analyzed. In Santa Maria, mean annual precipitation and erosivity were 1,382 mm and 7,866 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, respectively. The period from October to April had 58.5% of the precipitation and 69.1% of annual rainfall erosivity, which require attention to soil management in this period. Santa Maria had 47 % of the total number of rainfalls in the advanced pattern, when the peak of the highest intensity occurs in the beginning of the rainfall, 26% in the intermediary pattern and 27% in the delayed pattern.

Key words: Erosive potential, precipitation, rainfall patterns.

¹ Engo. Agro., Aluna de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM.

² Engo. Agro., Ph.D., Prof. Titular do Depto de Solos da UFSM. email: feltz@ccr.ufsm.br. Bolsista do CNPq.

³ Engo. Agro., Ph.D., Prof. Adjunto do Depto de Solos da UFRGS. email: cassolea@orion.ufrgs.br. Bolsista do CNPq.

Introdução

A erosão do solo é um sério problema da agricultura do Rio Grande do Sul e do Brasil, provocando redução nos rendimentos das culturas, sendo por isto necessária a adoção de programas de controle para que se possa praticar uma agricultura sustentável. O conhecimento dos agentes erosivos é ponto de partida para qualquer programa de conservação do solo. A principal forma de erosão no Brasil é a erosão hídrica (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999)

A capacidade das chuvas em provocar erosão pode ser quantificada e expressa como um índice de erosividade das chuvas. Em função da grande variabilidade temporal no volume e na intensidade das chuvas a cada ano, o valor médio da erosividade das chuvas deve ser calculado com base em dados da erosividade anual de um período longo (pelo menos 30 anos), para representar adequadamente uma região. A erosividade das chuvas tem grande variabilidade espacial, sendo necessário conhecê-la em cada região. Este conhecimento é fator fundamental nos estudos sobre erosão do solo, além de fornecer subsídios importantes em relação à época mais adequada aos trabalhos de preparo do solo e semeadura. Embora hoje a maior parte da área agrícola do Rio Grande do Sul esteja sendo cultivada no sistema de plantio direto, muitas áreas no sistema de preparo convencional ainda sofrem efeitos severos da erosão hídrica.

A erosividade das chuvas é um fator que representa a capacidade que as chuvas têm de provocar erosão no solo. Fundamentalmente, a erosividade depende da intensidade com que ocorrem as chuvas e da energia cinética do impacto de suas gotas sobre a superfície do solo. O índice EI_{30} , que é o produto da energia cinética total da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos, foi o melhor estimador da erosividade das chuvas, quando relacionadas com as perdas de solo por erosão, para as condições dos Estados Unidos (WISCHMEIER, 1959). MORAIS et al. (1988) confirmaram que este índice pode ser também utilizado para as condições do Rio Grande do Sul. De acordo com WISCHMEIER & SMITH (1959), o somatório anual do índice EI_{30} é o fator R da Equação Universal de Perdas de Solo.

Trabalhos iniciais sobre erosividade das chuvas, no Rio Grande do Sul, foram desenvolvidos por COGO et al. (1978), para três locais do Estado, que desenvolveram critérios e testaram metodologias para a determinação da erosividade das chuvas. No entanto, o número de locais abrangidos pelo trabalho desses autores foi bastante reduzido.

Nos meses mais chuvosos do primeiro semestre do ano ocorrem os maiores valores de erosividade, que diminuem no segundo semestre, quando os índices pluviométricos mensais são menores. Esse padrão de distribuição das chuvas foi observado por vários pesquisadores (LOMBARDI NETO, 1977; COGO et al., 1978; CARVALHO et al., 1989; BERTOL, 1994; PISSARA et al., 2000), sendo denominado de unimodal, tendo alto potencial de erosividade em países de clima tropical (HUDSON, 1995).

O estudo das características da chuva é importante, pois estas podem determinar a grande parte dos efeitos erosivos. Os padrões de chuva ainda são pouco estudados no Brasil. HORNER & JENS (1941) classificaram as chuvas em padrão avançado, intermediário e atrasado, quando a localização do pico de maior intensidade está no início, meio ou fim do período de duração das chuvas. 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).

O presente trabalho teve como objetivo determinar a erosividade das chuvas no município de Santa Maria, RS, de modo a fornecer subsídios para o estabelecimento de ações de pesquisa em erosão do solo e para aplicações práticas em conservação do solo, como na Equação Universal de Perdas de Solo.

Material e Métodos

A cidade de Santa Maria localiza-se na Região Fisiográfica da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul. A estação meteorológica está a uma altitude de 153 m, latitude 29° 41' S e longitude 53° 48' W. O clima da região de Santa Maria é do tipo "Cfa", subtropical úmido sem estiagem, com precipitação média anual de 1.686 mm (1961-1990) e temperatura média anual de 19,3 °C.

Os pluviogramas de registro diário, da cidade de Santa Maria, no período de 1963 a 2000, foram obtidos no Centro de Pesquisa de Florestas e Conservação do Solo, da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) do Rio Grande do Sul, localizada em Santa Maria, RS. A amplitude de registro foi de 10 mm de precipitação, com precisão de 0,1 mm, e o tempo de registro de 24 h, com divisões de 10 minutos. Em muitos meses não houve registro de dados em função de problemas com o pluviógrafo ou com o observador meteorológico. Nestes casos, o dado não registrado foi substituído pela média do mês, o que não altera as médias mensais e anuais.

Para a determinação da erosividade, todas as chuvas individuais erosivas foram selecionadas, sendo obtido do pluviograma a hora e a precipitação de cada segmento uniforme. Cada chuva individual foi separada de outra por um intervalo mínimo de 6 horas com precipitação inferior a 1 mm e foi considerada erosiva quando a precipitação total foi superior a 10 mm ou quando a precipitação foi igual ou superior a 6 mm em 15 minutos de chuva (CABEDA, 1976).

Os dados foram registrados em planilhas e posteriormente analisados pelo programa *Chuveros*⁴. Esse programa calcula a erosividade da chuva pelo índice EI_{30} (WISCHMEIER & SMITH, 1958) no Sistema Internacional de Unidades (FOSTER et al., 1981). O somatório dos índices EI_{30} das chuvas individuais é dado para cada mês. O somatório dos índices EI_{30} mensais constitui o EI_{30} anual, que é o fator R da Equação Universal de Perdas de Solo. Uma média aceitável do R anual deve conter pelo menos 20 anos e se possível 30 anos de dados (normal climatológica), devido à grande variabilidade interanual das precipitações. O presente trabalho contou com 38 anos de dados de chuva. As chuvas foram separadas pelo programa *Chuveros* por padrões, de acordo com a classificação proposta por HORNER & JENS (1941). Os padrões foram: 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 duração total da chuva;

chuva de padrão intermediário, quando o pico de maior intensidade ocorre em um período de tempo 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 quando são passados mais de 66% do tempo total de duração da chuva a partir do seu início.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são observados os dados de precipitação mensal e anual ocorridos em Santa Maria, no período 1963-2000, com os respectivos desvios padrão e coeficientes de variação, bem como as amplitudes de variação. O valor máximo mensal registrado foi de 419,2 mm, ocorrido em maio de 1984, enquanto que o valor mínimo foi de zero por vários meses. Os valores máximo e mínimo anual foram registrados em 1984 e 1968, respectivamente com 2.102,8 mm e 852,0 mm. Os valores do desvio padrão e do coeficiente de variação foram elevados, devido à grande variabilidade das chuvas na região.

A Tabela 2 apresenta os valores mensais e anuais do índice de erosividade EI_{30} das chuvas, com os respectivos desvios padrão, coeficientes e amplitudes de variação. O valor máximo mensal foi de 4.398,7 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ no mês de janeiro de 1996, enquanto que o valor mínimo ocorrido foi de zero em vários meses. O valor máximo anual foi de 13.933,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ em 1966, com o mínimo ocorrendo no ano de 1995, com 4.135,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. A elevada variação interanual da erosividade das chuvas elevou os valores do desvio padrão e do coeficiente de variação, mostrando a necessidade de muitos anos de dados para se obter médias confiáveis. Estes dados mostram que o valor máximo anual para Santa Maria foi maior que os obtidos para Campos Novos (SC), Goiânia (GO) e Mococa (SP). A variabilidade regional da precipitação e, por conseguinte, da erosividade, mostra a necessidade de uma rede meteorológica adequada para o conhecimento dessas variações e para a confecção de mapas de isoerodentes para o Brasil, os quais são necessários para a utilização da Equação Universal de Perdas de Solo.

⁴ Programa elaborado por Elemar Antonino Cassol (UFRGS), cassolea@orion.ufrgs.br

BERTOL (1994) encontrou valores máximos e mínimos de 11.152 e 3.587 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, nos anos de 1983 e 1981, respectivamente, para Campos Novos, SC. SILVA et al. (1997) encontraram valores máximos e mínimos de 12.315 e 5.323 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, para Goiânia, GO, nos anos de 1989 e 1990, respectivamente. CARVALHO et al. (1989) obtiveram valores máximos e mínimos de 10.942 e 3.322 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, para Mococa, SP, nos anos de 1976 e 1968, respectivamente.

A Figura 1 apresenta as médias mensais de precipitação e erosividade obtidas no período analisado. Nas médias mensais, as chuvas menos erosivas ocorreram no mês de agosto, com 362,8 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, enquanto que as chuvas de maior erosividade ocorreram no mês de janeiro, com média mensal de 1.071,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. Também em outubro ocorrem chuvas de alta erosividade, com média mensal de 612,2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹.

O período de outubro a abril é o que apresenta o maior potencial de ocorrência de perdas de solo por erosão hídrica, sendo, por isso necessário maiores cuidados quanto ao manejo dos solos agrícolas. Neste período, ocorrem 58,5% da precipitação e 69,1% da erosividade da chuva. Principalmente no período de outubro a dezembro, as chuvas de maior poder erosivo podem coincidir com o início do crescimento das culturas de verão, quando estas ainda oferecem pouca cobertura ao solo. Culturas em preparo convencional, nesta época, poderão ter maiores riscos de erosão. O período de janeiro a abril, embora com maior erosividade das chuvas, normalmente coincide com o pleno desenvolvimento das culturas de verão e, conseqüentemente, com a máxima cobertura do solo pelas plantas. Neste caso, então, os riscos de erosão são menores.

De maio a setembro há um decréscimo na erosividade das chuvas, indicando chuvas de menor potencial erosivo. No período de outono-inverno, geralmente, as chuvas apresentam maior duração e menor intensidade. As chuvas em Santa Maria, na média dos 38 anos estudados, podem ser consideradas como bem distribuídas entre os meses do ano, pois as variações não são grandes, sendo 101,7 mm a menor média, que ocorre no mês de dezembro, 132,0 mm a maior média, no mês de janeiro.

LOMBARDI NETO (1977) determinou em Campinas, SP, que 90,7% da erosividade de 6.779 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ anual ocorre de outubro a março, quando os valores mensais variam de 3.343 a 13.832 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. BERTOL (1994) determinou, para Campos Novos (SC), maiores precipitações nos meses de maio e junho, com 20,9% do total médio anual, com os meses de fevereiro e abril obtendo juntos 27,7% da erosividade total do período.

SILVA et al. (1997) encontraram o período de setembro a fevereiro como o mais crítico para a ocorrência de erosão em Goiânia, GO, pois 84,4% do total anual de chuvas erosivas, para a região de Goiânia, GO, ocorre nesse período. Foi observado para Mococa (SP), de acordo com CARVALHO et al. (1989), uma distribuição de 85,4% do total do EI_{30} médio anual no período de outubro a março, indicando que é esperado que ocorra a maior parte das perdas anuais de solo nesses seis meses. MONTEBELLER et al. (2003) verificaram para Nova Friburgo, RJ, que as chuvas erosivas apresentam-se concentradas, uma vez que 80% delas ocorrem no período de outubro a fevereiro.

A Figura 2 apresenta a precipitação e a erosividade acumuladas, que são relativamente bem distribuídas durante os meses do ano. No Rio Grande do Sul, pela distribuição das chuvas, há o risco permanente de erosão. Cuidados especiais de conservação do solo devem ser tomados durante os períodos de maior risco, mas esta preocupação deve estar presente durante todo o ano. Foram analisadas 1.607 chuvas erosivas ocorridas no período de estudo, sendo a precipitação média anual de 1.382 mm, e a erosividade média anual de 7.865,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, valor este muito próximo do obtido por SILVA et al. (1997), para a região de Goiânia, GO, (8.353 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹).

BERTOL (1994), para Campos Novos, SC, encontrou a erosividade média anual de 6.329 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, enquanto que MELO MARQUES et al. (1998), para o município de Sete Lagoas, MG, obtiveram o fator R anual de 5.835 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por BERTOL (1993), para o município de Lages, SC, onde por meio do EI_{30} , determinou uma erosividade média anual de 5.694 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ e por MONTEBELLER et al. (2003), para as regiões de Seropédica e Nova Friburgo, RJ, onde os valores

Tabela 1. Totais mensais e anuais de precipitação (mm) em Santa Maria-RS, período 1963-2000.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1963	98,6	73,7	61,1	58,7	48,1	41,5	62,2	82,8	204,8	291,7	167,5	48,8	1239,5
1964	83,8	127,6	57,1	200,4	0,0	16,5	25,5	197,9	161,2	146,5	11,8	190,3	1218,6
1965	55,4	60,8	20,0	193,5	55,5	114,7	10,0	151,4	194,2	165,5	114,5	171,3	1306,8
1966	84,7	197,5	334,1	71,3	0,0	127,9	206,5	130,6*	93,4	249,9	110,5	270,6	1877,0
1967	108,8	16,5	64,8	22,4	126,6	41,0	127,7*	105,3	149,7	229,2	10,0	45,3	1047,2
1968	132,0*	39,5	32,2	11,5	24,2	60,3	127,7*	0,0	127,7	112,6	158,8	25,6	852,0
1969	136,1	251,9	93,4	123,7	154,4	125,3	138,4	42,1	77,6	62,4	143,7	117,3	1466,2
1970	46,1	77,5	123,0	115,1	217,6	198,8	115,1	66,1	33,7	212,1	0,0	225,8	1430,9
1971	161,0	85,9	197,9	60,2	99,4	190,8	111,2	125,0	53,3	128,8*	44,0	91,7	1349,2
1972	224,2	98,5	293,3	88,4	130,6	139,6	139,1	321,2	246,4	226,9	130,6	15,1	2053,9
1973	154,6	276,9	57,4	209,7	115,9	134,6	212,1	177,7	16,5	109,4	0,0	145,9	1610,7
1974	119,3	178,9	106,4	15,6	61,7	135,9	70,4	142,4	75,0	18,4	98,9	75,3	1098,2
1975	193,9	76,7	171,8	0,0	116,8	99,6	34,3	138,4	126,6	63,8	62,3	126,8	1211,0
1976	203,4	35,9	153,4	116,3	122,0	79,4	168,9	74,9	109,1	126,5	147,4	30,2	1367,4
1977	266,3	68,9	92,4	247,1	34,8	29,1	304,7	128,5	78,7	128,8*	102,8*	101,7*	1482,1
1978	132,0*	108,1*	25,1	20,3	58,5	66,2	109,7	40,8	34,8	111,2	263,8	74,0	1044,5
1979	0,0	10,8	115,0*	150,4	133,4	22,2	147,7	151,7	186,5	252,8	108,6	101,7*	1380,8
1980	84,6	59,1	214,9	30,2	64,5	154,8	153,4	105,3*	37,5	168,0	52,6	74,8	1199,7
1981	255,0	77,7	27,9	35,2	14,0	198,7	70,5	0,0	87,5	0,0	94,5	127,6	988,6
1982	134,4	247,1	28,2	60,7	163,1	266,7	183,6	260,9	198,7	30,4	259,5	96,2	1929,5
1983	135,2	148,0	166,4	239,6	251,0	169,8	225,4	95,6	12,6	68,5	31,9	70,1	1614,1
1984	102,8	78,3	100,8	323,0	419,2	302,3	188,8	65,1	196,0	79,3	174,2	73,0	2102,8
1985	95,5	75,1	192,8	155,2	137,7	159,5	211,3	132,2	177,5	39,2	0,0	0,0	1376,0
1986	22,0	158,8	268,9	181,0	232,7	150,7	75,5	160,9	147,3	113,7	321,1	19,0	1851,6
1987	140,3	85,0	244,9	122,7	107,9	212,8	267,3	161,0	116,2*	128,8*	102,8*	19,4	1709,2
1988	132,0*	108,1*	0,0	92,7	10,0	155,4	56,0	105,3*	220,6	121,5	179,8	49,6	1231,0
1989	44,8	0,0	142,1	58,9	0,0	56,1	127,7*	116,4	122,6	11,3	107,5	79,5	968,9
1990	104,4	158,1	122,7	323,9	79,7	54,7	71,9	12,6	248,4	222,7	75,1	163,0	1637,2
1991	39,7	42,8	78,2	277,3	38,1	128,1	165,0	10,2	49,9	0,0	23,0	181,0	1033,3
1992	91,6	177,2	135,5	159,4	89,9	57,3	90,0	20,0	80,6	86,9	48,8	87,2	1124,4
1993	256,9	33,0	51,9	32,5	169,2	58,2	38,9	0,0	31,1	90,8	72,6	66,9	902,0
1994	47,2	129,7	31,1	77,1	70,0	125,5	92,7	38,9	66,1	43,5	104,3	118,9	945,0
1995	80,4	76,2	87,0	32,3	41,4	91,6	198,1	103,2	32,2	128,8*	0,0	101,7*	972,9
1996	391,0	136,0	52,7	107,9	0,0	125,8	32,1	150,7	51,9	94,0	40,0	200,0	1382,1
1997	93,8	187,4	0,0	49,0	120,0	123,3	70,9	120,0	76,8	392,5	181,6	279,1	1694,4
1998	238,0	140,5	145,5	325,0	88,0	56,7	156,7	152,5	30,6	47,6	134,0	82,6	1597,4
1999	99,1	126,9	115,0*	122,8	161,3	120,8	199,2	38,7	233,4	185,1	34,0	62,1	1488,4
2000	226,1	78,1	166,7	41,9	127,2	259,2	64,7	73,8	230,4	114,5	193,3	155,9	1731,8
Média	132,0	108,1	115,0	119,8	102,2	122,4	127,7	104,5	116,2	126,1	102,8	104,6	1382,0
Máx.	391,0	276,9	334,1	325,0	419,2	302,3	304,7	321,2	248,4	392,5	321,1	279,1	2102,8
Min.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	10,0	0,0	12,6	0,0	0,0	0,0	852,0
DP	80,4	67,1	82,4	93,9	84,0	69,5	70,8	70,8	73,2	84,6	78,5	69,4	334,2
CV	60,9	62,1	71,7	78,4	82,2	56,8	55,4	67,2	62,9	65,6	76,4	68,2	24,2

Valores com asterisco (*) representam a média do respectivo mês, tendo em vista a inexistência de dados registrados. **DP** = Desvio Padrão. **CV** = Coeficiente de Variação, %. **Máx.**: Valor máximo da série. **Mín.**: Valor mínimo da série.

Tabela 2. Valores mensais e anuais do índice de erosividade EI₃₀ (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) em Santa Maria-RS, período 1963-2000.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1963	635,3	402,5	310,6	130,9	84,0	22,5	86,9	137,9	744,9	1.862,1	1.790,1	202,3	6.410,0
1964	1.144,7	772,2	136,3	1.338,3	0,0	10,9	99,6	532,4	1.142,8	633,2	15,3	1.802,4	7.628,1
1965	799,4	184,8	40,4	1.936,7	117,5	493,3	7,2	267,8	663,2	916,1	643,5	838,1	6.908,0
1966	417,3	1.432,5	3.814,7	315,9	0,0	1.183,8	666,5	697,4	316,5	1.548,5	1.106,5	2.433,8	13.933,4
1967	546,2	78,4	498,1	102,5	469,1	52,4	481,3*	363,0*	879,7	1.107,2	4,5	246,0	4.828,4
1968	1.071,4*	158,3	198,8	714,9*	48,5	103,1	99,7	0,0	261,3	591,5	821,3	86,3	4.155,1
1969	802,8	1.810,1	419,5	494,8	548,5	398,6	294,9	28,7	320,0	133,9	623,0	654,3	6.529,1
1970	243,4	277,1	467,4	826,4	998,6	882,5	257,2	44,7	28,6	1.008,8	0,0	1.040,2	6.074,9
1971	394,1	302,2	1.659,0	79,3	342,0	1.081,1	394,2	433,0	90,7	612,2*	155,1	403,0	5.945,9
1972	1.724,6	362,1	2.231,3	351,8	711,8	427,7	318,4	1.707,1	1.363,0	641,9	668,0	39,2	10.546,9
1973	697,9	2.557,9	460,7	1.190,6	911,7	367,6	666,8	564,1	7,9	411,1	0,0	581,5	8.417,8
1974	613,8	1.631,6	840,2	29,1	438,7	518,1	120,1	364,2	137,6	83,8	344,8	273,9	5.395,9
1975	2.555,7	239,4	1.118,8	0,0	193,1	304,6	109,7	382,3	810,5	231,5	746,2	727,2	7.419,0
1976	2.191,9	131,5	1.365,5	840,0	432,9	202,2	1.132,2	84,5	303,6	840,4	1.467,7	95,8	9.088,2
1977	1.740,1	279,6	1.252,0	1.953,2	87,1	108,2	1.588,6	194,9	296,5	652,2	786,9	842,7	9.782,0
1978	1.071,4*	715,0*	183,4	59,2	171,5	241,1	281,5	43,9	257,2	264,6	2.413,3	440,8	6.142,9
1979	0,0	23,1	839,1*	387,3	405,3	38,8	452,6	398,0	1.323,1	1.806,0	551,4	842,7	7.067,4
1980	852,0	371,5	1.652,9	31,2	124,2	1.459,0	910,8	363,0*	161,6	475,6	39,0	528,7	6.969,5
1981	2.612,9	248,8	106,1	88,5	22,8	604,3	371,2	0,0	148,9	0,0	580,0	1.140,0	5.923,5
1982	1.838,6	3.063,4	87,9	187,0	634,2	1.879,3	896,3	1.044,9	830,7	146,0	1.001,7	736,4	12.346,4
1983	850,7	753,8	920,2	1.178,0	917,1	1.507,4	1.257,2	203,1	7,4	597,6	28,9	316,7	8.538,1
1984	685,1	426,9	1.030,4	2.411,6	4.212,3	1.111,4	938,6	200,3	804,2	206,7	1.139,5	499,8	13.666,8
1985	603,7	542,6	1.360,4	714,9*	451,1	625,8	535,7	158,8	447,1	200,1	0,0	0,0	5.640,2
1986	47,8	1.505,8	2.201,2	673,3	2.618,7	321,4	230,9	921,4	416,6	225,9	1.791,0	23,9	10.977,9
1987	902,0	785,9	1.495,7	232,1	547,7	1.251,3	1.273,3	1.010,1	494,6*	612,2*	640,1*	171,1	9.416,1
1988	1.071,4*	715,0*	0,0	423,2	38,2	1.041,7	67,6	363,0*	1.165,4	544,4	1.731,3	325,6	7.486,8
1989	158,9	0,0	695,3	298,0	0,0	89,2	481,3*	734,0	649,9	723,2	858,6	454,8	5.143,2
1990	767,7	798,5	501,8	2.118,0	262,2	292,2	446,6	10,4	843,1	1.760,8	319,7	1.263,2	9.384,2
1991	90,3	145,4	485,4	2.285,1	66,0	396,1	724,5	25,9	145,6	0,0	53,3	3.062,8	7.480,4
1992	594,7	909,9	1.538,0	854,7	215,8	258,2	452,0	90,9	211,2	245,5	155,5	589,1	6.115,5
1993	1.441,5	285,6	112,4	106,4	1.300,9	137,7	46,7	0,0	168,8	302,4	253,7	284,0	4.440,1
1994	258,9	629,7	124,4	298,8	296,8	992,5	236,4	86,8	292,3	204,8	867,2	2.356,0	6.644,6
1995	399,3	489,2	532,0	153,1	79,3	247,5	517,0	230,9	32,1	612,2*	0,0	842,7	4.135,3
1996	4.398,7	1.095,4	338,5	634,1	0,0	408,3	56,6	513,7	147,4	205,8	95,7	2.311,1	10.205,3
1997	583,6	1.152,8	0,0	229,9	726,3	616,4	278,1	726,2	206,7	2.057,9	1.096,9	2.174,0	9.848,8
1998	2.056,5	636,2	539,0	3.106,9	169,5	86,0	726,7	580,2	54,5	70,5	395,8	406,2	8.828,0
1999	1.224,3	716,8	839,1*	305,0	608,4	680,4	403,3	52,4	1.378,9	475,7	32,7	1.054,6	7.771,6
2000	2.623,0	536,9	1.489,8	85,1	569,2	1.253,4	379,5	235,4	1.240,9	251,7	1.104,1	1.932,0	11.701,0
Média	1.071,4	715,0	839,1	714,9	521,6	570,9	481,3	363,0	494,6	612,2	640,1	842,7	7.866,7
Máx.	4.398,7	3.063,4	3.814,7	3.106,9	4.212,3	1.879,3	1.588,6	1.707,1	1.378,9	2.057,9	2.413,3	3.062,8	13.933,1
Mín.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	7,2	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	4.135,1
DP	909,4	675,1	792,4	792,1	785,0	488,5	384,6	368,1	427,5	548,4	613,2	784,9	2.571,7
CV	84,9	94,4	94,4	110,8	150,5	85,5	79,9	101,5	86,5	89,6	95,8	93,2	32,1

Máx.: Valor máximo da série. **Mín.:** Valor mínimo da série. **DP** = Desvio Padrão. **CV** = Coeficiente de Variação, %. Valores com asterisco (*) representam a média do valor do respectivo mês, tendo em vista a inexistência de dados registrados.

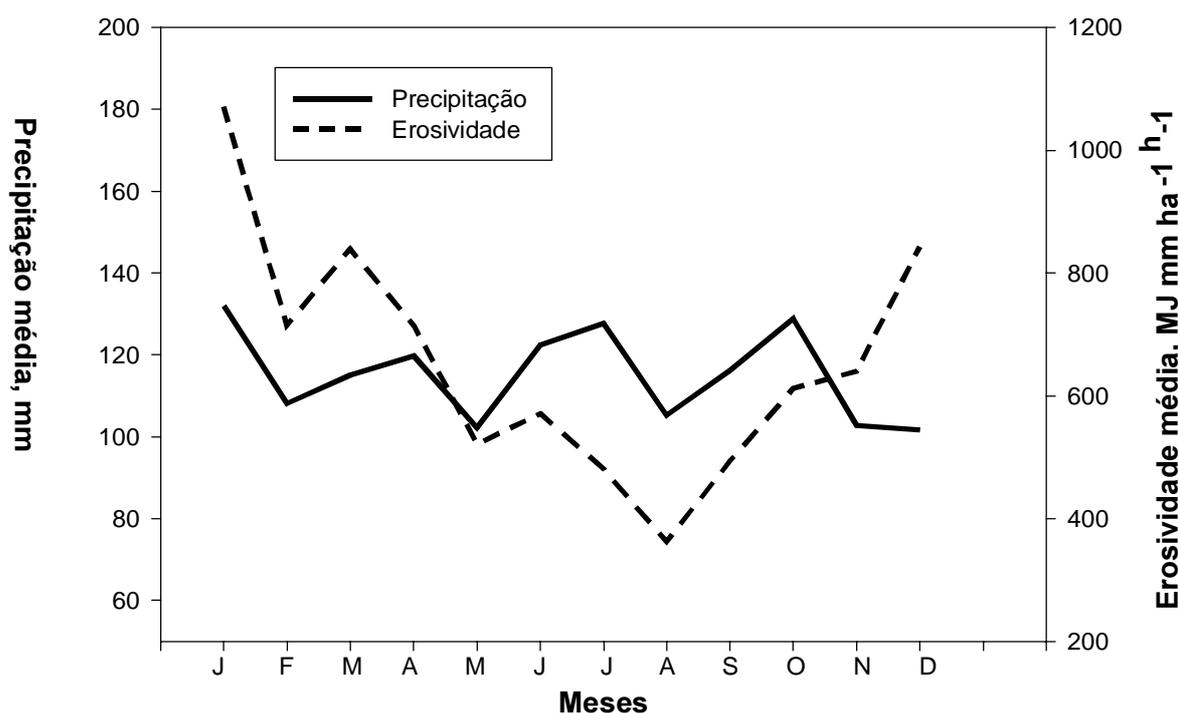


Figura 1. Precipitação pluviométrica e erosividade média mensal das chuvas em Santa Maria, RS, no período de 1963 a 2000.

Tabela 3. Padrões avançado, intermediário e atrasado das chuvas erosivas em Santa Maria, RS, no período de 1963 a 2000.

Chuva individual erosiva	Avançado	Intermediário	Atrasado	Total
Número de casos	756	416	435	1.607
Percentual (%)	47	26	27	100

médios anuais estimados pelo índice EI_{30} , foram de 5.472 e de 5.431 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, respectivamente, todos menores que o obtido para Santa Maria (7.865,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹).

Na Tabela 3 verifica-se que em Santa Maria as chuvas erosivas analisadas individualmente apresentaram 47% do total das chuvas no padrão avançado; 26% no padrão intermediário e 27% no padrão atrasado, o que sob o ponto de vista de erosão é um resultado positivo, pois a maior porcentagem do total das chuvas está ocorrendo no padrão avançado. Neste caso, o solo ainda não está desagregado e o transporte de partículas é menor. Quando ocorre uma maior concentração das chuvas em um padrão atrasado os danos são maiores, já que as condições do solo são mais desfavoráveis, encontrando-se mais saturado e com maior desagregação das partículas, as quais são mais

facilmente levadas pela água do escoamento superficial (ELTZ et al., 2001).

MONTEBELLER et al. (2003), para as regiões de Seropédica e Nova Friburgo, RJ, encontraram que 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.

Conclusões

Na média dos 38 anos analisados do município de Santa Maria, o período outubro a abril apresentou 69,1% do potencial erosivo anual de 7.865,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. Janeiro e agosto foram os meses de maior e menor potencial erosivo, com 1.071,4 e 362,8 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, respectivamente. O padrão de chuva avançado

correspondeu a 47% dos eventos de chuvas erosivas, enquanto que os padrões intermediário e atrasado tiveram, respectivamente, 26 e 27% do número total de chuvas ocorridas em Santa Maria.

Agradecimentos

A FEPAGRO, pela cessão dos pluviogramas para análise e aos observadores meteorológicos da FEPAGRO, que no trabalho anônimo, cotidiano, fundamental e imprescindível, realizaram a leitura e anotação das precipitações, possibilitando assim o uso dos dados e a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981 – 1990. **Pesq. Agrop. Brasil.**, Brasília, v.29, p.1453 -1458, 1994.
- BERTOL, I. Índice de erosividade (EI₃₀) para Lages (SC) – 1ª Aproximação. **Pesq. Agrop. Brasil.**, Brasília, v.28, n.4, p.515-521, 1993.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. 4 ed.. São Paulo, Ícone, 1999. 355p.
- CABEDA, M.S.V. **Computation of storm EI values**. West Lafayette, Purdue University, USA, 6p., 1976. (não publicado).
- CARVALHO, M. P.; LOMBARDI, N.; FILHO, J.V. & CATANEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI₃₀. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.13, p.243-249, 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.
- 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. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 25, p. 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.**, St. Joseph, 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.**, Ankeny, v. 36, p. 355-359. 1981.
- HORNER, W.W. & JENS, S.W. Surface runoff determination from rainfall without using coefficients. **Trans. Am. Soc. Civil Eng.**, New York, v. 107, p.1039-1117, 1941.
- HUDSON, N. **Soil Conservation**. 3 ed. Ames, Iowa State University Press, 1995. 391 p.
- LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53 p. Mimeo. Tese (Mestrado)
- MELO MARQUES, J.J.G. de SÁ e; ALVARENGA, R.C. & CURI, N. Erosividade das chuvas da região de Sete Lagoas, MG. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 33, p. 761-768. 1998.
- MEHL, H.U.; ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M. et al. Caracterização de padrões de chuva ocorrentes em Santa Maria (RS). **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 25, p. 475-483, 2001.
- MONTEBELLER, C. A ; CARVALHO, D. F.; FRANCO, E.M. et al. Padrões de precipitação e índices de erosividade para Seropédica e Nova Friburgo- RJ. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto, SP, 2003. **Anais**- CD-ROM.
- 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. Ilhéus, Sociedade Brasileira de Ci. do Solo, 2000. **Anais**. CD- ROM.
- SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L. de; BLANCANEAUX, P. al. Índices de erosividade das chuvas da região de Goiânia, GO. **Pesq. Agrop. Bras**, Brasília, v. 32, p.977-985. 1997.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D.
Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, USDA-Agricultural Service, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537).

WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v. 23, p. 246-249, 1959.