

EROSIVIDADE DAS CHUVAS DE LAGES, SANTA CATARINA⁽¹⁾

Jefferson Schick⁽²⁾, Ildegardis Bertol⁽³⁾, Neroli Pedro Cogo⁽⁴⁾ & Antonio Paz González⁽⁵⁾

RESUMO

A capacidade erosiva das chuvas pode ser expressa por um índice e o conhecimento desse permite recomendar práticas de manejo e conservação do solo, visando reduzir a erosão hídrica. Os objetivos deste trabalho foram calcular diversos índices de erosividade das chuvas de Lages, SC, e identificar o melhor entre eles, bem como conhecer a distribuição temporal dele. A pesquisa foi realizada no Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages, SC, utilizando-se pluviogramas diários de 1989 a 2012. Com auxílio do programa computacional *Chuvers*, foram obtidos 107 índices de erosividade com base na intensidade máxima em 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 135, 150, 165, 180, 210, 240 min de duração e na combinação dessas intensidades com a energia cinética obtida pelas equações de Brown & Foster, Wagner & Massambani e Wischmeier & Smith. Os índices do período de 1993 a 2012 foram correlacionados com as respectivas perdas de solo da parcela-padrão da Equação Universal de Perda de Solo (USLE), de forma a selecionar o índice de erosividade para a região. As chuvas erosivas corresponderam a 83 % do volume total anual médio de 1.533 mm. O índice de erosividade (fator R) das chuvas recomendado para Lages é o EI_{30} , cujo valor médio anual é $5.033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$; desse valor, 66 % ocorre entre setembro e fevereiro. A erosividade média anual tem período de retorno estimado em dois anos, com 50 % de probabilidade de ocorrência.

Termos de indexação: erosão hídrica, fator R da USLE, chuva erosiva, índice erosivo.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor. Recebido para publicação em 20 de março de 2014 e aprovado em 1º de agosto de 2014.

⁽²⁾ Professor, Instituto Federal Catarinense, *Campus* Santa Rosa do Sul. Rua das Rosas, s/n, Vila Nova. CEP 88965-000 Santa Rosa do Sul (SC). E-mail: jefferson@ifc-sombrio.edu.br

⁽³⁾ Professor Associado, Universidade do Estado de Santa Catarina. Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro. CEP 88520-000 Lages (SC). Bolsista do CNPq. E-mail: ildegardis.bertol@udesc.br

⁽⁴⁾ Professor, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712. Caixa Postal 15.100. CEP 91501-970 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: neroli@ufrgs.br

⁽⁵⁾ Catedrático da Universidade da Coruña, UDC, La Coruña, Espanha. E-mail: tucho@udc.es

SUMMARY: EROSIVITY OF RAINFALL IN LAGES, SANTA CATARINA, BRAZIL

The erosive capacity of rainfall can be expressed by an index and knowing it allows recommendation of soil management and conservation practices to reduce water erosion. The objective of this study was to calculate various indices of rainfall erosivity in Lages, Santa Catarina, Brazil, identify the best one, and discover its temporal distribution. The study was conducted at the Center of Agricultural and Veterinary Sciences, Lages, Santa Catarina, using daily rainfall charts from 1989 to 2012. Using the computer program Chuveros, 107 erosivity indices were obtained, which were based on maximum intensity in 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 135, 150, 165, 180, 210, and 240 min of duration and on the combination of these intensities with the kinetic energy obtained by the equations of Brown & Foster, Wagner & Massambani, and Wischmeier & Smith. The indices of the time period from 1993 to 2012 were correlated with the respective soil losses from the standard plot of the Universal Soil Loss Equation (USLE) in order to select the erosivity index for the region. Erosive rainfall accounted for 83 % of the mean annual total volume of 1,533 mm. The erosivity index (R factor) of rainfall recommended for Lages is the EI₃₀, whose mean annual value is 5,033 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, and of this value, 66 % occurs from September to February. Mean annual erosivity has a return period estimated at two years with a 50 % probability of occurrence.

Termos de indexação: carbono orgânico, substâncias húmicas, carbono orgânico particulado.

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica, principal forma de degradação dos solos (Lal, 2001; Bertol et al., 2007a), é resultante da ação conjunta do impacto das gotas de chuva e da enxurrada, que, além de partículas de solo em suspensão, transporta nutrientes, matéria orgânica e defensivos agrícolas, causando prejuízos à atividade agrícola e ao meio ambiente (Bertol et al., 2007a). Assim, o conhecimento de ferramentas para estimar as perdas de solo e definir a importância relativa dos fatores que influenciam a erosão e, com isso, indicar o uso e manejo correto do solo, torna-se fundamental.

A Equação Universal de Perda de Solo (USLE) (Wischmeier & Smith, 1978) é um modelo empírico de estimativa da perda de solo, amplamente estudada, conhecida e utilizada no mundo para prever as perdas de solo por erosão (Hudson, 1995; Silva, 2004; Cassol et al., 2008; Barretto et al., 2009; Mazurana et al., 2009; Oliveira et al., 2012). A USLE estima a perda de solo anual (A) por meio da combinação dos seguintes fatores: erosividade da chuva e enxurrada associada à chuva (fator R); erodibilidade do solo (fator K); comprimento de rampa (fator L); declividade do terreno (fator S); cobertura e manejo do solo (fator C); e práticas conservacionistas de suporte (fator P), resultando na equação:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

O fator R é um valor numérico que representa o potencial da chuva e enxurrada a ela associada para proporcionar erosão hídrica, sendo variável com as características e, portanto, com a variabilidade espacial e temporal das chuvas (Wischmeier & Smith, 1978). A capacidade das chuvas em provocar erosão é dependente de suas características físicas como a intensidade e o tamanho e velocidade terminal das gotas. Essas características definem a energia cinética

da chuva no momento do impacto das gotas contra o solo. As características temporais como a duração e frequência também são importantes na definição do potencial erosivo das chuvas. A duração da chuva, por sua vez, determina o volume total precipitado (Lago, 2000; Santos, 2008).

Wischmeier & Smith (1958) verificaram que, quando todos os outros fatores são mantidos constantes, com exceção da chuva, a perda de solo por unidade de área em um terreno desprotegido de vegetação é diretamente proporcional ao produto de duas características da chuva multiplicadas entre si: energia cinética (Ec) e intensidade máxima em 30 min (I₃₀).

Resultados de perdas de solo obtidos em parcelas experimentais nos EUA apresentaram um coeficiente de correlação variando de 0,84 a 0,98 com o índice EI₃₀ (Wischmeier, 1959). Em regiões tropicais e subtropicais, cujas chuvas apresentam maior erosividade do que as dos EUA, outros índices de erosividade têm demonstrado melhor correlação com as perdas de solo do que o EI₃₀ (Lal et al., 1980). Hudson (1971) propôs o índice KE > 25 para a África subtropical; e Lal (1976), o índice AIm para a Nigéria. Arnoldus (1977) apresentou o índice de Fournier modificado para o Marracos.

No Brasil, o coeficiente de correlação entre as características das chuvas e as perdas de solo tem sido baixo em relação ao encontrado por Wischmeier (1959) para os EUA, variando entre 0,35 (Beutler, 2000) e 0,87 (Marques et al., 1997). Contudo, entre os diferentes índices testados para representar o fator R no Brasil, o EI₃₀ tem se apresentado como bom indicador da capacidade potencial das chuvas de causar erosão (Biscaia et al., 1981; Morais et al., 1988; Lombardi Neto & Moldenhauer, 1992; Carvalho et al., 1997; Silva et al., 1997; Albuquerque et al., 1998;

Beutler, 2000; Bertol et al., 2002, 2007b, 2008; Silva et al., 2009).

O conhecimento do índice de erosividade tem grande importância tanto do ponto de vista de aplicação prática quanto científico. Do ponto de vista de aplicação prática, o conhecimento do índice de erosividade da chuva, especialmente a sua distribuição acumulada ao longo do tempo, permite identificar o(s) período(s) do ano com maior risco ou potencial de erosão hídrica. Assim, o técnico de campo pode planejar mais eficientemente as medidas de controle da erosão hídrica do solo. Para tanto, é importante que o técnico leve em consideração que o solo deve estar suficientemente protegido naquele(s) período(s) em que as chuvas apresentam os maiores valores do índice de erosividade. Do ponto de vista científico, o conhecimento da erosividade das chuvas e sua distribuição temporal permite ao pesquisador saber a que atribuir as diferenças nas quantidades de erosão, num dado ano e em dado local: se aos tratamentos de solo ou se às diferenças nas características das chuvas (Cogo, 1988). Além disso, o conhecimento da erosividade é imprescindível para obtenção dos fatores K (erodibilidade do solo) e C (cobertura e manejo do solo) (Wischmeier & Smith, 1978). A estimativa do período de retorno e da probabilidade de ocorrência da erosividade anual das chuvas estabelece previsões da frequência com que as predições de perdas de solo são sub ou superestimadas (Cassol et al., 2008).

O método proposto por Wischmeier (1959) para estimativa da capacidade erosiva das chuvas requer a utilização de registros pluviográficos. Para a definição do índice de erosividade, Wischmeier (1976) propôs séries que abranjam períodos superiores a 20 anos, no sentido de incluir variações cíclicas comuns aos parâmetros climáticos. Oliveira et al. (2012), analisando os trabalhos relacionados à erosividade no Brasil, identificaram apenas 35 trabalhos com a utilização de registros pluviográficos e, entre esses, somente 10 englobaram séries com período igual ou superior a 20 anos.

Objetivaram-se com este trabalho caracterizar as chuvas naturais de Lages, SC, durante um período de 24 anos (1989 a 2012), selecionar o fator de erosividade (fator R da USLE), bem como quantificar e estudar a distribuição desse fator.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em Lages, SC (27° 49' S e 50° 10' W), no Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/ UDESC), onde a altitude é de 923 m. O clima é do tipo Cfb (temperado, úmido, sem estação seca, com verão fresco), segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 15,7 °C e precipitação pluvial média anual na região de 1.556 mm (Wrege et

al., 2011). O solo do local do experimento é um Cambissolo Húmico aluminico léptico (Embrapa, 2013), argiloso, com substrato composto de siltitos e argilitos, descrito em Bertol (1994b). A declividade média do local é 0,102 m m⁻¹.

Para determinar o fator de erosividade das chuvas, foram usados pluviogramas diários modelo IH-01-01, com amplitude de registro de 10 mm de precipitação e de 24 h de duração, com unidades de 0,2 mm, para o volume, e de 10 min, para o tempo. Foram analisadas 2.777 chuvas entre 1989 e 2012, das quais 1.231 foram consideradas erosivas. O critério adotado para definição de chuva erosiva foi o de Wischmeier & Smith (1958), modificado por Cabeda (1976), que considera como erosiva a chuva com volume igual ou superior a 10 mm e, ainda, aquela com volume igual ou superior a 6 mm num intervalo de tempo menor ou igual a 15 min. Por esse critério, chuvas separadas por intervalos de 6 h sem precipitação ou com precipitações menores de 1 mm nesse período são consideradas chuvas individuais.

Nos pluviogramas diários, as chuvas erosivas foram cotadas manualmente em segmentos de intensidade uniforme e registradas em planilhas. Posteriormente, utilizou-se o programa *Chuveros* (Cassol et al., 2008), desenvolvido pelo professor Elemar Antonino Cassol (UFRGS), para calcular a energia cinética segundo Wischmeier & Smith (1978), Brown & Foster (1987) e Wagner & Massambani (1988). Nesse programa, as unidades das equações de energia cinética foram convertidas para o Sistema Internacional de Unidades, de acordo com Foster et al. (1981). As equações são as seguintes:

Wischmeier & Smith (1978):

$$E_{W\&S} = 0,119 + 0,0873 \log i \quad (2)$$

Brown & Foster (1987):

$$E_{B\&F} = 0,29 (1 - 0,72 e^{-0,05 i}) \quad (3)$$

Wagner & Massambani (1988):

$$E_{W\&M} = 0,153 + 0,0645 \log i \quad (4)$$

em que $E_{W\&S}$, $E_{B\&F}$ e $E_{W\&M}$ = energia cinética calculada pelas equações de Wischmeier & Smith (1978), Brown & Foster (1987) e Wagner & Massambani (1988), respectivamente, em MJ ha⁻¹ mm⁻¹; e i = intensidade da chuva, em mm h⁻¹.

As equações 2, 3 e 4 são aplicáveis para intensidades de chuvas com até 76 mm h⁻¹. Acima desse limite de intensidade, a energia cinética por mm de chuva é constante, sendo de 0,2832 MJ ha⁻¹ mm⁻¹, para a equação 1; 0,2853, para a 2; e 0,2743, para a 3. Os valores obtidos nessas equações são multiplicados pela quantidade de chuva no respectivo segmento de intensidade uniforme para expressar a energia cinética do segmento, em MJ ha⁻¹. Somando-se a energia cinética dos segmentos, obtém-se a energia cinética total da chuva (Et).

O programa *Chuveros* também fornece, para cada chuva, a precipitação total (V) em mm e os índices de

erosividade $E > 25$ e $E > 10$, que são a soma da energia cinética dos segmentos com intensidade superior a 25 e 10 mm ha^{-1} , respectivamente, em MJ ha^{-1} . Ainda, o programa fornece as intensidades máximas da chuva, nas seguintes durações; 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 135, 150, 165, 180, 210 e 240 min, em mm h^{-1} . A multiplicação da energia cinética total da chuva (E), obtida nas equações 2, 3 e 4, pelas intensidades máximas (I) dos diferentes períodos considerados (n), possibilitou obter os índices de erosividade (EI_n), em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1}$.

O índice de erosividade mensal foi obtido pelo somatório dos valores dos índices das chuvas individuais e, somando-se os valores mensais, obteve-se o índice de erosividade anual. Os valores mensais dos índices de erosividade são a média dos valores dos meses dos anos para a localidade. Assim, o valor médio anual do índice de erosividade é a média dos valores dos anos do período estudado, sendo esse valor considerado como o fator "R" na USLE (Wischmeier & Smith, 1978).

A curva de distribuição acumulada da precipitação e do índice de erosividade médio anual resultou da plotagem gráfica dos valores médios mensais da precipitação e do índice de erosividade, expressos em porcentagem do valor médio anual, em razão do tempo, conforme Wischmeier & Smith (1958).

Entre 1993 e 2012, foi conduzido um experimento de perdas de solo, em duas parcelas (repetições) de $3,5 \times 22,1$ m, delimitadas por chapas galvanizadas, nas laterais e na extremidade superior, e por calhas coletoras de enxurrada, na extremidade inferior, conectadas por canos de PVC a tanques coletores com divisores de vazão com nove janelas, localizados 6 m abaixo. As perdas de solo foram avaliadas conforme o método descrito em Cogo (1978). Durante o período experimental, foram quantificadas as perdas de solo provenientes de 991 chuvas erosivas, que originaram 795 eventos individuais de perdas de solo. Desse modo, 163 eventos de perdas de solo foram o resultado de duas ou mais chuvas erosivas acumuladas, por causa das dificuldades de coleta imediata, individualizada. Esses dados foram utilizados para a análise de correlação com os índices de erosividade; contudo, esses não serão aqui apresentados por constarem no trabalho acompanhante dos mesmos autores, sobre erodibilidade do solo (Schick et al., 2014).

O solo nas duas parcelas foi preparado com uma aração e duas gradagens no sentido paralelo ao declive, duas vezes por ano, uma vez antecedendo a cultura de primavera-verão e a outra de outono-inverno; sempre que necessário, capinas mecânicas eram realizadas para eliminar a vegetação e romper a crosta superficial. Assim, o solo foi mantido livre de vegetação e de crosta superficial durante o período experimental.

Os dados de perda de solo foram ajustados para a declividade-padrão da USLE, ou seja, $0,09 \text{ m m}^{-1}$, por

meio do fator grau de declive, conforme proposto por Wischmeier & Smith (1978), utilizando a equação:

$$S = 0,065 + 4,56 \text{ sen } \theta + 65,41 (\text{sen } \theta)^2 \quad (5)$$

em que S = fator grau do declive; e θ = ângulo do declive.

Foi efetuada regressão linear simples entre as perdas de solo obtidas na parcela-padrão da USLE, e os diversos fatores de erosividade calculados, utilizando o modelo:

$$\hat{y} = a + b x \quad (6)$$

em que \hat{y} = perda de solo estimada, em Mg ha^{-1} ; x = fator erosividade (unidade variável dependendo do fator); e a, b = constantes de ajuste do modelo.

Foram obtidos os intervalos de confiança para os valores dos coeficientes de correlação linear (r), utilizando-se o método proposto por Fisher (Steel et al., 1997).

O período de retorno e a probabilidade de ocorrência da erosividade anual foram determinados conforme Schwab et al. (1981), por meio das seguintes expressões:

$$T = (N+1)/m \quad (7)$$

$$Pr = 100/T \quad (8)$$

em que T = período de retorno, ano; N = número de anos de registro de dados; m = número de ordem do índice de erosividade da série considerada, quando a erosividade é colocada em ordem decrescente de magnitude; e Pr = probabilidade de ocorrência do índice de erosividade, %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, ocorreu um total de 2.777 chuvas, das quais 44 % erosivas e 56 % não erosivas (Quadro 1), numa proporção semelhante à obtida por Bertol et al. (2002) para o mesmo local, porém com dados de 10 anos. Em relação ao número de chuvas erosivas, os meses de outubro, janeiro e fevereiro contribuíram com 32 % do total anual, caracterizando-se como meses críticos, em que se pode esperar maior risco de erosão. Os meses de janeiro e fevereiro representaram 22 % do número total de chuvas, enquanto em abril, maio, junho, julho e agosto ocorreram 34 % do total de chuvas.

Em relação ao volume total, a precipitação pluvial média anual em Lages foi de 1.533 mm, com 270 mm de desvio-padrão e coeficiente de variação (CV) de 18 % (Quadro 2). A variação anual na precipitação foi relativamente pequena, apesar de tratar-se de evento climático. Na distribuição mensal da precipitação, embora os CVs sejam relativamente altos, observou-se boa distribuição. O período de menor precipitação, de março a agosto, apresentou, na média mensal, precipitações em torno de 100 mm, indicando ausência de períodos de déficit hídrico.

Quadro 1. Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do número de chuvas erosivas, não erosivas e total, observadas no período de 1989 a 2012, em Lages, SC

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
Erosiva													
1989	9	2	5	3	3	1	3	5	5	4	2	3	45
1990	9	5	5	4	2	3	5	3	7	8	6	4	61
1991	3	0	3	2	3	3	2	3	3	6	6	5	39
1992	8	2	6	2	5	5	3	4	2	0	7	1	45
1993	6	6	4	4	5	2	4	2	6	4	5	0	48
1994	2	13	4	4	6	4	6	1	4	7	6	3	60
1995	5	8	2	2	0	7	3	3	5	7	2	4	48
1996	11	8	5	2	0	4	5	5	5	3	2	3	53
1997	7	7	2	0	2	3	6	3	3	9	7	4	53
1998	5	9	7	5	2	2	6	8	6	4	1	4	59
1999	5	3	1	6	3	1	5	2	4	4	4	4	42
2000	8	3	4	4	3	6	3	3	6	7	2	9	58
2001	11	7	5	4	4	3	4	3	4	6	6	5	62
2002	4	3	3	4	3	5	3	6	6	9	8	6	60
2003	3	5	4	5	1	4	2	1	1	4	3	7	40
2004	4	4	2	4	3	1	6	1	7	8	4	3	47
2005	2	2	4	5	6	6	4	3	5	6	6	3	52
2006	5	4	4	1	0	2	2	2	3	2	5	5	35
2007	4	6	7	2	5	4	5	4	7	6	5	6	61
2008	6	4	3	5	3	5	1	3	4	10	5	4	53
2009	7	8	3	0	4	1	7	8	9	4	10	3	64
2010	7	7	7	3	4	2	5	1	2	2	6	3	49
2011	8	8	6	3	1	6	6	5	4	5	3	4	59
2012	4	4	2	2	1	5	8	0	2	4	0	6	38
Média	6	5	4	3	3	4	4	3	5	5	5	4	51
DP ⁽¹⁾	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	9
CV (%) ⁽²⁾	43	55	42	51	63	51	41	63	43	46	52	45	17
Não erosiva													
1989	6	9	6	6	2	5	5	4	5	6	8	7	69
1990	9	7	7	9	5	5	7	2	7	8	11	3	80
1991	6	6	2	5	3	8	1	7	4	8	6	8	64
1992	2	10	7	8	4	3	7	6	4	0	1	4	56
1993	5	10	9	8	2	4	5	4	5	4	3	0	59
1994	5	9	6	2	7	3	4	4	6	3	4	4	57
1995	9	6	7	3	5	3	3	2	5	4	6	5	58
1996	9	7	9	2	2	4	1	4	8	10	7	10	73
1997	9	10	7	7	5	1	4	2	3	5	7	7	67
1998	8	8	7	6	4	2	2	4	5	5	6	9	66
1999	6	8	6	5	7	7	6	3	3	5	7	7	70
2000	8	6	8	2	4	5	4	5	4	7	8	2	63
2001	6	5	6	6	6	3	8	3	10	6	4	6	69
2002	9	6	8	7	5	7	8	6	4	8	2	5	75
2003	5	8	4	3	2	5	7	3	8	5	5	6	61
2004	5	6	7	3	7	5	3	2	2	2	3	7	52
2005	7	4	2	7	2	1	1	2	9	13	3	8	59
2006	7	7	7	3	2	5	8	6	7	7	8	2	69
2007	9	8	8	13	5	2	3	3	3	5	5	7	71

Continua...

Quadro 1. Cont.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
Nº de chuvas													
2008	6	9	8	4	3	6	7	9	3	5	8	7	75
2009	5	4	4	3	4	6	5	0	5	1	4	6	47
2010	7	6	7	3	7	4	3	4	1	9	6	11	68
2011	15	10	4	7	3	4	4	7	0	5	2	8	69
2012	5	8	4	5	0	4	3	2	2	5	4	7	49
Média	7	7	6	5	4	4	5	4	5	6	5	6	64
DP ⁽¹⁾	3	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	3	8
CV (%) ⁽²⁾	36	25	31	51	49	43	50	53	53	50	45	43	13
Total													
1989	15	11	11	9	5	6	8	9	10	10	10	10	114
1990	18	12	12	13	7	8	12	5	14	16	17	7	141
1991	9	6	5	7	6	11	3	10	7	14	12	13	103
1992	10	12	13	10	9	8	10	10	6	0	8	5	101
1993	11	16	13	12	7	6	9	6	11	8	8	0	107
1994	7	22	10	6	13	7	10	5	10	10	10	7	117
1995	14	14	9	5	5	10	6	5	10	11	8	9	106
1996	20	15	14	4	2	8	6	9	13	13	9	13	126
1997	16	17	9	7	7	4	10	5	6	14	14	11	120
1998	13	17	14	11	6	4	8	12	11	9	7	13	125
1999	11	11	7	11	10	8	11	5	7	9	11	11	112
2000	16	9	12	6	7	11	7	8	10	14	10	11	121
2001	17	12	11	10	10	6	12	6	14	12	10	11	131
2002	13	9	11	11	8	12	11	12	10	17	10	11	135
2003	8	13	8	8	3	9	9	4	9	9	8	13	101
2004	9	10	9	7	10	6	9	3	9	10	7	10	99
2005	9	6	6	12	8	7	5	5	14	19	9	11	111
2006	12	11	11	4	2	7	10	8	10	9	13	7	104
2007	13	14	15	15	10	6	8	7	10	11	10	13	132
2008	12	13	11	9	6	11	8	12	7	15	13	11	128
2009	12	12	7	3	8	7	12	8	14	5	14	9	111
2010	14	13	14	6	11	6	8	5	3	11	12	14	117
2011	23	18	10	10	4	10	10	12	4	10	5	12	128
2012	9	12	6	7	1	9	11	2	4	9	4	13	87
Média	13	13	10	8	7	8	9	7	9	11	10	10	116
DP ⁽¹⁾	4	4	3	3	3	2	2	3	3	4	3	3	13
CV (%) ⁽²⁾	30	29	27	37	45	28	26	42	35	36	30	31	12

⁽¹⁾ DP: desvio-padrão. ⁽²⁾ CV: coeficiente de variação

Em relação ao volume das chuvas erosivas, essas corresponderam a 83 % do total precipitado, enquanto as não erosivas representaram 17 % (Quadro 2), concordando com vários trabalhos dessa natureza (Eltz, 1977; Jesus Filho, 1987; Bertol, 1993, 1994a; Schwarz, 1997; Beutler, 2000; Bertol et al., 2002; Cassol et al., 2008; Mazurana et al., 2009). O elevado percentual do volume de chuvas erosivas em relação ao total indica a necessidade de preocupação com o uso de práticas conservacionistas na região.

O período de primavera-verão foi responsável por 57 % do número de chuvas erosivas e não erosivas (Quadro 3). Em relação ao volume (Quadro 3), o

período de primavera-verão apresentou 53 e 58 % do volume total de chuvas erosivas e não erosivas, respectivamente, concordando com Schick (1999), Beutler (2000) e Bertol et al. (2002). Assim, verificou-se distribuição relativamente desuniforme entre as estações, no número de chuvas (erosivas e não erosivas) e no volume não erosivo, enquanto para o volume das chuvas erosivas essa distribuição foi relativamente uniforme. A distribuição relativamente uniforme do volume das chuvas erosivas entre as estações, dada a sua importância, induz a possibilidade de risco de erosão hídrica semelhante entre essas estações.

Quadro 2. Valores mensais, anuais e médios mensais e anuais do volume de chuvas erosivas, não erosivas e total, observadas no período de 1989 a 2012, em Lages, SC

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
mm													
Erosiva													
1989	214	45	82	94	149	17	41	126	245	87	29	69	1195
1990	156	105	97	95	180	120	101	73	164	245	213	86	1633
1991	93	0	45	70	61	110	65	52	50	206	72	167	992
1992	102	32	112	30	270	176	80	92	73	0	176	10	1154
1993	135	118	79	58	120	36	281	21	140	117	84	0	1189
1994	52	282	67	136	127	98	172	9	58	174	118	90	1384
1995	133	141	19	26	0	143	37	60	108	161	26	120	975
1996	260	118	131	48	0	136	118	181	101	36	42	73	1244
1997	364	141	24	0	50	106	135	129	133	276	187	104	1649
1998	97	243	173	233	115	69	134	184	221	96	23	130	1716
1999	108	58	11	159	84	42	184	30	56	152	91	76	1051
2000	126	58	62	116	57	85	105	61	250	244	24	197	1384
2001	184	112	56	116	116	83	93	67	79	207	106	100	1317
2002	86	40	82	102	54	108	83	118	149	237	252	134	1445
2003	70	93	65	97	28	82	41	10	21	113	72	179	872
2004	71	59	58	70	51	12	192	32	271	165	76	60	1115
2005	81	31	112	121	272	127	96	161	140	235	106	61	1540
2006	102	91	88	16	0	49	33	104	50	38	199	104	874
2007	72	89	108	36	150	54	137	92	122	158	111	89	1217
2008	124	129	49	136	45	127	10	55	127	283	95	60	1241
2009	134	128	31	0	67	13	205	189	371	86	238	56	1517
2010	142	130	119	234	197	25	151	11	123	54	182	86	1454
2011	200	184	116	39	45	134	159	249	180	130	61	84	1580
2012	168	92	30	52	22	119	108	0	97	127	0	138	953
Média	136	105	76	87	94	86	115	88	139	151	108	95	1279
DP ⁽¹⁾	70	65	40	63	78	47	64	68	83	79	73	47	253
CV (%) ⁽²⁾	51	62	53	73	83	54	56	77	60	53	68	50	20
Não erosiva													
1989	37	23	25	35	9	13	20	15	19	28	43	23	289
1990	49	31	42	24	36	32	25	10	36	36	46	17	384
1991	20	19	3	30	2	37	3	33	8	28	30	41	252
1992	9	45	24	18	24	11	17	26	20	0	0	12	205
1993	16	36	26	29	10	19	29	18	16	13	5	0	218
1994	14	34	22	5	19	10	8	12	14	11	5	14	166
1995	40	20	23	12	15	6	6	16	24	16	21	29	227
1996	50	24	29	11	14	16	3	14	41	48	32	47	329
1997	41	44	26	27	14	1	11	2	4	12	23	40	244
1998	28	22	21	25	13	11	11	25	29	22	18	23	249
1999	22	41	31	24	22	23	32	6	19	23	19	17	279
2000	29	28	34	14	14	22	15	9	6	31	45	14	261
2001	19	14	21	19	26	16	32	15	52	23	14	19	269
2002	53	20	35	26	16	40	35	20	14	42	5	12	317
2003	15	41	18	16	5	16	19	14	28	11	19	25	227
2004	14	26	22	13	42	10	41	16	14	2	14	44	258
2005	35	18	6	26	7	1	3	16	33	38	12	31	227
2006	26	25	27	10	9	9	51	28	37	30	34	3	290
2007	28	33	41	22	13	2	8	9	11	14	22	26	227

Continua...

Quadro 2. Cont.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
	mm												
2008	20	21	28	19	2	18	20	24	12	20	22	25	231
2009	15	9	11	14	10	25	30	0	28	10	18	21	192
2010	31	32	25	8	27	21	16	17	6	40	11	49	283
2011	69	43	10	31	4	23	26	36	0	15	11	39	306
2012	11	48	9	20	0	9	14	3	6	26	11	25	181
Média	29	29	23	20	15	16	20	16	20	22	20	25	255
DP ⁽¹⁾	15	11	10	8	10	10	13	9	13	13	13	13	50
CV (%) ⁽²⁾	54	37	43	40	72	64	65	59	67	56	64	53	20
	Total												
1989	251	68	107	129	158	30	60	140	264	115	72	92	1485
1990	205	136	140	120	216	151	125	82	200	281	259	103	2017
1991	113	19	48	100	63	147	68	84	58	234	102	208	1243
1992	111	77	136	48	294	187	97	118	93	0	177	22	1359
1993	150	154	105	87	130	55	310	39	156	130	90	0	1406
1994	66	317	89	141	146	108	180	21	71	185	123	104	1550
1995	173	161	43	38	15	149	43	76	132	177	47	150	1202
1996	310	143	160	59	14	152	121	195	142	84	74	120	1573
1997	405	185	50	27	64	107	147	130	137	289	210	144	1893
1998	125	265	194	258	128	80	145	209	250	119	41	153	1965
1999	130	99	42	184	106	65	216	36	75	174	109	93	1329
2000	155	86	95	131	72	106	120	70	256	275	69	210	1645
2001	203	126	76	135	141	99	125	83	131	230	119	119	1586
2002	139	60	117	128	69	147	118	138	164	279	256	146	1762
2003	86	134	83	113	33	98	61	24	49	124	91	204	1099
2004	85	85	80	82	92	22	233	48	285	167	90	104	1373
2005	116	49	118	147	279	128	99	176	173	273	118	92	1767
2006	128	116	115	26	9	58	84	133	87	69	233	107	1163
2007	100	121	149	58	163	56	144	101	133	172	134	115	1444
2008	144	150	77	155	47	145	30	78	139	304	118	85	1471
2009	149	137	42	14	78	38	235	189	400	96	256	77	1709
2010	173	162	144	242	224	46	166	28	129	95	193	135	1737
2011	269	227	126	71	49	157	185	284	180	145	72	123	1886
2012	179	140	39	72	22	128	122	3	103	153	11	163	1134
Média	165	134	99	107	109	102	135	104	158	174	128	119	1533
DP ⁽¹⁾	78	67	43	63	82	48	67	70	83	82	72	50	270
CV (%) ⁽²⁾	47	50	43	59	75	46	50	68	52	47	57	42	18

⁽¹⁾ DP: desvio-padrão. ⁽²⁾ CV: coeficiente de variação

Os valores de correlação entre 795 dados individuais de perdas de solo e os respectivos valores dos índices de erosividade avaliados são apresentados no quadro 4. Em termos absolutos, os fatores de erosividade $EI_{120B\&F}$ e $EI_{135B\&F}$, que representam a energia cinética total da chuva calculada pela equação de Brown & Foster (1987) multiplicada pela intensidade máxima nas durações de 120 e 135 min, respectivamente, apresentaram o melhor coeficiente de correlação com as perdas de solo ($r = 0,703$). Entretanto, pela análise dos intervalos de confiança, diferenças significativas com esses fatores só ocorreram com os fatores conjugados $EI_{10W\&S}$, $EI_{10B\&F}$ e $EI_{10W\&M}$ e com os que consideraram unicamente a

energia total da chuva ($E_{W\&S}$, $E_{B\&F}$, $E_{W\&M}$), a energia na intensidade superior a 25 mm h^{-1} ($E > 25_{W\&S}$, $E > 25_{B\&F}$, $E > 25_{W\&M}$), a intensidade máxima nas diversas durações ($I_5, I_{10}, I_{15}, I_{20}, I_{25}, I_{30}, I_{35}, I_{40}, I_{45}, I_{50}, I_{55}, I_{60}, I_{70}, I_{80}, I_{90}, I_{100}, I_{110}, I_{120}, I_{135}, I_{150}, I_{165}, I_{180}, I_{210}$ e I_{240}) e o volume precipitado (V). De modo geral, a associação da energia cinética com a intensidade máxima aumentou a correlação com a perda de solo, o que corroborou os dados de Wischmeier & Smith (1958) e Lombardi Neto & Moldenhauer (1992).

Em geral, os fatores de erosividade das chuvas obtidos por meio da equação de Brown & Foster (1987) e Wagner & Massambani (1988) foram iguais àqueles da equação de Wischmeier & Smith (1958) (Quadro

Quadro 3. Número e volume de chuvas erosivas, não erosivas e total em diferentes épocas do ano, em Lages, SC

Ano	Número de chuvas						Volume de chuvas					
	Erosivas		Não erosivas		Total		Erosivas		Não erosivas		Total	
	P/V ⁽¹⁾	O/I ⁽²⁾	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I	P/V	O/I
	mm											
1989	23	21	33	25	56	46	507	647	126	101	633	747
1990	26	27	44	35	70	62	513	804	215	162	728	966
1991	23	16	39	27	62	43	671	399	155	112	826	510
1992	30	23	41	33	71	56	629	730	173	118	803	848
1993	24	22	24	32	48	54	551	610	76	129	627	739
1994	29	26	28	24	57	50	664	610	95	59	759	669
1995	31	18	32	22	63	40	680	309	111	82	791	391
1996	37	22	41	18	78	40	819	617	172	78	990	696
1997	26	15	57	22	83	37	721	475	261	58	981	533
1998	39	31	39	24	78	55	1.084	981	142	105	1.226	1.085
1999	20	20	37	35	57	55	473	533	149	149	623	681
2000	26	26	41	24	67	50	560	669	149	82	709	751
2001	41	21	31	36	72	57	834	530	125	153	960	683
2002	29	26	38	42	67	68	656	574	170	169	826	743
2003	36	14	31	24	67	38	892	280	128	80	1.020	360
2004	23	20	38	22	61	42	504	511	138	128	642	639
2005	23	32	24	20	47	52	632	970	123	81	755	1.050
2006	27	11	46	32	73	43	661	273	153	156	814	429
2007	28	26	42	30	70	56	600	560	165	70	765	630
2008	31	22	36	37	67	59	686	514	114	116	799	630
2009	37	26	30	25	67	51	731	712	97	108	828	820
2010	37	21	29	24	66	45	825	819	132	100	956	919
2011	29	28	54	27	83	55	743	871	221	128	964	999
2012	22	19	30	17	52	36	565	411	128	55	693	466
Média	29	22	37	27	66	50	675	600	146	107	822	708
DP ⁽³⁾	6	5	8	7	10	9	143	197	42	34	149	202
CV (%) ⁽⁴⁾	21	24	23	24	15	17	21	33	29	32	18	29

⁽¹⁾ P/V: primavera/verão. ⁽²⁾ O/I: outono/inverno. ⁽³⁾ DP: desvio-padrão. ⁽⁴⁾ CV: coeficiente de variação.

4), o que, em parte, também foi verificado por outros autores (Wagner & Massambani, 1988; Carvalho et al., 1993; Marques et al., 1997; Silva et al., 1997; Albuquerque et al., 1998; Schick, 1999; Beutler, 2000; Bertol et al., 2002; Carvalho et al., 2005). Portanto, os três métodos podem ser utilizados para obtenção do fator de erosividade para Lages, SC, com o mesmo grau de confiança.

O fator de erosividade, EI_{30} , obtido pelo método proposto por Wischmeier & Smith (1958) ($EI_{30W\&S}$), é mundialmente reconhecido como o fator R da USLE, proposta por Wischmeier & Smith (1978), sendo seu uso recomendado em diversas regiões do planeta, incluindo as regiões do Brasil: Sul - Biscaia et al. (1981), Morais (1986), Morais et al. (1988), Jacobs et al. (1994) e Bertol et al. (2002); Sudeste - Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) e Carvalho et al. (1989, 1993, 1997); Centro-Oeste - Dedeczek (1988), Marques

et al. (1997) e Silva et al. (1997); e Nordeste - Cantalice & Margolis (1993) e Albuquerque et al. (1994; 1998). Assim, diante da uniformidade estatística dos valores dos coeficientes de correlação obtidos entre os fatores de erosividade e as perdas de solo, pode-se recomendar o índice EI_{30} como o fator de erosividade para a região de Lages, SC. Essa recomendação baseia-se, ainda, no fato de esse fator ser mundialmente reconhecido e utilizado.

O valor do coeficiente de correlação ($r = 0,655$), encontrado por meio da correlação linear entre o EI_{30} e as perdas de solo da parcela-padrão da USLE (Quadro 4), foi menor do que aqueles obtidos por Wischmeier (1959), para as condições dos EUA ($r = 0,84$ a $0,98$), e por alguns autores para o Brasil: Marques et al. (1997) ($r = 0,87$ e $0,72$), Biscaia et al. (1981) ($r = 0,77$ e $0,72$) e Albuquerque et al. (1998) ($r = 0,734$). No entanto, foi superior aos encontrados por Morais (1986) ($r = 0,57$), Carvalho et al. (1997) ($r = 0,61$) e Beutler

Quadro 4. Coeficientes de correlação (r) e respectivos intervalos de confiança (IC), obtidos entre os diversos fatores de erosividade das chuvas e as perdas de solo ocorridas na parcela padrão da USLE, no período de 1993 a 2012, em Lages, SC

Parâmetro	r	IC	Parâmetro	r	IC	Parâmetro	r	IC
E _{W&S}	0,584 *	0,537 a 0,627	E _{B&F}	0,616 *	0,572 a 0,656	E _{W&M}	0,567 *	0,519 a 0,611
E>10 _{W&S}	0,648 *	0,607 a 0,686	E>10 _{B&F}	0,652 *	0,611 a 0,689	E>10 _{W&M}	0,646 *	0,604 a 0,683
E>25 _{W&S}	0,594 *	0,548 a 0,636	E>25 _{B&F}	0,594 *	0,548 a 0,636	E>25 _{W&M}	0,594 *	0,548 a 0,636
EI ₅ _{W&S}	0,636 *	0,594 a 0,675	EI ₅ _{B&F}	0,635 *	0,593 a 0,674	EI ₅ _{W&M}	0,634 *	0,591 a 0,672
EI ₁₀ _{W&S}	0,626 *	0,583 a 0,666	EI ₁₀ _{B&F}	0,622 *	0,579 a 0,662	EI ₁₀ _{W&M}	0,625 *	0,582 a 0,664
EI ₁₅ _{W&S}	0,636 *	0,594 a 0,675	EI ₁₅ _{B&F}	0,634 *	0,592 a 0,673	EI ₁₅ _{W&M}	0,635 *	0,593 a 0,674
EI ₂₀ _{W&S}	0,643 *	0,602 a 0,681	EI ₂₀ _{B&F}	0,641 *	0,599 a 0,679	EI ₂₀ _{W&M}	0,642 *	0,601 a 0,681
EI ₂₅ _{W&S}	0,648 *	0,606 a 0,685	EI ₂₅ _{B&F}	0,645 *	0,604 a 0,683	EI ₂₅ _{W&M}	0,647 *	0,606 a 0,685
EI ₃₀ _{W&S}	0,655 *	0,615 a 0,692	EI ₃₀ _{B&F}	0,653 *	0,613 a 0,691	EI ₃₀ _{W&M}	0,655 *	0,614 a 0,692
EI ₃₅ _{W&S}	0,665 *	0,626 a 0,701	EI ₃₅ _{B&F}	0,664 *	0,624 a 0,700	EI ₃₅ _{W&M}	0,665 *	0,625 a 0,701
EI ₄₀ _{W&S}	0,674 *	0,635 a 0,709	EI ₄₀ _{B&F}	0,672 *	0,633 a 0,708	EI ₄₀ _{W&M}	0,673 *	0,634 a 0,708
EI ₄₅ _{W&S}	0,677 *	0,638 a 0,712	EI ₄₅ _{B&F}	0,675 *	0,637 a 0,711	EI ₄₅ _{W&M}	0,676 *	0,638 a 0,711
EI ₅₀ _{W&S}	0,683 *	0,646 a 0,718	EI ₅₀ _{B&F}	0,682 *	0,644 a 0,717	EI ₅₀ _{W&M}	0,683 *	0,645 a 0,717
EI ₅₅ _{W&S}	0,686 *	0,648 a 0,720	EI ₅₅ _{B&F}	0,685 *	0,648 a 0,720	EI ₅₅ _{W&M}	0,685 *	0,647 a 0,719
EI ₆₀ _{W&S}	0,688 *	0,650 a 0,722	EI ₆₀ _{B&F}	0,688 *	0,651 a 0,722	EI ₆₀ _{W&M}	0,687 *	0,649 a 0,721
EI ₇₀ _{W&S}	0,688 *	0,650 a 0,722	EI ₇₀ _{B&F}	0,689 *	0,652 a 0,723	EI ₇₀ _{W&M}	0,686 *	0,648 a 0,720
EI ₈₀ _{W&S}	0,689 *	0,651 a 0,723	EI ₈₀ _{B&F}	0,692 *	0,655 a 0,726	EI ₈₀ _{W&M}	0,686 *	0,649 a 0,720
EI ₉₀ _{W&S}	0,686 *	0,648 a 0,720	EI ₉₀ _{B&F}	0,691 *	0,654 a 0,725	EI ₉₀ _{W&M}	0,683 *	0,645 a 0,717
EI ₁₀₀ _{W&S}	0,690 *	0,652 a 0,723	EI ₁₀₀ _{B&F}	0,696 *	0,660 a 0,730	EI ₁₀₀ _{W&M}	0,686 *	0,648 a 0,720
EI ₁₁₀ _{W&S}	0,694 *	0,657 a 0,727	EI ₁₁₀ _{B&F}	0,701 *	0,665 a 0,734	EI ₁₁₀ _{W&M}	0,689 *	0,652 a 0,723
EI ₁₂₀ _{W&S}	0,694 *	0,657 a 0,728	EI ₁₂₀ _{B&F}	0,703 *	0,667 a 0,735	EI ₁₂₀ _{W&M}	0,690 *	0,653 a 0,724
EI ₁₃₅ _{W&S}	0,693 *	0,656 a 0,726	EI ₁₃₅ _{B&F}	0,703 *	0,667 a 0,735	EI ₁₃₅ _{W&M}	0,688 *	0,651 a 0,722
EI ₁₅₀ _{W&S}	0,687 *	0,650 a 0,721	EI ₁₅₀ _{B&F}	0,698 *	0,662 a 0,731	EI ₁₅₀ _{W&M}	0,682 *	0,644 a 0,716
EI ₁₆₅ _{W&S}	0,682 *	0,645 a 0,717	EI ₁₆₅ _{B&F}	0,695 *	0,658 a 0,728	EI ₁₆₅ _{W&M}	0,677 *	0,638 a 0,712
EI ₁₈₀ _{W&S}	0,672 *	0,633 a 0,707	EI ₁₈₀ _{B&F}	0,684 *	0,647 a 0,719	EI ₁₈₀ _{W&M}	0,665 *	0,626 a 0,702
EI ₂₁₀ _{W&S}	0,657 *	0,617 a 0,694	EI ₂₁₀ _{B&F}	0,671 *	0,632 a 0,707	EI ₂₁₀ _{W&M}	0,650 *	0,610 a 0,688
EI ₂₄₀ _{W&S}	0,648 *	0,607 a 0,685	EI ₂₄₀ _{B&F}	0,663 *	0,623 a 0,699	EI ₂₄₀ _{W&M}	0,641 *	0,599 a 0,679

*: Significativo a 1 % pelo teste de t Student. E_{W&S}: energia cinética, segundo Wischmeier & Smith (1978). E_{B&F}: energia cinética, segundo Brown & Foster (1987). E_{W&M}: energia cinética, segundo Wagner & Massambani (1988). I: intensidade da chuva. V: volume precipitado.

(2000) ($r = 0,350$) e muito próximo aos obtidos por Morais (1986) ($r = 0,66$), Dedecek (1988) ($r = 0,67$), Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) ($r = 0,672$), Carvalho et al. (1993) ($r = 0,68$), Bertol & Miquelluti (1993) ($r = 0,697$), Schick (1999) ($r = 0,687$) e Bertol et al. (2002) ($r = 0,687$), sendo os três últimos trabalhos obtidos nesse mesmo local.

No período de 24 anos, encontrou-se para Lages, SC, um valor médio anual do índice EI_{30} igual a $5.033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com um desvio-padrão de 1.338 e CV de 27 % (Quadro 5). Esse valor de EI_{30} enquadra-se na faixa de valores entre 5.000 e $12.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, que normalmente ocorre no Brasil, segundo Cogo (1988). Oliveira et al. (2012) observaram variações de erosividade no Brasil entre 1.672 e $22.452 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, dada à extensão do território e variabilidade climática do país.

A erosividade determinada ($5.033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) (Quadro 5) é classificada como de média

severidade, segundo Santos (2008). Tomando-se por referência os estudos realizados no sul do Brasil, o valor encontrado, em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, é semelhante aos observados por Bazzano et al. (2010), para Rio Grande, RS (5.135); Eltz et al. (2011), para Encruzilhada do Sul, RS (5.534); Rufino (1986), para alguns locais do Estado do Paraná (5.275); e Castro Filho et al. (2000), na bacia do rio Paraná (5.500). Entretanto, o valor do EI_{30} encontrado neste trabalho foi menor do que os valores encontrados por Bertol (1994a), para Campos Novos, SC (6.329); Beutler (2000), em Chapecó, SC (8.355); Bazzano et al. (2007), em Quaraí, RS (9.292); Cassol et al. (2007), em Ijuí, RS (8.825); Cassol et al. (2008), em São Borja, RS (9.751); Hickmann et al. (2008), em Uruguaiana, RS (8.875); Mazurana et al. (2009), em Santa Rosa, RS (11.217); Rufino (1986), em alguns locais do Paraná (12.559); e Castro Filho et al. (2000), na bacia do Rio Paraná (14.000). A variabilidade de resultados demonstrou a importância da obtenção do maior número possível de determinações do fator erosividade

Quadro 5. Valores mensais, anuais e médios do índice de erosividade EI_{30} , em Lages, SC, no período de 1989 a 2012

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
	$\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$												
1989	1.027	123	440	628	595	25	31	486	988	229	60	182	4.813
1990	552	511	744	297	620	284	290	84	754	1.219	1.707	530	7.591
1991	253	0	226	186	156	149	109	132	94	1.039	169	1.049	3.561
1992	218	184	400	106	881	376	203	205	323	0	678	12	3.586
1993	613	1.102	457	183	179	125	1.377	55	350	373	600	0	5.412
1994	299	1.442	654	637	463	376	426	6	56	686	385	235	5.664
1995	600	737	64	42	0	329	64	66	460	338	31	993	3.723
1996	1.527	388	1.598	237	0	279	214	423	192	63	176	190	5.286
1997	2.783	965	48	0	80	398	225	265	699	1.041	581	431	7.516
1998	639	1.575	792	1.202	226	88	371	564	582	301	151	539	7.029
1999	761	197	68	487	154	171	310	47	59	607	436	216	3.511
2000	648	276	130	662	133	147	278	129	1.164	1.438	71	1.326	6.402
2001	919	282	144	465	307	165	447	157	159	646	312	627	4.629
2002	324	142	655	431	147	188	204	291	416	1.102	1.816	601	6.316
2003	399	1.082	213	319	133	166	55	9	24	487	150	769	3.804
2004	813	199	96	273	87	17	509	60	1.329	392	231	203	4.207
2005	167	165	537	479	1.190	359	106	441	224	759	676	251	5.353
2006	384	484	638	33	0	81	136	277	64	65	765	512	3.436
2007	225	541	412	262	211	75	195	118	300	634	238	295	3.507
2008	1.039	1.008	84	441	174	221	15	113	217	722	267	236	4.538
2009	423	680	146	0	119	9	461	747	1.225	255	1.286	303	5.653
2010	473	747	338	907	632	33	331	19	403	92	1.220	529	5.723
2011	1.858	961	396	120	112	258	314	820	371	233	250	386	6.078
2012	1.289	410	74	65	8	241	113	0	265	525	0	468	3.458
Total	18.234	14.198	9.351	8.459	6.605	4.560	6.781	5.511	10.717	13.244	12.255	10.881	120.796
Média	760	592	390	352	275	190	283	230	447	552	511	453	5.033
DP ⁽¹⁾	609	438	351	300	304	122	273	235	388	394	514	325	1.338
CV (%) ⁽²⁾	80	74	90	85	110	64	97	102	87	71	101	72	27

⁽¹⁾ DP: desvio-padrão. ⁽²⁾ CV: coeficiente de variação.

em dada região ou estado, para o estabelecimento de mapas de erosividade com base na interpolação de dados ou por meio de equações regionais.

Bertol et al. (2002), trabalhando com registros pluviográficos de 10 anos, obteve para Lages, SC, o valor de erosividade anual de $5.790 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; portanto, maior do que o observado neste trabalho ($5.033 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Isso demonstrou ser realmente necessário observar o período de tempo mínimo de 20 anos de registro de dados de chuva, para obtenção de um fator R confiável, de modo a incluir variações climáticas cíclicas, de acordo com preceitos de Wischmeier (1976).

Em relação à distribuição mensal do índice de erosividade (Quadro 5), os meses de setembro a fevereiro caracterizaram o período crítico, com 66 % da erosividade anual. Nesse período, destacaram-se os meses de outubro, novembro, janeiro e fevereiro, com valores médios de erosividade acima do limite crítico de $500 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, estabelecido por Rufino (1986). Os meses de setembro a novembro são particularmente problemáticos na região, quanto ao risco de erosão hídrica. Nesse período, é feita a semeadura das culturas de verão, muitas ainda implantadas em sistema convencional de manejo do solo com preparo mecânico, ou, no caso do sistema de semeadura direta, sem a utilização de práticas conservacionistas complementares, como os terraços, por exemplo.

Nos meses de março a agosto, ocorreram aproximadamente 43 % da precipitação anual erosiva e total (Figura 1); porém, em relação à erosividade anual, esses meses representaram apenas 34 %. A baixa relação entre erosividade e precipitação pode ser observada nos percentuais de precipitação e de erosividade nos meses de março e junho, em que a precipitação foi semelhante, mas a erosividade em março foi duas vezes maior do que em junho.

A erosividade observada no período de primavera-verão correspondeu a 65 % da erosividade anual (Quadro 6). Comportamento semelhante também foi observado por Bertol et al (2002), em Lages, SC; Beutler et al. (2003), em Chapecó, SC; Bazzano et al. (2007), em Quaraí, RS; e Mazurana et al. (2009), em Santa Rosa, RS.

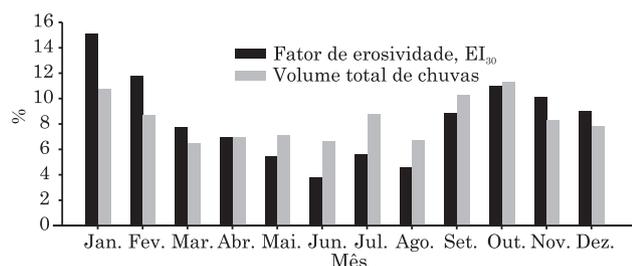


Figura 1. Valores médios mensais percentuais do fator de erosividade, EI₃₀ e do volume total das chuvas, obtidos entre 1989 e 2012, em Lages, SC

Os valores do índice EI₃₀ anual, dispostos em ordem decrescente, períodos de retorno e probabilidades de ocorrência são apresentados no quadro 7. O maior valor de erosividade anual, $7.591 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, tem um período de retorno estimado de 25 anos, com probabilidade de ocorrência de 4 %, enquanto, o menor valor anual, $3.436 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, tem um período de retorno estimado em um ano, com probabilidade de ocorrência de 96 %. Igualmente, o valor de erosividade médio anual determinado, que representa o fator R da USLE em Lages, SC, tem um período de retorno estimado em torno de dois anos, com 50 % de probabilidade de ocorrência. Resultados semelhantes para o tempo de retorno do fator R da USLE foram observados por Colodro et al. (2002), Dias & Silva (2003), Cassol et al. (2008), Hickmann et al. (2008) e Mazurana et al. (2009).

Com relação à erosividade das chuvas individuais (Quadro 7), o seu valor máximo ($2.084 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$)

Quadro 6. Índice de erosividade EI₃₀ em diferentes épocas do ano, em Lages, SC, no período de 1989 a 2012

Ano	Fator R (EI ₃₀)	
	Primavera / verão	Outono / inverno
	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹	
1989	2.324	2.728
1990	1.704	2.982
1991	3.907	816
1992	2.752	2.115
1993	2.938	2.404
1994	3.316	2.102
1995	2.677	597
1996	4.564	2.039
1997	4.256	1.118
1998	5.362	3.188
1999	2.107	1.201
2000	2.270	2.539
2001	4.202	1.642
2002	2.784	1.463
2003	5.427	705
2004	2.423	1.291
2005	2.452	3.114
2006	3.096	684
2007	2.482	1.019
2008	3.450	1.210
2009	2.475	2.118
2010	3.631	2.536
2011	4.754	2.290
2012	2.615	725
Média	3.249	1.776
DP ⁽¹⁾	1.044	838
CV (%) ⁽²⁾	32	47

⁽¹⁾ DP: desvio-padrão. ⁽²⁾ CV: coeficiente de variação.

Quadro 7. Período de retorno e probabilidade de ocorrência dos valores dos índices anuais e individuais de erosividade (EI_{30}), em Lages, SC, durante o período de 1989 a 2012

Índice de erosividade (EI_{30})							
Ano	Anual	Valor máximo para chuvas individuais		Número de ordem	Período de retorno	Probabilidade de ocorrência	
		Ano	Mês				
	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹				Ano	%	
1990	7.591	1997	janeiro	2.084	1	25,0	4,0
1997	7.516	2011	janeiro	1.014	2	12,5	8,0
1998	7.029	2012	janeiro	1.011	3	8,3	12,0
2000	6.402	1993	julho	971	4	6,3	16,0
2002	6.316	2003	fevereiro	942	5	5,0	20,0
2011	6.078	2002	novembro	904	6	4,2	24,0
2010	5.723	1993	fevereiro	901	7	3,6	28,0
1994	5.664	2008	fevereiro	883	8	3,1	32,0
2009	5.653	1996	março	859	9	2,8	36,0
1993	5.412	2005	maio	841	10	2,5	40,0
2005	5.353	1991	dezembro	765	11	2,3	44,0
1996	5.286	1995	dezembro	756	12	2,1	48,0
1989	4.813	1992	maio	754	13	1,9	52,0
2001	4.629	1998	abril	721	14	1,8	56,0
2008	4.538	2000	dezembro	720	15	1,7	60,0
2004	4.207	2000	outubro	701	16	1,6	64,0
2003	3.804	1996	março	688	17	1,5	68,0
1995	3.723	2000	setembro	672	18	1,4	72,0
1992	3.586	2004	janeiro	668	19	1,3	76,0
1991	3.561	1991	outubro	641	20	1,3	80,0
1999	3.511	1994	fevereiro	636	21	1,2	84,0
2007	3.507	1990	novembro	635	22	1,1	88,0
2012	3.458	1996	janeiro	622	23	1,1	92,0
2006	3.436	2002	outubro	613	24	1,0	96,0
Média	5.033			833			
DP ⁽¹⁾	1.338			296			
CV (%) ⁽²⁾	27			36			

⁽¹⁾ DP: desvio-padrão. ⁽²⁾ CV: coeficiente de variação.

ocorreu no mês de janeiro de 1997. Esse valor deve ser igualado ou superado, pelo menos uma vez, a cada 25 anos, com probabilidade de ocorrência de 4 %. O valor mínimo (613 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), no entanto, observado no mês de outubro de 2002, deve ser superado ou igualado, pelo menos uma vez a cada ano, com probabilidade de ocorrência de 96 %.

CONCLUSÕES

1. A precipitação pluvial média anual das 2.777 chuvas estudadas entre 1989 e 2012, em Lages, SC, foi de 1.533 mm; 83 % foram chuvas erosivas.

2. O fator R médio anual da Equação Universal de Perda de Solo (USLE) recomendado para Lages, SC, com base em 991 chuvas erosivas estudadas entre 1993 e 2012, para predizer as perdas de solo, foi detectado como sendo o EI_{30} .

3. A erosividade média anual (fator R da USLE) das chuvas de Lages, SC, no período entre 1989 e 2012, foi de 5033 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, caracterizada como de médio potencial erosivo.

4. O período de setembro a fevereiro foi o mais crítico em relação ao potencial erosivo das chuvas em Lages, SC, concentrando 66 % da erosividade anual.

5. O valor de erosividade média anual de 5033 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ deve ocorrer ao menos uma vez a

cada dois anos, com probabilidade de ocorrência de 50 %, em Lages, SC.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela parte dos recursos financeiros e Bolsa PQ do segundo autor. À FINEP e FAPESC, pela parte dos recursos financeiros. Ao Professor David José Miquelluti (UDESC/CAV), pelo auxílio na análise estatística dos dados. Aos bolsistas IC de Uso e Conservação do Solo, pela ajuda na condução do experimento em campo.

LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, A.W.; CHAVES, I.B. & VASQUES FILHO, J. Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas de solo num Regossolo eutrófico de Caruaru (PE). R. Bras. Ci. Solo, 18:279-283, 1994.
- ALBUQUERQUE, A.W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V.S. & CANTANEO, A. Parâmetros erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo de um solo Bruno Não Cálcico de Sumé (PB). R. Bras. Ci. Solo, 22:743-749, 1998.
- ARNOLDUS, H.M.J. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. FAO Soils Bull., 34:39-51, 1977.
- BARRETTO, A.G.O.P.; LINO, J.S. & SPAROVEK, G. Bibliometria da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo: instituições, temas, espaço e cronologia. R. Bras. Ci. Solo, 33:1845-1854, 2009.
- BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L.F. & CASSOL, E.A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quarai, RS. R. Bras. Ci. Solo, 31:1205-1217, 2007.
- BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L.F. & CASSOL, E.A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). R. Bras. Ci. Solo, 34:235-244, 2010.
- BERTOL, I. Índice de erosividade (EI_{30}) para Lages (SC) - 1ª aproximação. Pesq. Agropec. Bras., 28:515-521, 1993.
- BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. Pesq. Agropec. Bras., 29:1453-1458, 1994a.
- BERTOL, I. Erosão hídrica em cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de cultura. R. Bras. Ci. Solo, 18: 267-271, 1994b.
- BERTOL, I. & MIQUELLUTI, D.J. Perdas de solo, água e nutrientes reduzidas pela cultura do milho. Pesq. Agropec. Bras., 28:1205-1213, 1993.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; VICENTIN, D.; & COGO, N.P. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). R. Bras. Ci. Solo, 26:455-464, 2002.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J.C. & AMARAL, A.J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 31:133-142, 2007a.
- BERTOL, I.; LEITE, D.; ENGEL, F.L.; COGO, N.P. & GONZÁLEZ, A.P. Erodibilidade de um Nitossolo Háplico aluminico determinada em condições de campo. R. Bras. Ci. Solo, 31:541-549, 2007b.
- BERTOL, I.; ZOLDAN JR, W.A.; FABIAN, E.L.; ZAVASCHI, E.; PEGORARO, R. & PAZ GONZÁLEZ, A. Efeito de escarificação e da erosividade de chuvas sobre algumas variáveis de valores de erosão hídrica em sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico. R. Bras. Ci. Solo, 32:747-757, 2008.
- BEUTLER, J.F. Erosão hídrica num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2000. 105p. (Dissertação de Mestrado)
- BEUTLER, J.F.; BERTOL, I.; VEIGA, M. & WILDNER L.P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. R. Bras. Ci. Solo, 27:509-517, 2003.
- BISCAIA, R.M.; HENKLAIN, J.C. & RUFINO, R.L. Cálculo de erodibilidade (fator K) de dois solos do estado do Paraná. R. Bras. Ci. Solo, 5:183-186, 1981.
- BROWN, L.C. & FOSTER, G.R. Storm erosivity using idealized intensity distributions. Trans. ASAE, 30:379-386, 1987.
- CABEDA, M.S.V. Computations of storms EI values. West Lafayette, Purdue University, 1976. 6p. (Não Publicado)
- CANTALICE, J.R.B. & MARGOLIS, E. Características das chuvas e correlação de índices de erosividade com as perdas de solo do Agreste de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 17:275-281, 1993.
- CARVALHO, M.P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J. & CANTANEO, 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. R. Bras. Ci. Solo, 13:237-242, 1989.
- CARVALHO, M.P.; CANTANEO, A. & LOMBARDI NETO, F. Índices de erosividade da chuva e enxurrada correlacionados com as perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Roxo distrófico de Campinas (SP). R. Bras. Ci. Solo, 17:445-450, 1993.
- CARVALHO, M.P.; CANTANEO, A. & LOMBARDI NETO, F. Parâmetros de erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Podzólico Vermelho-Amarelo de Pindorama. R. Bras. Ci. Solo, 21:279-286, 1997.
- CARVALHO, D.F.; MONTEBELLER, C.A.; FRANCO, E.M.; VALCARCEL, R. & BERTOL, I. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 9:7-14, 2005.

- CASSOL, E.A.; MARTINS, D.; ELTZ, F.L.; LIMA, V.S. & BUENO, A.C. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. R. Bras. Agron., 15:220-231, 2007.
- CASSOL, E.A.; ELTZ, F.L.F.; MARTINS D.; LEMOS. A.M.; LIMA. V.S. & BUENO, A.C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. R. Bras. Ci. Solo, 32:1239-1251, 2008.
- CASTRO FILHO, C.; CAVIGLIONE, J.H. & RUFINO, R.L. Determinação do potencial erosivo das chuvas da bacia do rio Paraná. 1ª aproximação. 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
- COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de erosão em condições de chuva natural. I. Sugestões gerais, medição dos volumes, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada (1ª aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais... Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978. p.75-98.
- COGO, N.P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1988. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.251-262.
- 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.
- DEDECEK, R.A. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. Pesq. Agropec. Bras., 23:1431-1438, 1988.
- 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. Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo - primeira etapa experimental. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1977. 97p. (Dissertação de Mestrado)
- ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. & PASCOTINI, P.B. Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS. R. Bras. Eng. Agric. Amb., 15:331-337, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, Embrapa Solos, 2013. 353p.
- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. J. Soil Water Conserv., 36:355-359, 1981.
- HICKMANN, C.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. & COGO, C.M. Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo índice EI₃₀, com base no período de 1963 a 1991. R. Bras. Ci. Solo, 32:825-831, 2008.
- HUDSON, N.W. Soil conservation. 2.ed. Ithaca, Cornell University Press, 1971. 320p.
- HUDSON, N.W. Soil conservation. 3.ed. Ithaca, Cornell University Press, 1995. 392p.
- JACOBS, G.A.; ROLLOF, G.; BISCAIA, R.C.M. & MERTEN, G. Erosividade da chuva correlacionada com perdas de solo de dois Latossolos Vermelho-Escuros (textura argilosa e média): uma aproximação do fator erodibilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. Resumos... Florianópolis, SBCS, 1994. p.170-171.
- JESUS FILHO, J.D. Manejo de solos de encostas basálticas e suas relações com a erosão hídrica. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987. 93p. (Dissertação de Mestrado)
- LAGO, J.C. Erosividade das chuvas na metade Sul do Rio Grande do Sul. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 2000. 138p. (Tese de Doutorado)
- LAL, R. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria: III. Effects of rainfall characteristics. Geoderma, 16:389-401, 1976.
- LAL, R. Soil degradation by erosion. Land Degrad. Develop., 12:519-539, 2001.
- LAL, R.; LAWSON, T.L. & ANASTASE, A.H. Erosivity of tropical rains. In: BOODT, M. & GABRIELS, D., eds. Assessment of erosion. Chichester, John & Wiley, 1980. p.143-151.
- LOMBARDI-NETO, F. & MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: Sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). Bragantia, 51:189-196, 1992.
- MARQUES, J.J.G.S.M.; ALVARENGA, R.C.; CURTI, N.; SANTANA, D.P. & SILVA, M.L.N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e erodibilidade para dois solos da região dos cerrados - primeira aproximação. R. Bras. Ci. Solo, 21:427-434, 1997.
- MAZURANA, J.; CASSOL, E.A.; SANTOS, L.C.; ELTZ, F.L.F. & BUENO, A.C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). R. Bras. Eng. Agric. Amb., 13:975-983, 2009.
- MORAIS, L.F.B. Índice de erosividade de chuvas naturais correlacionadas com perdas de solo em três locais do Rio Grande do Sul. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1986. 108p. (Dissertação de Mestrado)
- MORAIS, L.F.B.; MUTTI, L.S.M. & ELTZ, F.L.F. Índices de erosividade correlacionados com perdas de solo no Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 12:281-284, 1988.
- OLIVEIRA, P.T.S.; WENDLAND, E. & NEARING, M.A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. Catena, 100:139-147, 2012.
- RUFINO, R.L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: Segunda aproximação. R. Bras. Ci. Solo, 10:279-281, 1986.

- SANTOS, C.N. El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas. 2008. 138p. (Tese de Doutorado)
- SCHICK, J. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico álico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 1999. 114p. (Dissertação de Mestrado)
- SCHICK, J; BERTOL, I.; COGO, N.P. & GONZÁLEZ, A.P. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico sob chuva natural R. Bras. Ci. Solo, 38:1906-1917, 2014.
- 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.
- SCHWARZ, R.A. Perdas por erosão hídrica em diferentes classes de declividade, sistemas de preparo e níveis de fertilidade do solo na região das Missões - RS. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 130p. (Dissertação de Mestrado)
- SILVA, A.M. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena*, 57:251-259, 2004.
- SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; CURTI, N. & LIMA, J.M. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho-escuro em Goiânia (GO). R. Bras. Ci. Solo, 21:131-137, 1997.
- SILVA, A.M.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; AVANZI, J.C. & FERREIRA, M.M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, Sul de Minas Gerais. R. Bras. Ci. Solo, 33:1811-1820, 2009.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. & DICKEY, D.A. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 3.ed. Boston, McGraw-Hill, 1977. 666p.
- WAGNER, C.S. & MASSAMBANI, O. Análise da relação intensidade de chuva-energia cinética de Wischmeier e Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. R. Bras. Ci. Solo, 12:197-203, 1988.
- 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. Use and misuse of the universal soil loss equation. *J. Soil Water Conserv.*, 31:5-9, 1976.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. *Trans. Am. Geophys. Union*, 39:285-291, 1958.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537)
- WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C. & ALMEIDA, I.R., eds. Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas, Embrapa Clima Temperado; Colombo, Embrapa Florestas, 2011. v.1, 332p.