

ÍNDICE DE EROSIVIDADE (EI_{30}) PARA LAGES (SC) - 1ª APROXIMAÇÃO¹

ILDEGARDIS BERTOL²

RESUMO - O objetivo desta pesquisa foi determinar a erosividade das chuvas em Lages (SC) e sua distribuição anual, relacionando-a com a precipitação. O estudo foi realizado no Centro de Ciências Agroveterinárias, em Lages, em 1990. Para o cálculo da erosividade usou-se o método proposto por Wischmeier, modificado por Cabeda. O coeficiente de chuva (R_c) foi obtido conforme proposto por Fournier, modificado por Lombardi Neto, e as relações foram feitas através de regressão linear. Os dados indicaram que o índice de erosividade médio anual (EI_{30}) é de 5694 Mj.mm/ha.h.ano. No período de outubro a fevereiro do EI_{30} total anual foi de 56%, destacando-se fevereiro, com 16%. As equações encontradas foram: $EI_{30} = 0,06P + 110,46$ ($r = 0,58^{ns}$) e $EI_{30} = 0,01R_c + 6,93$ ($r = 0,61^{ns}$), respectivamente, para precipitação (P) e coeficiente de chuva (R_c).

Termos para indexação: energia cinética, coeficiente de chuva.

EROSIVITY INDEX (EI_{30}) FOR LAGES (SC)

ABSTRACT - This work was done at the Centro de Ciências Agroveterinárias, in Lages, SC, Brazil, with the objective of determining the rainfall erosivity, its annual distribution and its relation with the precipitation. For the rainfall erosivity calculation the method proposed by Wischmeier modified by Cabeda was used. The rainfall coefficient (R_c), as proposed by Fournier, modified by Lombardi Neto, and the relations were made by the linear regression. The results showed mean annual erosivity index (EI_{30}) equal to 5694 MJ.mm/ha.h.year. During the October-February period, the annual total EI_{30} was 56% with special notability for February, with 16%. The equations determined were: $EI_{30} = 0,06P + 110,46$ ($r = 0,58$) and $EI_{30} = 0,01R_c + 6,93$ ($r = 0,61$), respectively for precipitation (P) and rainfall coefficient (R_c).

Index terms: kinetic energy, rainfall coefficient.

INTRODUÇÃO

O índice de erosividade das chuvas expressa seu potencial erosivo em relação à erodibilidade dos solos (Wischmeier 1959). Assim, a adequação e economicidade do planejamento com vistas à conservação do solo deve levar em conta, além das características edafoclimáticas do solo, o índice de erosividade médio mensal ao longo do ano em determinado local.

As características da chuva que afetam a erosividade são volume total, duração e intensidade. No entanto, é muito fraca a correlação de cada um destes fatores isoladamente, com as perdas de solo (Wischmeier & Smith 1958). Os referidos autores encontraram que para as regiões de clima tempe-

rado, a melhor variável simples para avaliar a erosão é o produto da energia cinética (E) e sua intensidade máxima em 30 minutos (I_{30}), o que se expressa como índice EI_{30} . Contudo, para regiões de clima tropical e subtropical, a relação empírica obtida por Wischmeier & Smith (1958) subestima a energia cinética das chuvas, e, conseqüentemente, sua erosividade (Lal 1976).

O índice EI_{30} de Wischmeier & Smith (1958) vem sendo utilizado praticamente em todo o Brasil, como parâmetro para avaliar a erodibilidade dos solos, bem como na determinação das linhas isoerosivas (Cogo et al. 1978, Dedeczek 1978, Margolis et al. 1985, Dedeczek et al. 1986, Moura & Medeiros 1987, Dedeczek 1988, Morais et al. 1988, Carvalho et al. 1989, Oliveira Júnior & Medina 1990).

Alguns estudos têm demonstrado preliminarmente que o índice EI_{30} não se correlaciona com as perdas de solo no Brasil (Morais et al. 1988 e Dedeczek 1988). Outros trabalhos, no entanto, têm

¹ Aceito para publicação em 26 de outubro de 1992.

Trabalho desenvolvido com recursos parciais do CNPq.

² Eng. - Agr., M.Sc. em Solos, Prof. do Dep. de Solos, Centro de Ciências Agrovet. (CAV) de Lages (SC).

apresentado melhor correlação nas perdas de solo com o EI_{30} do que com outros índices (Carvalho et al. 1989). Isto justifica a obtenção do índice EI_{30} para cada região fisiográfica de clima caracteristicamente diferente do de outra região. Assim, o planejamento conservacionista poderá ser executado com maior precisão e economicidade.

A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo de determinar o índice de erosividade (EI_{30}) no município de Lages (SC) e sua distribuição anual, bem como identificar os períodos críticos nos quais deve aumentar a preocupação com a proteção do solo contra a erosividade. Objetivou-se, ainda, determinar a relação entre a erosividade e a precipitação pluvial.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) de Lages (SC).

Utilizaram-se dados de precipitação registrados em pluviogramas diários modelo IH-01-01. A amplitude de registro é de 10 mm de precipitação, com unidade de 0,1 mm. O tempo de registro é de 24 horas, com unidade de 10 minutos. Os dados foram obtidos nas Estações Agrometeorológicas da Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (EMPASC) e Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) de Lages (SC), no período contínuo de 1981 a 1990. As unidades de Pesquisa estão situadas a 27°49' latitude sul e 50°20' longitude oeste. A altitude média é de 953 metros, temperatura máxima média anual 32°C e mínima média anual 10°C(-). Segundo Köppen, o clima da região é do tipo Cfb.

Após terem sido cotadas as chuvas manualmente em segmentos de intensidade uniforme, com auxílio de computador calculou-se sua energia cinética pela metodologia de Wischmeier & Smith (1958). Utilizou-se a equação sugerida por Foster et al. (1981), que converte os dados para o sistema Internacional de Unidades:

$$E = 0,119 + 0,0873 \log I$$

onde:

E = energia cinética por mm de chuva, em Mj/ha.mm;

I = intensidade de chuva, em mm/h.

O índice EI_{30} , obtido em MJ.mm/ha.h.ano, foi calculado empregando-se a relação:

$$EI_{30} = E \times I_{30}$$

onde:

I_{30} = intensidade máxima da chuva em 30 minutos, determinada no pluviograma.

Pelo somatório dos valores do índice EI_{30} em cada mês, obteve-se o índice mensal, e, somando-se os valores mensais, o índice anual. A erosividade média anual foi obtida por um período de 10 anos contínuos, o qual é representativo para expressar a erosividade das chuvas de determinado local (Wischmeier 1976).

A curva da distribuição acumulada em função do tempo foi obtida através dos valores médios mensais do índice de erosividade médio anual, conforme Wischmeier & Smith (1978).

Foi determinado o coeficiente de chuva, conforme proposto por Fournier (1956) e modificado por Lombardi Neto (1977):

$$Rc = p^2/P$$

onde:

Rc = coeficiente de chuva (mm);

p = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm).

Foram obtidas, ainda, para o período estudado, correlações simples entre a precipitação média mensal e cada um dos índices médios mensais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores anuais do índice de erosividade EI_{30} apresentaram variações, porém com baixo coeficiente de variação tratando-se de dados meteorológicos, evidenciando pequena dispersão de dados (Tabela 1). Os coeficientes de variação dos valores médios mensais foram mais elevados, especialmente de fevereiro, julho e agosto. O índice EI_{30} médio determinado para Lages foi de 5694 Mj.mm/ha.h.ano, assemelhando-se ao encontrado por Carvalho et al. (1989) para Mococa (SP), e diferindo muito dos de Oliveira Junior & Medina (1990) para Manaus (AM) e Oliveira Junior (1988) para Bragança e Marabá (PA). Encontra-se ainda na Tabela 1, os valores mensais e médios do índice de erosividade.

Observa-se, na Tabela 2, que foi muito boa a distribuição média mensal das precipitações durante o período de estudo. As precipitações apresentaram maior poder erosivo nos meses de outubro-fevereiro. Nos referidos meses ocorreram erosividades muito altas, superiores a 500 MJ.mm/ha.h.mês. Assim, pode-se esperar elevada

TABELA 1. Valores mensais, anuais e médios de índices de erosividade EI₃₀ em Lages, SC, obtidos em 1981-1990, com respectivas médias estatísticas de dispersão.

Ano	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1981	1003	3773	104	272	0	97	77	98	221	324	46	731	6746
1982	67	1372	255	18	57	700	163	171	113	1382	1588	810	6696
1983	295	952	177	366	1124	337	1675	972	459	296	569	839	8061
1984	352	1521	494	266	126	454	598	821	203	273	366	784	6258
1985	126	540	1210	416	103	59	81	60	200	559	294	222	3870
1986	956	261	41	503	406	35	57	186	217	176	1011	329	4178
1987	566	85	24	720	1118	87	282	100	193	509	195	284	4163
1988	528	174	363	585	266	146	22	0	849	240	228	1171	4572
1989	1002	139	405	627	593	25	31	520	979	228	63	194	4806
1990	502	511	734	324	527	275	283	37	767	1226	1828	577	7591
Média	540	933	381	410	432	221	327	296	420	521	619	594	5694
D.P.	331	1064	347	196	393	209	479	331	307	409	608	310	1471
C.V.	61	114	91	48	91	95	146	112	73	79	98	52	26
E.P.M.	105	336	110	62	124	66	151	105	97	129	192	98	465

D.P.: Desvio padrão. C.V.: Coeficiente de variação. E.P.M.: Erro padrão da média.

TABELA 2. Valores médios mensais e anual da precipitação pluvial, índice de erosividade EI_{30} e coeficiente de chuva de Lages, SC, obtidos em 1981-1990.

Mês	Precipitação		EI_{30}		Coef. chuva (Rc)	
	mm	%	*	%	mm	%
Janeiro	151	9,0	540	9,5	13,5	9,6
Fevereiro	167	10,0	933	16,4	16,7	11,8
Março	101	6,0	381	6,7	6,1	4,3
Abril	126	7,5	410	7,2	9,5	6,7
Mai	150	9,0	432	7,6	13,4	9,4
Junho	121	7,2	221	3,9	8,7	6,1
Julho	155	9,3	327	5,7	14,4	10,1
Agosto	120	7,2	296	5,2	8,6	6,0
Setembro	149	8,9	420	7,4	13,3	9,4
Outubro	156	9,3	521	9,1	14,5	10,2
Novembro	152	9,1	619	10,9	13,8	9,7
Dezembro	126	7,5	594	10,4	9,5	6,7
Total	1674	100,0	5694	100,0	142,1	100,0

* = MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

erosão no período de outubro-fevereiro, se o solo estiver exposto à ação erosiva das chuvas, através da energia de impacto e escoamento superficial. Os valores do coeficiente de chuva (Rc) apresentaram distribuição média mensal diversa dos do índice EI_{30} . Os maiores valores ocorreram em fevereiro, julho e outubro, e o menor, em março (Tabela 2). Isto pode ser parcialmente explicado. Enquanto o $I30$ é diretamente influenciado pela intensidade das chuvas (especialmente a intensidade máxima em 30 minutos), o coeficiente Rc reflete apenas a relação entre volumes totais médios de chuvas mensal e anual. Assim, os meses com chuvas mais intensas tendem a apresentar maiores EI_{30} , enquanto os com maiores relações entre precipitação média mensal e precipitação média anual tendem a apresentar maiores coeficientes Rc.

Tanto o volume quanto o número de precipitações apresentaram variações mensais (Tabela 3). No entanto, o coeficiente de variação foi baixo, especialmente o do número de chuvas. Em relação ao total das chuvas estudadas, 39% do número e 83% do volume foram erosivas.

O conhecimento da distribuição média mensal da erosividade de determinado local é de fundamental importância prática. Fornece subsídios ao

planejamento conservacionista do solo, especialmente nos períodos do ano em que ocorrem erosividades críticas (Medina & Oliveira Junior 1987, Carvalho et al. 1989). É fundamental, ainda, em pesquisa, para a obtenção da erodibilidade do solo, através do fator K da Equação Universal de Perdas de Solo (Távora et al. 1985).

Outubro-fevereiro, com 56,3% da erosividade total do período, caracterizou-se como a época do ano de maior erosividade, com maior risco de erosão hídrica (Fig. 1). Este problema acentua-se sobretudo porque nesse período é preparado o solo e são semeadas as culturas de verão na região, o que deixa o solo susceptível à alta erosividade das chuvas. O período restante do ano, março-setembro, com 43,7% da erosividade, apresenta menor risco a erosão. Desse modo, através da Fig. 1 podem-se distinguir duas épocas quanto à distribuição da erosividade.

Na Fig. 2, observa-se que a erosividade média mensal, de modo geral, aumentou de acordo com a precipitação. Nos meses de novembro-março a erosividade ultrapassou a precipitação. Isto indica que as chuvas nesses meses foram mais erosivas, o que concorda com Cogo et al. (1978). Nos demais meses, os valores da erosividade ficaram abaixo da precipitação, o que indica que a inten-

TABELA 3. Volume, número e distribuição das precipitações totais e erosivas de Lages, SC, obtidas em 1981-1990.

Ano	Volume de chuvas			Número de chuvas		
	Total	Erosivas	%	Total	Erosivas	%
	-----mm-----			-----nº-----		
1981	1302	1079	83	124	44	35
1982	1737	1517	87	123	55	45
1983	2500	2276	91	134	61	46
1984	1916	1442	75	134	45	34
1985	1147	900	78	123	39	32
1986	1318	1059	80	113	43	38
1987	1503	1193	79	133	48	36
1988	1594	1367	86	110	39	35
1989	1565	1217	78	116	44	38
1990	2135	1759	82	128	62	48
Total	16717	13809		1238	480	
Média	1671,7	1380,9	83	123,8	48,0	39
D.P.	393	381		8	8	
C.V.	24	28		6	17	
E.P.M.	124	120		3	3	

D.P.: Desvio padrão. C.V.: Coeficiente de variação. E.P.M.: Erro padrão da média.

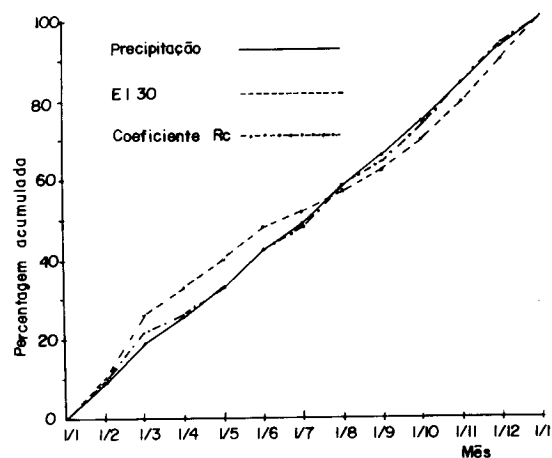


FIG. 1. Curvas de distribuição da erosividade da chuva, precipitação pluvial e coeficiente de chuva de Lages (SC), obtidos durante 1981-1990.

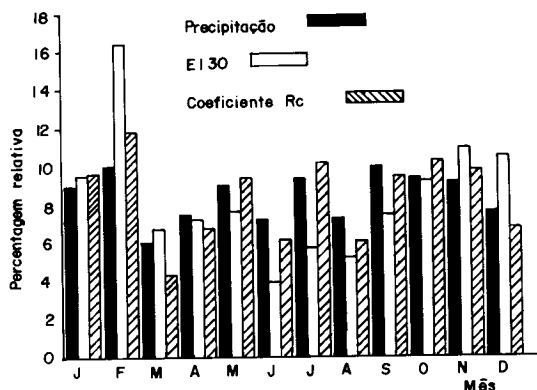


FIG. 2. Distribuição percentual mensal da erosividade da chuva, precipitação pluvial e coeficiente de chuva de Lages (SC), obtidos durante 1981-1990.

sidade da chuva é a característica isolada mais importante no poder erosivo, o que concorda com Wischmeier & Smith (1958).

A obtenção do índice de erosividade EI_{30} envolve cálculos demorados e cansativos com a utilização de pluviogramas. Em função disso, é válido o esforço no sentido de obter o índice de erosividade por métodos menos trabalhosos. Com este objetivo, correlacionaram-se os valores médios mensais do índice de erosividade com a precipitação e coeficiente de chuva, utilizando-se para isso apenas dados pluviométricos. As equações de regressão obtidas foram: $EI_{30} = 0,06P + 110,46$ ($r = 0,58$) para precipitação e $EI_{30} = 0,01Rc + 6,93$ ($r = 0,61$) para coeficiente Rc . Os coeficientes de correlação foram baixos, não significativos. Isto ocorreu provavelmente devido à grande dispersão dos dados médios mensais de EI_{30} comparados à menor dispersão da precipitação média mensal (Tabela 2). Isto é normal para nossas condições, já que os meses com chuvas de alta intensidade média produzem elevados EI_{30} , não apresentando necessariamente elevadas precipitações médias mensais correspondentes. Isto tendeu a produzir um baixo coeficiente de correlação, tanto entre EI_{30} e precipitação, quanto entre EI_{30} e Rc , pois o Rc é dependente unicamente da relação entre precipitações totais médias mensal e anual. Isto indica que para Lages, com os dados utilizados no presente trabalho, ainda não é possível recomendar este método para obtenção do EI_{30} . Sugere-se a continuidade desse estudo futuramente, com maior número de dados, objetivando melhorar a correlação aqui apresentada.

CONCLUSÕES

1. A erosividade média anual das chuvas do município de Lages (SC) foi de 5.694 Mj.mm/ha.h.ano.

2. Outubro a fevereiro foi o período crítico com 56,3% da erosividade anual; fevereiro foi o mês mais crítico com 16,4% do índice total.

3. Em relação ao total das chuvas estudadas, 83% do volume e 39% do número foram erosivas.

4. As equações de regressão linear, com coeficientes de correlação não-significativos, para estimar a erosividade da chuva a partir da precipitação e do coeficiente de chuva (Rc) são: $EI_{30} =$

$0,06P + 110,46$ ($r = 0,58$) e $EI_{30} = 0,01Rc + 6,93$ ($r = 0,61$), respectivamente.

AGRADECIMENTOS

À EMPASC e 8 DISME, pelas facilidades na obtenção de parte dos pluviogramas diários; aos acadêmicos Ênio S.V. de Jesus, Valter A. Becçatto, Bernardo S. Brow, Ariberto L. Cella, Maurício D. Lucca, Luiz C. Cavalli e Vamilson P. da Silva Jr., pela cotagem de pluviogramas e computação dos dados, e ao Professor Loris Luiz Daros pela valiosa ajuda na idealização do Programa de computador.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, M.P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J.; CATANEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI_{30} . *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, p.243-259, 1989.
- COGO, N.P.; DREWS, C.R.; GIANELLO, C. Índice de erosividade das chuvas dos municípios de Guaiuba, Ijuí e Passo Fundo, no Estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978. p.145-152.
- DEDECEK, R.A. Capacidade erosiva das chuvas de Brasília-DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978. p.157-166.
- DEDECEK, R.A. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.12, p.1431-1438, 1988.
- DEDECEK, R.A.; RESK, D.V.S.; FREITAS JUNIOR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, p.265-272, 1986.
- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal of Soil and Water Conservation*, Baltimore, v.36, p.355-359, 1981.

- FOURNIER, F. **The effect of climatic factors on soil erosion estimates of solids transported in suspension in runoff.** [S.l.]: Association Hydrologic Int. Public. 1956. v.38, 6p.
- LAL, R. Soil erosion on alfisols in western Nigeria. III. Effects of rainfall characteristics. **Geoderma**, Amsterdam, v.16, p.389-401, 1976.
- LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil.** West Lafayette: Purdue University, 1977. 53p. Tese de Mestrado.
- MARGOLIS, E.; SILVA, A.B. da; JAQUES, F. de O. Determinação dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo para as condições de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.165-169, 1985.
- MEDINA, B.F.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de. A aplicabilidade de alguns índices erosivos em Latossolo Amarelo de Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.67-70, 1987.
- MORAIS, L.F.B. de; MUTTI, L.S.M.; ELTZ, F.L.F. Relações entre características físicas da chuva e perdas de solo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.285-288, 1988.
- MOURA, A.R.B. de; MEDEIROS, J.F. de. Determinação inicial da erosividade da chuva (Fator R) em 1985, em Mossoró (RN). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.229-231, 1987.
- OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de. **A erosividade das chuvas na parte leste do Estado do Pará.** Belém: FCAP, 1988. 52p. Tese de Mestrado.
- OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; MEDINA, B.F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.235-239, 1990.
- TÁVORA, M.R.P.; SILVA, J.R.C.; MOREIRA, E.G.S. Erodibilidade de dois solos da região de Ibiapara, Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.59-62, 1985.
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a Universal Soil Equation. **Proceedings Soil Science Society of America**, Madison, v.23, p.246-249, 1959.
- WISCHMEIER, W.H. Use and misuse of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil Water Conservation**, Baltimore, v.31, n.1, p.5-9, 1976.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning.** Washington: USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537).
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, v.39, p.285-291, 1958.