



Erosividade da chuva em municípios do Mato Grosso: Distribuição sazonal e correlações com dados pluviométricos¹

Cristiana O. S. Almeida², Ricardo S. S. Amorim³, Flávio L. F. Eltz⁴,
Eduardo G. Couto³ & Sara A. Jordani⁵

RESUMO

A erosividade das chuvas constitui um fator imprescindível para predição das perdas de solo por erosão hídrica. Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos: modelar a relação entre os valores do índice de erosividade da chuva (EI_{30}) mensal obtidos a partir de dados pluviográficos com a precipitação e coeficientes de chuva mensal para quatro municípios (Canarana, São José do Rio Claro, Poxoréo e Vera) do Estado de Mato Grosso; determinar o fator de erosividade (R) a partir de dados pluviométricos para esses quatro municípios, bem como o seu período de retorno e sua probabilidade de ocorrência; e estudar a distribuição anual, sazonal e mensal do EI_{30} nestes quatro municípios. A relação potencial entre o índice de erosividade da chuva e o coeficiente de chuva possibilita estimar a erosividade da chuva mensal e anual com boa confiabilidade ($ERM \leq 7\%$) para os municípios de Canarana, Vera e São José do Rio Claro. Entretanto, para Poxoréo esta boa confiabilidade só ocorre para a erosividade anual. Nos quatro municípios, as estações primavera e verão correspondem ao período do ano de maior erosividade, sendo responsável, a exceção de Poxoréo, por uma proporção maior ou igual a 94% do valor da erosividade total anual.

Palavras-chave: erosão hídrica, dados pluviográficos, coeficiente da chuva

Rainfall erosivity in municipal districts of Mato Grosso: Seasonal distribution and correlation with rainfall data

ABSTRACT

The rainfall erosivity constitutes an indispensable factor for prediction of soil losses by water erosion. In this way, the present study was carried out with the objectives to model the relationship among the erosivity index (EI_{30}) monthly values, obtained from rainfall chart data with the precipitation and monthly rainfall coefficient for four municipal districts (Canarana, São José of Rio Claro, Poxoréo and Vera) of Mato Grosso State; to determine the erosivity factor (R) obtained from rainfall data for the four municipalities, as well as its return period and its occurrence probability; and to study the EI_{30} annual, seasonal and monthly distribution in these four municipalities. The potential relationship between the rainfall erosivity index and the rainfall coefficient make possible to evaluate the monthly and annual rainfall erosivity with good reliability ($ERM \leq 7\%$) for the municipalities of Canarana, Vera and São José of Rio Claro. However, for Poxoréo this good reliability is verified only for the annual erosivity. In the four municipalities the spring and summer seasons correspond to the period of larger erosivity, being responsible, except for Poxoréo, for 94% or more of the annual total erosivity.

Key words: water erosion, rainfall data, rainfall coefficient

¹ Parte da Dissertação do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da FAV/UnB, Brasília, DF

² Engenheira Agrônoma, INCRA, SIG quadra 04 lote 417/550 CEP 70710-400, Brasília, DF. Fone: (61) 3342-2993. E-mail: kika.df@gmail.com

³ DSER/UFMT. Av. Fernando Correa da Costa s/n, Campus UFMT. CEP 78060-900 Cuiabá, MT. Fone/Fax: (65) 3615 8616/8668. E-mail: rsamorim@ufmt.br; couto@cpd.ufmt.br

⁴ DS/UFMS. Bolsista do CNPq. Avenida Roraima, n. 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, CEP 97105-900 Santa Maria, RS. E-mail: flavioeltz@gmail.com

⁵ Engenharia Florestal da UFMT. E-mail: pequenasara@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica do solo é um dos grandes problemas da agricultura do Estado de Mato Grosso e do Brasil, causando redução nos rendimentos das culturas e grandes danos ao solo, como perdas de matéria orgânica e nutrientes, e ao ambiente como assoreamento, eutrofização e poluição das fontes de água superficiais (Peñalva Bazzano, 2005).

As perdas de solo que ocorrem por erosão hídrica são provocadas pelo impacto direto das gotas da chuva e/ou pelo escoamento superficial do excesso de água da chuva, conhecida como enxurrada. A erosão hídrica é a consequência da interação da chuva com o solo, isto é, a resultante do poder da chuva em causar erosão e da capacidade do solo em resistir à erosão (Peñalva Bazzano, 2005).

Um estudo desenvolvido pelo ISRIC/UNEP, do qual participou a Embrapa Solos, indicou que 15% das terras já foram severamente degradados e 70% deste total correspondem às perdas da camada superficial do solo por erosão hídrica, motivo pelo qual este processo é considerado uma das principais causas da redução da capacidade produtivas dos solos (Hernani et al., 2002).

As regiões dos municípios de Canarana, Vera, Poxoréo e São José do Rio Claro apresentam intensa degradação dos solos pela erosão hídrica a qual tem, como uma das principais causas, o efeito impactante das atividades antrópicas realizadas nas últimas décadas nessas regiões incluindo, dentre elas, o desmatamento da floresta nativa, o uso intensivo e o manejo inadequado do solo, desrespeitando totalmente a capacidade de uso dos solos da região (Almeida, 2009).

Segundo Amorim et al. (2010), diversos modelos matemáticos vêm sendo desenvolvidos e aperfeiçoados desde a década de 50, com o intuito de prever a magnitude das perdas de solo por erosão, visando implementar ferramentas que possibilitam avaliar as perdas de solo com o propósito de auxiliar no planejamento agrícola. O modelo USLE (Universal Soil Loss Equation) é um dos modelos mais utilizados no mundo, podendo ser utilizado em escala universal, caso que depende de dados locais específicos (Bertoni et al., 1975). Dentre os fatores inclusos no modelo USLE, se destaca o fator erosividade da chuva (R) que, segundo Wischmeier & Smith (1978), é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção.

A determinação do valor médio da erosividade das chuvas através de registros pluviométricos e/ou pluviográficos diários de vários anos e cálculos computacionais, permite estudar o impacto ambiental de determinadas práticas agrícolas, desenvolver pesquisas em erosão e planejar ações de conservação do solo, além de obras de engenharia civil, como pontes e represas, entre outras (Peñalva Bazzano, 2005).

No Brasil, o parâmetro EI_{30} tem sido amplamente estudado e utilizado; no entanto, no Estado de Mato Grosso apenas dois trabalhos para obtenção deste índice foram publicados até o presente momento, sendo um na década de 90, por Moraes et al. (1991); os autores determinaram os índices EI_{30} médios anuais referentes às estações de Barranquinho e Flechas, do município de Cáceres, sudoeste do Mato Grosso que foram,

respectivamente, de 8.493 e 7.830 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e o outro, mais recente, por Almeida et al. (2011), que obtiveram valor médio de R para uma série de dados de 19 anos, igual a 8.810 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ no município de Cuiabá, MT, sendo que este valor médio possui probabilidade de ocorrência de 42,92% e período de retorno de 2,33 anos.

Em conjunto com novos trabalhos em desenvolvimento por pesquisadores nacionais, esses resultados representam um valioso banco de dados para locação das linhas iso-erosivas do Brasil. Apesar disto e em função da carência de dados meteorológicos, sendo ainda mais crítica quando se trata de dados pluviográficos, poucos trabalhos de determinação da erosividade da chuva têm sido desenvolvidos no Estado do Mato Grosso. Desta forma, torna-se fundamental o ajuste de uma metodologia que permita estimar a erosividade da chuva a partir de dados pluviométricos, mais disponíveis neste estado contornando, assim, a carência das estações pluviográficas e possibilitando a obtenção de dados de erosividade mais representativos.

Neste contexto se objetivou, com o presente trabalho: a) descrever matematicamente a relação entre os valores de EI_{30} mensal obtidos a partir de dados pluviográficos com a precipitação e coeficientes de chuva mensal para quatro municípios (Canarana, São José do Rio Claro, Poxoréo e Vera) do Estado de Mato Grosso; b) determinar o fator de erosividade (R) a partir de dados pluviométricos para esses municípios, tal como seu período de retorno e a probabilidade de ocorrência e c) estudar a distribuição anual, sazonal e mensal do índice de erosividade (EI_{30}) desses quatro municípios.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram utilizados dados pluviográficos e pluviométricos obtidos junto ao 9º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Nacional das Águas (ANA) das estações localizadas em quatro municípios (Canarana, Vera, Poxoréo e São José do Rio Claro) do Estado de Mato Grosso.

Nas regiões dos municípios estudados predomina o tipo climático Tropical Quente Sub-úmido (Aw), de acordo com a classificação climática de Köppen, com predomínio de duas estações bem definidas quanto à umidade, sendo uma chuvosa (outubro a março) e outra seca (abril a setembro), com precipitação anual variando entre 1000 a 1800 mm.

Na Tabela 1 são apresentados os dados das estações estudadas no presente trabalho, tais como latitude, longitude, altitude, número de chuvas erosivas, série de dados pluviográficos e pluviométricos das estações em estudo.

Obtiveram-se as chuvas erosivas em pluviograma no qual são registrados a lâmina de chuva e o tempo de ocorrência; com amplitude de registro variando de zero a 10 mm de precipitação, com unidade de 0,1 mm durante 24 h, com sifonamento a cada 10 mm.

Considerou-se chuva individual aquelas separadas da anterior e da posterior, por um período de no mínimo seis horas com chuvas de no máximo 1,0 mm e chuvas erosivas aquelas com quantidade igual ou superior a 10,0 mm ou igual ou superior

Tabela 1. Informações de latitude, longitude, altitude, número de chuvas erosivas, períodos de dados pluviográficos e pluviométricos das estações meteorológicas utilizadas no presente estudo

Informações	Canarana	Vera	Poxoréo	São José do Rio Claro
Latitude	13° 28' 12"	12° 17' 24"	15° 50' 48"	13° 26' 48"
Longitude	52° 16' 12"	55° 17' 24"	54° 23' 48"	56° 43' 12"
Altitude	430 m	415 m	450 m	350 m
Série de dados pluviográficos	1991, 1992 e 1995	1997, 1999, 2003 e 2005	1991 a 1994, 2003 e 2005	1991 a 1994
Série de dados pluviométricos	1986 a 2009	1975 a 2007	1977 a 2007	1991 a 2007
Número de chuvas erosivas	87	196	192	156

a 6,0 mm, desde que ocorridas em menos de 15 min, segundo os critérios propostos por Wischmeier & Smith (1978), com modificações sugeridas por Carvalho et al. (1989).

A erosividade mensal, anual e média das chuvas foi expressa pelo índice EI₃₀ (Wischmeier & Smith, 1958) no Sistema Internacional de Unidades - MJ mm ha⁻¹h⁻¹ (Foster et al., 1981), obtida pelo produto entre a energia cinética total da chuva (EC - MJ ha⁻¹) e a intensidade máxima em 30 min (I₃₀ - mm h⁻¹), de acordo com Wischmeier & Smith (1958) além de agrupadas durante meses e anos. A energia cinética das chuvas foi determinada através da Eq. 1 Wischmeier & Smith (1958), ajustada ao Sistema Internacional de Unidades por Foster et al. (1981).

$$EC = 0,119 + 0,0873 \times \log I_p \tag{1}$$

em que:

- EC - é a energia cinética, MJ ha⁻¹ mm⁻¹
- I_p - é a intensidade de precipitação da chuva, mm h⁻¹

Segundo Foster et al. (1981), o diâmetro das gotas de chuva não aumenta quando as intensidades são iguais ou superiores a 76 mm h⁻¹; desta forma, para essas condições de intensidade de precipitação a energia cinética passa a ter valor máximo de 0,283 MJ ha⁻¹ mm⁻¹. A energia cinética acumulada de cada segmento de 10 min de uma chuva erosiva individual foi obtida pela aplicação da Eq. 2.

$$EC_s = EC \times h \tag{2}$$

em que:

- EC_s - é a energia cinética no segmento de chuva, MJ ha⁻¹
- h - é a quantidade de chuva no segmento uniforme, mm

Obteve-se a energia cinética total da chuva erosiva individual pelo somatório da energia cinética de cada segmento da chuva enquanto a intensidade máxima em trinta minutos foi obtida conforme a Eq. 3 proposta por Carvalho et al. (1989):

$$I_{30} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n i_{ni} \times t_{ni} \right)}{30} \tag{3}$$

em que:

- I₃₀ - é a intensidade da chuva em 30 min consecutivos, mm h⁻¹

i_n - é o valor da intensidade da chuva de ordem n (mm h⁻¹), ocorrida dentro do período de 30 min

t_n - é o tempo de ocorrência da chuva de ordem n, ocorrida dentro do período de 30 min

O índice de erosividade (EI₃₀) de cada chuva foi obtido pela Eq. 4:

$$EI_{30} = EC_t \times I_{30} \tag{4}$$

em que:

EI₃₀ - é o índice de erosividade da chuva erosiva individual, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹

I₃₀ - é a intensidade máxima da chuva no período de 30 minutos consecutivos, mm h⁻¹

Por sua vez, o EI₃₀ mensal foi obtido pelo somatório do EI₃₀ de cada chuva erosiva ocorrida no mês e o EI₃₀ anual pelo somatório do EI₃₀ de cada mês, cujo fator R foi representado pela média dos valores de EI₃₀ anuais.

O coeficiente de chuva para cada mês do ano foi calculado com base na Eq. 5 proposta por Lombardi Neto (1977) utilizando-se as séries de dados pluviométricos de cada localidade estudada.

$$R_c = \frac{Pm^2}{Pa} \tag{5}$$

em que:

- R_c - é o coeficiente de chuva, mm
- P_m - é a precipitação média mensal, mm
- P_a - é a precipitação média anual, mm

Através do programa estatístico SPSS 15.0 procedeu-se à análise de regressão entre os dados de índices de erosividade médios mensais com o coeficiente de chuva e precipitação mensais, para os seguintes modelos: linear, potencial, exponencial, quadrática e logarítmica sendo apresentados, desta forma, os coeficientes de ajuste para o modelo matemático que apresentou, na análise de variância, significância para regressão, para os parâmetros do modelo e maior coeficiente de determinação (R²).

Nas análises de probabilidade de ocorrência e do período de retorno do índice EI₃₀ determinados para os anos em estudo, foram utilizadas a lei de probabilidade logarítmica e a teoria de valores extremos preconizadas por Schwab et al. (1981). O período de retorno e a probabilidade de ocorrência foram obtidos pelas Eqs. 6 e 7, respectivamente.

$$TR = \frac{(N+1)}{m} \quad (6)$$

$$Pr = \frac{100}{TR} \quad (7)$$

em que:

TR - é o período de retorno no qual o índice de erosividade é igualado ou superado

N - é o número de anos de registro de dados (tamanho da série)

m - é o número de ordem do índice de erosividade quando a série de dados de erosividade é colocada em ordem decrescente de magnitude

Pr - é a probabilidade de ocorrência

Em seguida, ajustou-se o modelo de distribuição de probabilidades de Gumbel para o cálculo anual das erosividades máximas, por meio das Eqs. 8, 9 e 10, conforme Pinto et al. (1996):

$$Y_{TR} = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{TR} \right) \right] \quad (8)$$

$$K_{TR} = -0,45 + 0,78 \times Y_{TR} \quad (9)$$

$$X_{TR} = \bar{X} + S \times K_{TR} \quad (10)$$

em que:

Y_{TR} - é a variável reduzida da distribuição de Gumbel

TR - é o período de retorno, anos

X_{TR} - é a erosividade máxima (anual ou mensal) para determinado TR, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹

K_{TR} - é o fator de frequência, adimensional

\bar{X} - é a média da erosividade máxima anual ou mensal, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹

S - é o desvio padrão dos dados de erosividade máxima, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹

A Eq. 8 é chamada Modelo Geral de Ven Te Chow. Essas equações permitem o emprego de uma população de dados e não apenas de uma amostra simplificando, com isto, as equações da distribuição de Gumbel.

Utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov com o objetivo de verificar a adequabilidade à distribuição de Gumbel para a representação probabilística dos dados.

Foi utilizado papel de probabilidade logarítmica para plotar os valores dos índices de erosividade observados, em que os valores dos índices anuais de erosividade, para qualquer período de retorno desejado, ou vice-versa, podem ser facilmente obtidos pela leitura direta na curva de distribuição de probabilidade ou calculados pela aplicação da equação dos valores teóricos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 se acham os parâmetros estatísticos (média, desvio padrão, erro padrão médio, coeficientes de variação e coeficientes de correlação) dos valores mensais e anuais do índice de erosividade da chuva, da precipitação e do coeficiente de chuva, obtidos a partir da análise da série de dados pluviográficos dos municípios de Canarana, Vera, Poxoréo e São José de Rio Claro, no Estado de Mato Grosso.

O pequeno tamanho e a alta descontinuidade das séries de dados pluviográficos dificultam a caracterização do Fator R para as localidades em estudo, uma vez que não serão capazes de representar as variações cíclicas comuns aos parâmetros climáticos, as quais se efetuem na grande variabilidade temporal das chuvas e de sua erosividade. Segundo Wischmeier & Smith (1978), são necessários pelo menos 20 anos de informações para se ter um valor de erosividade da chuva representativo de uma; entretanto e em função da escassez de informações de estações pluviográficas no Brasil, vários pesquisadores vêm utilizando correlações entre a erosividade, determinadas em registros pluviográficos detalhados, para determinar a erosividade por meio de séries pluviométricas históricas para diversas regiões (Silva, 2004; Gonçalves et al., 2006; Mello et al., 2007; Montebeller et al., 2007; Men et al., 2008; Almeida, 2009; Silva et al., 2010; Arai et al., 2010). Desta forma, no presente trabalho os dados pluviográficos serão utilizados para estabelecer e descrever matematicamente a relação entre o índice de erosividade da chuva (EI_{30}) e dados pluviométricos (precipitação e coeficiente de chuva) mensais.

De maneira geral, os índices de erosividade da chuva mensais (EI_{30m}) apresentaram coeficientes de correlação significativos ($p \leq 0,01$) com os dados de precipitação mensal (PPT_m) e com o coeficiente de chuva mensal (Rc_m), sobremaneira no período de maior ocorrência das chuvas (outubro a março), sendo que os valores de r para este período, com exceção do município de Poxoréo e dos meses de dezembro e março para os municípios de Canarana e Vera, respectivamente, foram superiores a 0,65, tanto para precipitação mensal quanto para coeficiente de chuva mensal (Tabela 2). Dentre as localidades estudadas o município de Poxoréo foi o que apresentou menores valores de correlação; apesar disto todas foram significativas a nível de 1% de probabilidade.

Considerando as limitações das séries de dados pluviográficos das localidades em estudo listadas anteriormente, a disponibilidade de dados pluviométricos com séries maiores e sem descontinuidade e a existência de correlação significativa do EI_{30m} com a PPT_m e Rc_m , foi possível ajustar equações de regressão para descrever, matematicamente, a relação do EI_{30m} com a PPT_m e Rc_m , e então se poder estimar o EI_{30} a partir dos dados pluviométricos. Desta análise de regressão a melhor relação entre os referidos parâmetros, para todas as localidades, foi a potencial, expressa pelas Eqs. 11, 12, 13 e 14 para os municípios de Canarana, Vera, Poxoréo e São José do Rio Claro, respectivamente. São apresentadas aqui apenas as equações que têm, como variável preditora, o coeficiente de chuva mensal devido aos seus melhores ajustes, comparativamente quando se utilizou a variável PPT_m como preditora.

Tabela 2. Parâmetros estatísticos (média, erro padrão médio, coeficiente de variação e coeficiente de correlação) mensal e anual da precipitação (PPT, mm), do índice de erosividade da chuva (EI₃₀, MJ mm (ha h)⁻¹), do coeficiente de chuva (Rc) baseados nas séries de dados pluviográficos dos municípios estudados

Parâmetro		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Canarana														
Md ¹	EI ₃₀	1609	2429	1600	634	199	0	0	129	291	1568	1769	2286	12516
	PPT	297	275	295	110	27	0	0	19	68	186	200	318	1796
	Rc	50,9	44,5	59,6	7,6	1,2	0	0	0,7	3,6	21,2	23,3	57,5	22,5
EPM ²	EI ₃₀	405	565	748	93	162	0	0	129	121	639	361	364	1016
	PPT	70	64	138	16	22	0	0	19	28	37	6	17	215
	Rc	18,1	15,1	41,5	2,9	1,1	0	0	0,7	2,7	8,9	3,7	6,1	4,5
CV% ³	EI ₃₀	43,6	40,3	81,0	25,4	140,4	0	0	173,2	72,0	70,6	35,3	27,6	14,1
	PPT	40,8	40,3	81,0	25,4	140,0	0	0	173,2	72,0	34,3	5,1	9,1	20,8
	Rc	61,4	58,9	120,6	67,5	170,1	0	0	173,2	131,1	72,9	27,8	18,4	34,8
r ⁴	PPT	0,98	0,98	0,99	0,97	0,99			0,99	0,99	0,99	0,98	0,87	0,97
	Rc	0,96	0,99	0,99	0,99	0,99			0,99	0,99	0,95	0,89	0,04	0,88
Vera														
Md	EI ₃₀	2684	1669	2115	1038	125	171	0	0	393	2043	2323	3406	15965
	PPT	464	259	390	159	24	20	0	0	86	237	249	371	2259
	Rc	98,5	33,1	70,1	12,9	0,4	0,9	0	0	4,0	27,6	27,9	69,8	28,8
EPM	EI ₃₀	689	573	538	293	91	171	0	0	158	533	285	500	2004
	PPT	109	63	69	46	7	20	0	0	26	52	33	55	272
	Rc	33,8	10,6	19,6	4,9	0,2	0,9	0	0	1,5	11,3	5,1	22,0	3,6
CV%	EI ₃₀	51,4	68,6	50,9	56,5	146,6	200,0	0	0	80,3	52,1	24,6	29,3	25,1
	PPT	46,9	48,3	35,4	57,7	59,5	200,0	0	0	59,9	43,9	26,6	29,7	24,1
	Rc	68,6	63,9	56,0	75,6	125,5	200,0	0	0	78,4	82,2	36,3	62,9	24,8
r	PPT	0,94	0,95	0,37	0,93	0,99	0,99			0,98	0,86	0,85	0,87	0,87
	Rc	0,95	0,94	0,66	0,94	0,91	0,99			0,85	0,93	0,99	0,87	0,90
Poxoreo														
Md	EI ₃₀	1558	1386	961	737	522	140	10	80	341	1393	621	1136	8652
	PPT	278	219	254	132	40	21	2	10	88	188	217	271	1688
	Rc	47,6	29,0	44,0	11,3	1,2	0,8	0,0	0,3	5,3	19,2	32,3	45,9	19,7
EPM	EI ₃₀	220	290	207	129	132	104	10	75	92	230	130	324	792
	PPT	32	19	48	18	9	13	2	9	17	31	38	23	68
	Rc	9,5	4,6	13,4	3,3	0,5	0,7	0	0,3	1,8	7,3	10,8	9,3	1,0
CV%	EI ₃₀	34,6	51,2	52,8	42,8	62,1	182,8	0	227,8	66,3	40,5	51,2	69,9	22,4
	PPT	28,4	21,7	46,0	33,5	51,9	159,5	244,9	227,8	46,0	40,5	43,1	21,1	9,9
	Rc	49,1	38,4	74,9	72,2	94,8	212,1	244,9	243,7	81,9	93,0	81,8	49,5	12,2
r	PPT	0,63	0,37	0,78	0,79	0,99	0,99		0,99	0,91	0,97	0,91	0,91	0,84
	Rc	0,68	0,27	0,86	0,81	0,97	0,99		0,99	0,87	0,99	0,95	0,94	0,85
São José do Rio Claro														
Md	EI ₃₀	1215	836	1331	888	178	183	22	20	137	683	479	1140	7107
	PPT	306	300	258	173	56	54	3	11	41	158	174	347	1881
	Rc	53,4	48,5	42,8	19,2	4,2	3,4	0	0,1	1,4	20,1	21,2	67,7	23,5
EPM	EI ₃₀	365	118	430	467	107	106	19	19	59	436	87	223	894
	PPT	65	31	68	38	36	32	3	7	16	77	46	71	131
	Rc	17,5	7,3	21,2	7,7	3,5	2,1	0	0,1	0,8	13,4	11,3	23,0	3,1
CV%	EI ₃₀	60,0	28,1	64,7	105,1	120,3	115,7	173,2	193,7	86,4	127,6	36,1	39,1	25,2
	PPT	42,5	20,6	52,6	43,4	129,0	117,1	200,0	130,5	80,5	97,9	53,2	41,0	13,9
	Rc	65,5	30,2	99,0	80,9	168,0	119,7	200,0	149,9	121,6	133,8	107,0	68,0	26,3
r	PPT	0,79	0,92	0,70	0,88	0,93	0,98	0,99	0,97	0,95	0,99	0,67	0,82	0,88
	Rc	0,75	0,95	0,68	0,87	0,99	0,99	0,99	0,90	0,99	0,98	0,76	0,82	0,89

¹ média; ² erro padrão médio; ³ coeficiente de variação; ⁴ coeficiente de correlação

$$EI_{30m} = 317,397829 \times Rc_m^{0,484654} \quad R^2 = 0,86 \quad (11)$$

$$EI_{30m} = 147,262400 \times Rc_m^{0,533025} \quad R^2 = 0,83 \quad (14)$$

$$EI_{30m} = 399,538719 \times Rc_m^{0,458718} \quad R^2 = 0,84 \quad (12)$$

$$EI_{30m} = 272,865645 \times Rc_m^{0,419164} \quad R^2 = 0,66 \quad (13)$$

O melhor ajuste do modelo potencial para estimar o índice de erosividade da chuva a partir de dados pluviométricos também foi observado para outras localidades, dentre as quais as de Campinas, SP (Lombardi Neto, 1977), Santa Rosa, RS

Tabela 3. Índices de erosividade da chuva mensais (EI_{30m}) e anuais (EI_{30a}) obtidos a partir da análise de pluviogramas, estimados pela equações e os respectivos erros relativos das estimativas anuais e mensais para os municípios de Canarana, Vera, Poxoréo e São José do Rio Claro

Mês	Canarana				Vera				Poxoréo				São José do Rio Claro			
	EI_{30}^1		ER ⁴	ERM ⁵	EI_{30}		ER	ERM	EI_{30}		ER	ERM	EI_{30}		ER	ERM
	AP ²	EST ³			AP	EST			AP	EST			AP	EST		
Jan	1609	2068	8,12	7 ⁶	2684	3145	2,95	11 ⁶	1558	1345	1,86	12 ⁶	1215	1169	0,14	11 ⁶
Fev	2429	1927	4,27	4 ⁷	1669	1869	1,44	4 ⁷	1386	1104	4,16	15 ⁷	836	1155	14,57	7 ⁷
Mar	1600	1980	5,63	11 ⁸	2115	2725	8,33	21 ⁸	961	1236	8,14	7 ⁸	1331	991	6,50	17 ⁸
Abr	634	816	8,27		1038	1177	1,80		737	721	0,05		888	660	6,61	
Mai	199	221	1,18		125	218	55,28		522	265	24,13		178	214	3,99	
Jun	0	0	0,00		171	179	0,00		140	135	0,00		183	205	1,44	
Jul	0	0	0,00		0	0	0,00		10	16	0,00		22	10	30,62	
Ago	129	147	1,85		0	0	0,00		80	67	2,83		20	34	49,27	
Set	291	505	53,71		393	667	48,55		341	510	24,51		137	144	0,20	
Out	1568	1340	2,12		2043	1726	2,40		1393	801	18,07		683	572	2,62	
Nov	1769	1449	3,28		2323	1818	4,73		621	1093	57,74		479	671	15,93	
Dez	2286	2256	0,02		3406	2680	4,54		1136	1328	2,87		1140	1337	2,99	
Anual	12516	12708	1,54		15965	16221	1,60		8884	8620	2,98		7113	7162	0,69	

¹ Índice de erosividade da chuva (EI_{30a} - MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e EI_{30m} - MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹); ² valor do EI_{30} determinado a partir da análise de pluviogramas; ³ valor do EI_{30} estimado a partir do coeficiente de chuva (Eq. 11, 12, 13 e 14); ⁴ erro relativo da estimativa (%); ⁵ erro relativo médio da estimativa (%); ^{6, 7 e 8} ERM considerando os 12 meses do ano, meses mais erosivos e meses menos erosivos, respectivamente

(Mazurana et al., 2009), Cuiabá-MT (Almeida et al., 2011), Cáceres (Almeida, 2009), Rondonópolis (Almeida, 2009) e Região Centro-Leste de Minas Gerais (Silva et al., 2010). No entanto, contrasta com os dados de Lages e de Campos Novos, SC, Teodoro Sampaio, SP e Quaraí e Rio Grande, RS observados respectivamente por Bertol (1993; 1994), Colodro et al. (2002) e Peñalva Bazzano et al. (2007, 2010), cujos modelos de melhor ajuste foram o linear e o de Dourados, MS, em trabalho desenvolvido por Arai et al. (2010), no qual o modelo que melhor se ajustou foi um linear com raiz quadrada.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de EI_{30} mensal e anual obtidos partir da análise dos dados pluviográficos e estimados pelas eqs. 11, 12, 13 e 14 com os respectivos erros das estimativas para cada uma das localidades estudadas. É possível verificar que os erros relativos (ER) anuais foram bem menores que os erros relativos mensais, sendo o maior ER observado para a estimativa do EI_{30} anual para o município de Poxoréo (2,98%), enquanto nos demais municípios o ER foi inferior a 2%, com destaque para o município de São José do Rio Claro, em que o ER é igual a 0,69.

Com relação às estimativas do EI_{30} mensal, observa-se que os ER foram mais elevados, chegando a valores iguais 57,74% para o mês novembro no município de Poxoréo; entretanto, fazendo-se um agrupamento dos meses mais erosivos e menos erosivos usando o valor crítico de EI_{30} igual a 500 MJ mm (ha h)⁻¹ conforme proposto por Rufino (1986), é possível verificar que, com exceção de Poxoréo, os maiores ER ocorrem nos meses menos erosivos do ano, sendo que nos meses mais erosivos o erro relativo médio (ERM) é inferior a 7%, com destaque para os municípios de Vera e Canarana, nos quais o ERM foi de 4%.

Sabendo-se que para o planejamento do uso de práticas de conservação do solo e da água é importante o conhecimento dos valores críticos, pode-se afirmar que as equações ajustadas para os municípios de Canarana, Vera e São José do Rio Claro podem ser utilizadas tanto para a estimativa da erosividade anual quanto para a estimativa da erosividade dos meses mais erosivos com boa confiabilidade.

Referidos resultados corroboram com os obtidos por vários pesquisadores que também encontraram correlações significativas entre o índice de erosividade EI_{30} e o Rc, as quais permitem estimar o valor de EI_{30} anual e mensal, dentre os mais recentes estão os resultados de Peñalva-Bazzano et al. (2007) que obtiveram correlação linear significativa ($EI_{30} = -47,35 + 82,72 Rc$) em Quaraí, RS; Almeida et al. (2011), que obtiveram relação potencial ($EI_{30} = 109,412 Rc^{0,744}$) com elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,91$) em Cuiabá, MT, Almeida (2009), que obteve relação potencial ($EI_{30-Rondonópolis} = 133,200429 Rc^{0,5372499}$ e $EI_{30-Cáceres} = 172,632645 Rc^{0,5245258}$) com elevados coeficientes de determinação ($R^2 = 0,9$) para os municípios de Cáceres e Rondonópolis em Mato Grosso, mas isto contraria os resultados obtidos por Mazurana et al. (2009), que verificaram que a relação entre EI_{30} e Rc só deve ser utilizada para estimar o EI_{30} anual para a região de Santa Rosa, RS, tendo em vista que tanto na relação linear ($EI_{30} = 354,71 + 44,927 Rc$) quanto na relação potencial ($EI_{30} = 118,52 Rc^{0,8034}$) entre o índice EI_{30m} e Rc_m , foram observados baixos coeficientes de regressão.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios mensais e anuais do índice de erosividade da chuva (EI_{30}) obtidos a partir da série histórica de dados pluviométricos dos municípios de Canarana (1986 a 2009), Vera (1975 a 2007), Poxoréo (1977 a 2007) e São José do Rio Claro (1991 a 2007), no Estado de Mato Grosso.

Os meses de janeiro e dezembro são, em média, os mais erosivos para Canarana, Poxoréo e São José do Rio Claro e também os responsáveis por 37, 38 e 31% da erosividade total anual, respectivamente. Em Vera, no entanto, fevereiro e dezembro foram os meses mais erosivos correspondendo a 34% da erosividade anual cujos resultados não corroboram com aqueles obtidos por Moraes et al. (1991) para a região sudoeste do estado de Mato Grosso, os quais detectaram que os meses mais chuvosos foram janeiro e fevereiro ocorrendo, nesses meses, É ISTO? em média, 33% do total anual precipitado e 43% da erosividade total anual embora corroborem com Arai et al. (2010), que encontraram as maiores erosividades da chuva

Tabela 4. Parâmetros estatísticos (média, valor máximo, valor mínimo, desvio padrão, erro padrão médio e coeficiente de variação) do índice de erosividade mensal (EI_{30m} - MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹) e anual (EI_{30m} - MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) obtidos a partir da série histórica de dados pluviométricos dos municípios de Canarana (1986 a 2009), Vera (1975 a 2007), Poxoréo (1977 a 2007) e São José do Rio Claro (1991 a 2007)

Parâmetros	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Canarana													
Md ¹	2288	2027	1755	778	177	38	7	33	270	1033	1358	2110	11874
Mx ²	5869	3870	3608	1772	564	304	100	294	842	2313	2600	3932	14554
Mn ³	289	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7838
DP ⁴	1100	891	773	455	178	91	23	70	237	517	583	961	1443
EPM ⁵	220	178	155	91	36	18	5	14	47	103	117	192	289
CV% ⁶	48,06	43,93	44,07	58,53	100,77	236,40	338,46	208,49	87,87	50,09	42,96	45,54	12,15
Vera													
Md	2454	2587	2156	1102	294	73	42	95	542	1447	2005	2617	15414
Mx	3705	4508	3842	2037	871	757	377	551	1130	2101	4146	4306	17087
Mn	977	1424	714	293	0	0	0	0	0	588	675	1386	12984
DP	590	750	779	468	246	168	89	155	354	400	766	612	1017
EPM	103	131	136	81	43	29	16	27	62	70	133	107	177
CV%	24,06	29,00	36,13	42,41	83,73	229,47	213,74	163,29	65,40	27,66	38,23	23,40	6,60
Poxoréo													
Md	1397	1228	1145	662	308	113	50	107	456	807	1047	1301	8621
Mx	2135	2107	1840	1104	585	555	287	571	1245	1882	1721	2473	10265
Mn	749	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5587
DP	360	412	495	227	173	158	75	160	314	404	380	489	969
EPM	64	73	88	40	31	28	13	28	55	71	67	87	171
CV%	25,77	33,54	43,26	34,38	56,13	139,34	149,61	149,21	68,77	50,05	36,32	37,63	11,24
São José do Rio Claro													
Md	1336	1061	999	418	142	62	16	15	154	542	820	1262	6827
Mx	2499	2435	1752	1025	618	452	84	91	521	1280	2271	2251	7976
Mn	219	0	151	94	0	0	0	0	0	0	0	260	3666
DP	609	625	436	270	167	134	27	30	133	322	537	542	967
EPM	148	152	106	66	40	32	6	7	32	78	130	132	234
CV%	45,60	58,90	43,62	64,55	117,15	214,71	162,74	198,15	86,43	59,45	65,56	42,99	14,16

¹ média; ² valor máximo; ³ valor mínimo; ⁴ desvio padrão; ⁵ erro padrão médio; ⁶ coeficiente de variação

nos meses de janeiro e dezembro para a região de Dourados, MS, e corroboram também com os resultados encontrados por Almeida (2009), observando que janeiro e dezembro são, em média, os meses mais erosivos para Cáceres e Rondonópolis.

Considerando o valor crítico de 500 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹ (Rufino, 1986), pode-se observar que para os municípios de Canarana e Poxoréo o período de maior erosividade é semelhante, correspondente aos meses de outubro a abril, sendo responsável por 96 e 88% da erosividade da chuva anual, respectivamente. No entanto, o período de maior erosividade para os municípios Vera e São José do Rio Claro são diferentes entre si e dos dois anteriores, sendo que este período, para o primeiro município, compreende aos meses de setembro a abril, correspondendo a 97% da erosividade anual, enquanto para São José do Rio Claro os meses de outubro a março correspondem ao período de maior erosividade, sendo responsável por 94% do total anual. Desta forma verifica-se, então, que dentre as localidades estudadas, Poxoréo é aquela em que a erosividade é menos concentrada no período chuvoso.

Nas Tabelas 5 e 6 se encontram o período de retorno, a probabilidade de ocorrência e o mês mais crítico dos valores dos índices de erosividade observados para os municípios de Canarana, Vera, Poxoréo e São José do Rio Claro, considerando-se o período das séries de dados pluviométricos. Verifica-se que os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro foram

aqueles mais erosivos em pelo menos 10% dos anos analisados para Vera e São José do Rio Claro, enquanto para Canarana e Poxoréo os meses que se apresentaram mais erosivos em mais de 10% dos anos analisados foram dezembro, janeiro e fevereiro. Esses meses de pico excepcional na erosividade das chuvas, são responsáveis por grandes danos nas lavouras cultivadas, pela ocorrência do processo de erosão hídrica (Mazurana et al., 2009).

Apesar de haver certa similaridade da variabilidade do regime pluviométrico ao longo do ano para as quatro localidades estudadas, principalmente para Canarana, Vera e São José do Rio Claro (96, 97 e 94%, respectivamente), quantitativamente os valores de erosividade mensais e anuais são bem distintos, fato que pode ser evidenciado pelos valores do fator R obtidos para os municípios de Canarana, Vera Poxoréo e São José do Rio Claro, determinados através do índice de erosividade EI_{30} , que foram de 11.874, 15.414, 8.621 e 6.827 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente (Tabelas 5 e 6).

Pode-se verificar também que os anos mais erosivos são diferentes para todas as localidades, ou seja, a distribuição da erosividade da chuva ao longo dos anos também são bem distintos entre as localidades estudadas (Tabelas 5 e 6).

Os valores médios do fator R obtidos no presente trabalho se encontram dentro da faixa de variação de 3.116 a 20.035 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, observada por Silva (2004) na obtenção do mapa de erosividade da chuva para o Brasil. No entanto, pela

Tabela 5. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade ($EI_{30\text{anual}}$, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) e mês de ocorrência da chuva mais erosiva do ano baseado na série histórica de dados pluviométricos dos municípios Canarana (1986 a 2009) e São José do Rio Claro (1991 a 2007)

Canarana							São José do Rio Claro						
Ano	$EI_{30\text{anual}}$ ¹	m^2	T^3	p^4	Mês de ocorrência da chuva mais erosiva do ano		Ano	$EI_{30\text{anual}}$ ¹	m^2	T^3	p^4	Mês de ocorrência da chuva mais erosiva do ano	
					Mês	$EI_{30\text{mensal}}$ ⁵						Mês	$EI_{30\text{mensal}}$ ⁵
2004	14554	1	26,00	3,85	Jan	5869	1992	7976	1	18,00	5,56	Dez	1999
2005	14169	2	13,00	7,69	Dez	3932	2002	7917	2	9,00	11,11	Jan	1831
1994	13285	3	8,67	11,54	Mar	3147	2006	7534	3	6,00	16,67	Jan	1759
2006	12854	4	6,50	15,38	Dez	2496	1995	7359	4	4,50	22,22	Dez	2251
1992	12828	5	5,20	19,23	Dez	2771	2005	7354	5	3,60	27,78	Jan	2499
1997	12758	6	4,33	23,08	Mar	3608	2001	7259	6	3,00	33,33	Jan	1389
2000	12715	7	3,71	26,92	Jan	2610	1991	7028	7	2,57	38,89	Mar	1752
1995	12678	8	3,25	30,77	Jan	3284	1994	6993	8	2,25	44,44	Jan	1419
1991	12440	9	2,89	34,62	Jan	3345	2000	6862	9	2,00	50,00	Dez	2126
1985	12422	10	2,60	38,46	Jan	3362	2004	6849	10	1,80	55,56	Fev	2435
2002	12398	11	2,36	42,31	Fev	2828	1996	6798	11	1,64	61,11	Jan	1253
1993	12343	12	2,17	46,15	Fev	3870	2007	6776	12	1,50	66,67	Nov	1262
1996	12154	13	2,00	50,00	Jan	2422	2003	6716	13	1,38	72,22	Jan	2094
1988	12088	14	1,86	53,85	Mar	2655	1993	6651	14	1,29	77,78	Nov	1234
2001	11815	15	1,73	57,69	Jan	2427	1997	6485	15	1,20	83,33	Jan	1651
2003	11745	16	1,63	61,54	Fev	2913	1999	5845	16	1,13	88,89	Nov	2271
1999	11473	17	1,53	65,38	Fev	2958	1998	3666	17	1,06	94,44	Fev	2308
2007	11191	18	1,44	69,23	Fev	2824	Md ⁶	6827	-	-	-	-	-
1990	10991	19	1,37	73,08	fev	3481	Mx ⁷	7976	-	-	-	-	-
1987	10932	20	1,30	76,92	Dez	3241	DP ⁸	966,53	-	-	-	-	-
1986	10902	21	1,24	80,77	Dez	3116	EPM ⁹	193,31	-	-	-	-	-
2009	10606	22	1,18	84,62	Dez	3302	CV ¹⁰	14,16	-	-	-	-	-
1998	10476	23	1,13	88,46	Fev	2149							
2008	9199	24	1,08	92,31	Jan	3312							
1989	7838	25	1,04	96,15	Fev	2782							
Md ⁶	11874	-	-	-	-	-							
Mx ⁷	14554	-	-	-	-	-							
DP ⁸	1442,74	-	-	-	-	-							
EPM ⁹	288,55	-	-	-	-	-							
CV ¹⁰	12,15	-	-	-	-	-							

¹ Índice de erosividade anual em MJ mm ha⁻¹ (ano h)⁻¹; ² Número da ordem; ³ Período de retorno; ⁴ Probabilidade de ocorrência; ⁵ Índice de erosividade mensal em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹; ⁶ média; ⁷ máximo; ⁸ desvio padrão; ⁹ erro padrão médio; ¹⁰ coeficiente de variação, %

faixa estabelecida para o País de 5.000 a 12.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, apenas Vera apresentou fator R fora desta faixa, sendo que Canarana, Poxoréo e São José do Rio Claro o fator R ficaram próximas do limite superior, metade e próximo ao limite inferior desta faixa, respectivamente. Considerando a classificação da erosividade baseada no fator R (Foster et al., 1981), os municípios de Canarana e Vera podem ser classificados como de erosividade muito alta, Poxoréo de erosividade alta e São José do Rio Claro de erosividade de média a alta.

Nas localidades estudadas no presente trabalho as práticas de preparo do solo e plantio das áreas agrícolas são coincidentes com o período de ocorrência das chuvas mais erosivas e com o solo mais exposto e alta erosividade das chuvas, os cuidados no controle da erosão deverão ser ainda maiores, mas os picos mensais mais notáveis da erosividade das chuvas, principalmente nos municípios de Canarana e Poxoréo, ocorrem nos meses em que, normalmente, as culturas de verão estão em pleno desenvolvimento, mantendo o solo quase que totalmente coberto reduzindo, desta forma, os danos causados pelo potencial erosivo das chuvas.

A função de Gumbel simplificada por Ven Te Chow (Figura 1), típica de eventos extremos de precipitação (Pinto et al.,

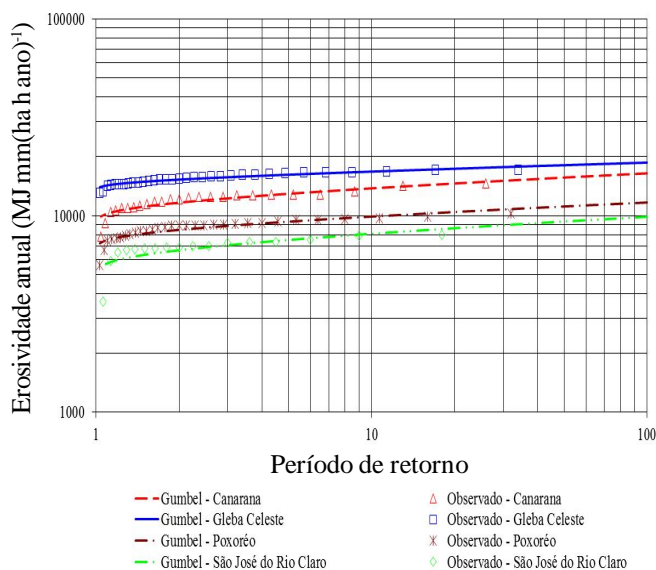


Figura 1. Curva de distribuição do período de retorno dos índices anuais de erosividade da chuva baseado na série histórica de dados pluviométricos dos municípios de Canarana (1986 a 2009), Vera (1975 a 2007), Poxoréo (1977 a 2007) e São José do Rio Claro (1991 a 2007)

Tabela 6. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade ($EI_{30\text{anual}}^1$ MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) e mês de ocorrência da chuva mais erosiva do ano baseado na série histórica de dados pluviométricos dos municípios de Poxoréo (1977 a 2007) e Vera (1975 a 2007)

Poxoréo							Vera						
Ano	$EI_{30\text{anual}}^1$	m ²	T ³	P ⁴	Mês de ocorrência da chuva mais erosiva do ano		Ano	$EI_{30\text{anual}}^1$	m ²	T ³	P ⁴	Mês de ocorrência da chuva mais erosiva do ano	
					Mês	$EI_{30\text{mensal}}^5$						Mês	$EI_{30\text{mensal}}^5$
1980	10265	1	32,00	3,13	Jan	1918	1978	17087	1	34,00	2,94	Dez	3453
2001	9868	2	16,00	6,25	Dez	2473	1980	16999	2	17,00	5,88	Jan	3405
1986	9689	3	10,67	9,38	Dez	1784	1994	16807	3	11,33	8,82	Jan	3470
1983	9561	4	8,00	12,50	Jan	1379	1985	16645	4	8,50	11,76	Jan	3433
1981	9539	5	6,40	15,63	Fev	1769	1982	16572	5	6,80	14,71	Mar	2792
1978	9473	6	5,33	18,75	Dez	1681	1989	16560	6	5,67	17,65	Dez	4306
1982	9297	7	4,57	21,88	Jan	1720	1976	16451	7	4,86	20,59	Fev	3713
2003	9190	8	4,00	25,00	Mar	1840	2006	16316	8	4,25	23,53	Dez	3337
2006	9152	9	3,56	28,13	Mar	1821	1995	16158	9	3,78	26,47	Jan	3025
1987	9111	10	3,20	31,25	Dez	2030	1992	16122	10	3,40	29,41	Dez	3092
2002	9020	11	2,91	34,38	Nov	1717	1986	15974	11	3,09	32,35	Fev	3510
1997	9010	12	2,67	37,50	Jan	1934	1981	15801	12	2,83	35,29	Mar	3842
1994	8947	13	2,46	40,63	Nov	1721	1991	15796	13	2,62	38,24	Jan	3705
1977	8920	14	2,29	43,75	Fev	1365	2003	15703	14	2,43	41,18	Jan	2705
1992	8905	15	2,13	46,88	Out	1882	1999	15648	15	2,27	44,12	Dez	3472
1991	8892	16	2,00	50,00	Jan	1549	1996	15545	16	2,13	47,06	Nov	2753
1979	8877	17	1,88	53,13	Jan	2047	1977	15469	17	2,00	50,00	Nov	3130
1998	8780	18	1,78	56,25	Fev	1784	1988	15307	18	1,89	52,94	Fev	3282
1996	8692	19	1,68	59,38	Jan	1453	1983	15290	19	1,79	55,88	Mar	3230
2004	8528	20	1,60	62,50	Jan	1889	2004	15244	20	1,70	58,82	Fev	3405
1990	8350	21	1,52	65,63	Dez	1367	2000	15063	21	1,62	61,76	Fev	3561
2005	8310	22	1,45	68,75	Mar	1640	2007	15033	22	1,55	64,71	Fev	4508
2000	8228	23	1,39	71,88	Fev	1800	1987	14849	23	1,48	67,65	Fev	2986
1995	8018	24	1,33	75,00	Dez	1557	1990	14712	24	1,42	70,59	Fev	3207
1993	7907	25	1,28	78,13	Dez	1897	1984	14706	25	1,36	73,53	Fev	2822
1989	7760	26	1,23	81,25	Jan	2135	2005	14583	26	1,31	76,47	Mar	3816
1988	7667	27	1,19	84,38	Fev	2107	1997	14498	27	1,26	79,41	Dez	3166
1984	7594	28	1,14	87,50	Dez	1551	1975	14483	28	1,21	82,35	Fev	2909
2007	7449	29	1,10	90,63	Nov	1321	1993	14472	29	1,17	85,29	Nov	2692
1985	6679	30	1,07	93,75	Dez	1435	1998	14296	30	1,13	88,24	Nov	4146
1999	5587	31	1,03	96,88	Dez	1629	2001	14163	31	1,10	91,18	Fev	3119
Md ⁶	8621	-	-	-	-	-	2002	13335	32	1,06	94,12	Jan	2692
Mx ⁷	10265	-	-	-	-	-	1979	12984	33	1,03	97,06	Fev	2766
DP ⁸	969,08	-	-	-	-	-	Md ⁶	15414	-	-	-	-	-
EPM ⁹	193,82	-	-	-	-	-	Mx ⁷	17087	-	-	-	-	-
CV ¹⁰	1,24	-	-	-	-	-	DP ⁸	1016,98	-	-	-	-	-
							EPM ⁹	177,03	-	-	-	-	-
							CV ¹⁰	6,60	-	-	-	-	-

¹ Índice de erosividade anual em MJ mm ha⁻¹ (ano h)⁻¹; ² Número da ordem; ³ Período de retorno; ⁴ Probabilidade de ocorrência; ⁵ Índice de erosividade mensal em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹; ⁶ média; ⁷ desvio padrão; ⁸ máximo; ⁹ erro padrão médio; ¹⁰ coeficiente de variação, %

1996), ajustou-se bem aos dados para descrever as curvas de distribuição de probabilidade dos valores de erosividade anual para os quatro municípios, corroborando com resultados obtidos por outros pesquisadores como, por exemplo, Carvalho et al. (2010; 2004), Almeida (2009) e Almeida et al. (2011).

Aplicando esta função de probabilidade (Eq. 8) é possível verificar que o valor médio da erosividade anual do período considerado (que é o valor do Fator "R" da USLE) para os municípios de Canarana, Vera, Poxoréo e São José do Rio Claro, possui um período de retorno estimado de 2,33 anos com 43% de probabilidade de ocorrência para ambos os municípios.

Este período de retorno encontrado para o fator R dos municípios em estudo é semelhante àqueles obtidos para Campinas (2,1 anos), Botucatu (2,3 anos), Cáceres e Rondonópolis (2,33), Cuaibá (2,3), Santa Rosa (2,3) determinados por Lombardi Neto (1977), Carvalho et al. (2004),

Almeida (2009), Almeida et al. (2011) e Mazurana et al. (2009), respectivamente.

Cabe ressaltar que, embora se observe semelhança entre o período de retorno e a probabilidade de ocorrência do fator R obtidas no presente trabalho com as localidades supra citadas, o valor do fator R obtido neste trabalho distingue daqueles encontrados nos trabalhos citados anteriormente evidenciando, então, a grande importância de se realizar este tipo de caracterização para cada localidade e/ou região, sendo muito prováveis, erros ao se utilizar valores de outras regiões ou localidades.

CONCLUSÕES

1. A relação potencial entre o índice de erosividade da chuva e o coeficiente de chuva possibilita estimar a erosividade da

chuva mensal e anual com boa confiabilidade (ERM d' 7%) para os municípios de Canarana, Vera e São José do Rio Claro, enquanto em Poxoréo esta boa confiabilidade só é possível para a erosividade anual.

2. As localidades estudadas apresentam erosividades da chuva bastante distintas, sendo que Canarana e Vera possuem erosividade muito alta, Poxoréo alta e São José do Rio Claro de média a alta não sendo recomendado, desta forma, utilizar valores de R de um local para outro.

3. Para os quatro municípios estudados as estações primavera e verão correspondem ao período do ano de maior erosividade, ocorrendo neste período, à exceção de Poxoréo, uma proporção maior ou igual a 94% do valor da erosividade total anual, indicando que este período, para esses locais, deve ser aquele de maior preocupação com as perdas anuais de solo por erosão hídrica.

4. Dentre os municípios estudados Poxoréo é aquele em que a ocorre a menor proporção (88%) da erosividade anual no período chuvoso (estações primavera e verão).

5. Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro são os que se apresentaram com maior frequência como os mais erosivos do ano para Vera e São José do Rio Claro e novembro, dezembro, janeiro e fevereiro para os municípios de Canarana e Poxoréo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo auxílio financeiro para desenvolvimento desta pesquisa; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo aos discentes envolvidos nesta pesquisa.

LITERATURA CITADA

- Almeida, C. O. S. Erosividade das chuvas no Estado de Mato Grosso. Brasília: UnB, 2009. 83p. Dissertação Mestrado
- Almeida, C. O. S.; Amorim, R. S. S.; Couto, E. G.; Eltz, F. L. F.; Borges, L. E. C. Potencial erosivo da chuva de Cuiabá (MT): Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, p.178-184, 2011.
- Amorim, R. S. S.; Silva, D. D.; Pruski, F. F.; Matos, A. T. Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.1046-1059, 2010.
- Arai, F. K.; Goncalves, G. G. G.; Pereira, S. B.; Comunello, E.; Vitorino, A. C. T.; Daniel, O. Espacialização da precipitação e erosividade na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados, MS. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.922-931, 2010.
- Bertol, I. Índice de erosividade (EI_{30}) para Lages (SC) – 1ª aproximação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.28, p.515-521, 1993.
- Bertol, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) No período de 1981-1990. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, p.1453-1458, 1994.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F.; Benati Júnior, R. Equação de perdas de solo. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1975. 25p. Boletim Técnico, 21
- Carvalho, D. F. de; Machado, R. L.; Evangelista, A. W. P.; Khoury Júnior, J. K.; Silva, L. D. B. da. Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno dos índices de erosividade EI_{30} e $KE > 25$ em Seropédica, RJ. *Engenharia Agrícola*, v.30, p.245-252, 2010.
- Carvalho, M. P.; Lombardi Neto, F.; Vasques Filho, J.; Cataneo, A. Índices de erosividade da chuva correlacionada com as perdas de um Podzólico Vermelho-amarelo eutrófico textura argilosa/muito argilosa de Mococa (SP): Primeira aproximação do fator erodibilidade dos solos. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.13 p.237-242, 1989.
- Carvalho, M. P. E.; Freddi, O. S.; Veronese Júnior, V. Critérios para classificação de chuva individual erosiva para o Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*, v.26, p.175-183, 2004.
- 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). *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.26, p.809-818, 2002.
- Foster, G. R.; Mccool, D. K.; Renard, K. G.; Moldenhauer, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI units. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.36, p.355-359, 1981.
- Gonçalves, F. A.; Silva, D. D.; Pruski, F. F.; Carvalho, D. F.; Cruz, E. S. Índices e espacialização da erosividade das chuvas para o Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, p. 269-276, 2006.
- Hernani, L. C.; Freitas, P. L.; Pruski, F. F.; De Maria, I. C.; Castro Filho, C.; Landers, J. C. A erosão e seu impacto. In: Manzatto, C. V.; Freita Júnior, E.; Peres, J. R. R. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p.47-60.
- Lombardi Neto, F. Rainfall erosivity – Its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. West Lafayette: Purdue University, 1977. 53p. Dissertação Mestrado
- Mazurana, J.; Cassol, E. A.; Santos, L. C. dos; Eltz, F. L. F.; Bueno, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.975-983, 2009.
- Mello, C. R.; Sá, M. A. C.; Curi, N.; Mello, J. M.; Viola, M. R. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.537-545, 2007.
- Men, M.; Yu, Z.; Xu, H. Study on the spatial pattern of rainfall erosivity based on geostatistics in Hebei Province, China. *Frontiers of Agriculture in China*, v.2, p. 281-289, 2008.
- Montebeller, C. A.; Ceddia, Carvalho, D. F.; Vieira, S. R.; Franco, E. M. Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio de Janeiro. *Engenharia Agrícola*, v.27, p.426-435, 2007.

- Morais, L. F.B.; Silva, V.; Naschenveng, T. M. C.; Hardoin, P. C.; Almeida, J. E. L.; Weber, O. L. S.; Boel, E.; Durigon, V. Índice EI_{30} e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.15, p.339-44, 1991.
- Peñalva Bazzano, M. G. Coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí e Rio Grande, RS. Santa Maria: UFSM, 2005. 64p. Dissertação Mestrado
- Peñalva Bazzano, M. G.; Eltz, F. L. F.; Cassol, E. A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.31, p.1205-1217, 2007.
- Peñalva Bazzano, M. G.; Eltz, F. L. F.; Cassol, E. A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.34, p.235-244, 2010.
- Pinto, F. A.; Ferreira, P. A.; Pruski, F. F.; Alves, A. R.; Cecon, P. R. Estimativa de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais utilizando registros diários. *Engenharia Agrícola*, v.16, p.8-21, 1996.
- Rufino, R. L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: segunda aproximação. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.10, p.279-281, 1986.
- Schwab, G. O.; Frevert, R. K.; Edminster, T. W.; Barnes, K. K. *Soil and water conservation engineering*. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1981. 525p.
- Silva, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena*, v.57, p.251-259, 2004.
- Silva, M. A.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Santos, G. R.; Marques, J. J. G. S. E. M.; Menezes, M. D.; Leite, F. P. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.34, p.1029-1039, 2010.
- Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Transaction American Geophysical Union*, v.39, p.285-91, 1958.
- Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58p. Agriculture handbook 537