

# Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Brasil, com base no período de 1956 a 1984<sup>1</sup>

Daniela Martins<sup>2</sup>; Elemar Antonino Cassol<sup>3</sup>; Flávio Luiz Foletto Eltz<sup>4</sup>;  
Aristides Câmara Bueno<sup>5</sup>

**Resumo** - A capacidade potencial das chuvas em causar erosão do solo é denominada de erosividade das chuvas. O objetivo deste trabalho foi determinar a erosividade e os padrões hidrológicos das chuvas de Hulha Negra, RS, com base no período de 1956 a 1984. Em pluviogramas diários da estação meteorológica da FEPAGRO, foram separadas as chuvas individuais e, destas, as erosivas. Para cada chuva erosiva foram cotados os segmentos dos pluviogramas com mesma intensidade e registrados os dados em planilhas, determinando-se a erosividade, pelo índice  $EI_{30}$ , e os padrões hidrológicos. A precipitação pluvial média anual foi de 1239 mm, relativamente bem distribuída. O período de outubro a fevereiro concentra 61% da erosividade anual, o que coincide com o preparo do solo, semeadura e crescimento das culturas de verão. O pico mais notável no potencial erosivo ocorre em fevereiro, quando normalmente a maioria das culturas praticamente já está em pleno desenvolvimento, enquanto que outro pico significativo ocorre em abril, quando inicia o período das culturas de inverno, o qual, entretanto, é consequência de um mês excepcional em abril de 1959. O menor potencial erosivo das chuvas ocorre nos meses de maio a agosto. Na média, os padrões avançado, intermediário e atrasado têm, respectivamente, 53, 26 e 21% do número de chuvas erosivas por ano, 60, 23 e 17% do volume total anual de chuvas erosivas e 65, 22 e 13% da erosividade média total das chuvas. O índice de erosividade anual é de 6209 (MJ mm)/(ha h ano), o qual representa o Fator "R" da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), para prever perdas médias anuais de solo por erosão hídrica em Hulha Negra, RS, podendo também ser usado na mesma região agroclimática. Relações entre o coeficiente de chuva ( $R_c$ ) e o índice  $EI_{30}$ , não foram significativas, não sendo adequadas para estabelecer a distribuição mensal da erosividade das chuvas. Entretanto a relação linear obtida é adequada para determinar o valor do fator "R" para os municípios do entorno de Hulha Negra e que disponham apenas de registros pluviométricos.

**Palavras-chave:** energia cinética, chuvas erosivas, potencial erosivo da chuva, intensidade da chuva, coeficiente de chuva, Fator "R" da USLE, erosão hídrica.

## Erosivity and hydrological patterns of Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Brazil, rainfalls in the period of 1956 to 1984

**Abstract** - The rainfall potential to cause water soil erosion is called rainfall erosivity. The objective of this study was to determine the rainfall erosivity and hydrological patterns at Hulha Negra, RS, Brazil, based in the period 1956 to 1984, obtained from diary rainfall charts of FEPAGRO Meteorological Station. All of them were separated in individual rainfalls and from those were separated the erosive rainfalls and calculated the  $EI_{30}$  index and determined the hydrological pattern. The mean annual rainfall was 1239 mm relatively well distributed. The October to February period concentrates 61% of annual erosivity that coincides with soil tillage, seeding and growth of summer crops. The more notable peak in the erosive potential occurs in February, when normally most of the crops already are in full growth. Another peak occurs in April, consequence of exceptional rainfalls intensity at April of 1959. The less erosive rainfall potential occurs from May to August. In the average, the patterns advanced, intermediary and delayed has 53, 26 e 21% of erosive rainfalls per year, while these patterns correspond, respectively, to 60, 23 e 17% of the annual volume of erosive rainfalls, and 65, 22 e 13% of the mean annual rainfall erosivity. The annual index of erosivity for Hulha Negra is 6209 (MJ mm)/(ha h year), which can be used as "R" factor in the Universal Soil Loss Equation (USLE) to predict average annual soil loss by water erosion at Hulha Negra region. There were no significant relationship among rainfall coefficient ( $R_c$ ) and the  $EI_{30}$  index. However the obtained linear regression between this variable is adequate to estimate the "R" Factor for the counties surrounded Hulha Negra where only pluviometric records are available.

**Key words:** Kinetic energy, rainfall erosive potential, rainfall intensity, rainfall coefficient, USLE "R" Factor, soil water erosion.

<sup>1</sup> Trabalho conduzido com apoio da FAPERGS.

<sup>2</sup> Eng. Agr., ex-Bolsista de Iniciação Científica do CNPq, Depto. de Solos, FA-UFRGS. E-mail: dmartins77@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Professor Associado, Departamento de Solos, FA-UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000-Porto Alegre, RS. E-mail: cassolea@orion.ufrgs.br; Autor para correspondência.

<sup>4</sup> Professor Titular, Departamento de Solos, CCR-UFSM, Santa Maria, RS, Bolsista do CNPq. E-mail: feltz@ccr.ufsm.br

<sup>5</sup> Eng. Agr., Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO, Porto Alegre, RS. E-mail: agrometeorologia@fepagro.rs.gov.br

## Introdução

A erosão hídrica se constitui em um grande problema nas áreas de utilização agrícola dos solos. Além da redução da produtividade das culturas, também pode causar sérios problemas ambientais especialmente o assoreamento e a poluição dos recursos hídricos. Desde os trabalhos iniciais de Ellison (1946) sabe-se que a erosão hídrica do solo é um processo de desagregação de partículas do solo de sua massa original, o transporte e a eventual deposição dessas partículas. A erosão do solo é um processo mecânico que envolve energia, sendo a energia necessária para desencadear o processo de erosão hídrica do solo proveniente da água das chuvas e do escoamento superficial associado, especialmente a energia cinética do impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo. Quando a energia da água das chuvas e do escoamento superficial associado se transforma em trabalho, ocorrem então as perdas de solo e água por erosão hídrica. A capacidade potencial das chuvas em causar erosão do solo é denominada de erosividade das chuvas.

Perdas de solo por erosão hídrica podem ser estimadas pela aplicação de modelos de predição de erosão, sendo a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) um dos modelos mais utilizados (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Na USLE o Fator “R” representa o efeito da erosividade da chuva e do escoamento superficial associado. Para determinação do Fator “R” da USLE, períodos de chuvas de 20 a 30 anos devem ser analisados (WISCHMEIER, 1976; WISCHMEIER e SMITH, 1978), sendo a erosividade determinada pelo índice  $EI_{30}$  de cada chuva. O índice  $EI_{30}$  representa o produto da energia cinética total da chuva (MJ/ha) pela intensidade máxima da chuva (mm/h) com base em um período de 30 minutos contínuo de chuva. Wischmeier (1959) definiu o uso do índice  $EI_{30}$  para determinação do Fator “R” na Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), tendo Foster et al. (1981) expressado o Fator “R” em unidades de medida do sistema internacional. Morais et al. (1988) concluíram que o índice de erosividade  $EI_{30}$  é adequado para estimar o potencial erosivo das chuvas para o Rio Grande do Sul, baseado em correlações significativas entre índices de erosividade da chuva e perdas de solo por erosão. Outros pesquisadores, entre os quais, Albuquerque et al. (1998), Marques et al. (1997) e Lombardi Neto (1977), em outras diferentes regiões edafoclimáticas brasileiras, também concluíram que o índice  $EI_{30}$  é adequado para expressar o potencial erosivo das chuvas.

Expressivo número de trabalhos sobre erosividade das chuvas já foi publicado no Brasil, baseados em levantamentos pluviográficos de diferentes períodos de tempo. No Rio Grande do Sul, alguns valores do fator “R” da USLE foram determinados e, entre esses se podem citar: 9751 (MJ mm)/(ha h ano) em São Borja (CASSOL et al., 2008), com dados de 48 anos (1956 a 2003); 9292 (MJ mm)/(ha

h ano) em Quaraí (PEÑALVA-BAZZANO et al., 2007), com dados de 38 anos (1966 a 2003); 8875 (MJ mm)/(ha h ano) em Uruguaiana (HICKMANN et al., 2008), com dados de 29 anos (1963 a 1991); 8825 (MJ mm)/(ha h ano) em Ijuí (CASSOL et al., 2007), com dados de 31 anos (1963 a 1993); 7866 (MJ mm)/(ha h ano) em Santa Maria, (COGO et al., 2006), com dados de 38 anos (1963 a 2000); 6353 (MJ mm)/(ha h ano) em Veranópolis (CASSOL et al., 2002) com dados de 41 anos (1957 a 1997); 6222 (MJ mm)/(ha h ano) em Taquari (CASSOL et al., 2004), com dados de 37 anos (1963 a 1999); 6189 (MJ mm)/(ha h ano) em Farroupilha (CASSOL et al., 2002), com dados de 35 anos (1963 a 1997). Em Santa Catarina, fator “R” de 5694 (MJ mm)/(ha h ano) foi determinado para Lages por Bertol (1993) com dados de 10 anos de chuva (1981 a 1990) e de 5790 (MJ mm)/(ha h ano) por Bertol et al (2002), com dados de outros 10 anos (1989 a 1998); Bertol (1994) determinou fator “R” de 6329 (MJ mm)/(ha h ano) em Campos Novos, com 10 anos de dados (1981 a 1990). No estado de São Paulo, Carvalho et al. (1989), com 19 anos de registros de chuva (1966 a 1985), determinaram fator “R” de 7747 (MJ mm)/(ha h ano) para Mococa; Tomaselli et al. (1999), com 25 anos de registros pluviográficos (1973 a 1997), determinaram fator “R” de 7161 (MJ mm)/(ha h ano) para Presidente Prudente (SP); Roque et al. (2001) determinaram fator “R” de 7047 (MJ mm)/(ha h ano) para Piraju (SP), com 23 anos de registros de chuva (1975 a 1997); Colodro et al. (2002), com 19 anos de dados pluviográficos (1976 a 1994), determinaram fator “R” de 7172 (MJ mm)/(ha h ano) para Teodoro Sampaio (SP); Moreti et al. (2003) determinaram fator “R” de 7487 (MJ mm)/(ha h ano) para São Manuel (SP) com base em 49 anos de registros de chuva (1950 a 1998). Em 14 localidades do Estado do Rio de Janeiro, Gonçalves et al (2006), baseados em períodos de estudos variando de cinco a 19 anos de registros pluviográficos, obtiveram valores do fator “R” variando de 4118 a 15806 (MJ mm)/(ha h ano). No Estado de Goiás, Silva et al. (1997), com dados pluviográficos de cinco anos (1989 a 1993) determinaram fator “R” de 8353 (MJ mm)/(ha h ano) para Goiania. No Estado do Ceará, Dias e Silva (2003), com dados pluviográficos de 20 anos (1962 a 1981) determinaram fator “R” de 6774 (MJ mm)/(ha h ano) para Fortaleza. No Estado da Paraíba, Albuquerque et al (2005), determinaram fator “R” de 4928 (MJ mm)/(ha h ano) para Sumé, com base em 9 anos de registros pluviográficos (1983 a 1990). Em Pernambuco, Campos Filho et al (1992) determinaram fator “R” de 3551 (MJ mm)/(ha h ano) para Glória de Goitá, com base em 10 anos de registros pluviográficos (1969 a 1979, exceto 1976). No estado de Mato Grosso, Morais et al. (1991) determinaram em Barranquinho e Flechas, com 9 e 7 anos de dados, respectivamente, fator “R” de 8493 e 7830 (MJ mm)/(ha h ano). Em Manaus, estado do Amazonas, Oliveira Jr & Medina (1990), determinaram fator “R” de 14129

(MJ mm)/(ha h ano) com base em 10 anos de registros pluviográficos (1973 a 1983, exceto 1979).

Além da erosividade, outra importante característica da chuva relacionada com o processo de erosão hídrica do solo é o padrão hidrológico. As chuvas foram caracterizadas por Horner e Jens (1942) em padrões hidrológicos denominados de avançado, intermediário e atrasado, respectivamente, quando a localização do pico de intensidade está no início (primeiro terço), meio (segundo terço) ou fim (terceiro terço) do período de duração da chuva.

O objetivo deste trabalho foi determinar a erosividade das chuvas, pelo índice  $EI_{30}$ , com base em 29 anos de dados (período de chuvas de 1956 a 1984) e assim obter o valor do Fator "R" para utilização na Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) e determinar o padrão hidrológico das chuvas para a região de Hulha Negra, RS.

## Material e Métodos

O município de Hulha Negra situa-se no sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, região fisiográfica da Campanha, coordenadas geográficas de latitude  $31^{\circ} 20' S$  e longitude  $54^{\circ} 06' W$  e altitude de 214 m. Registros diários de chuva foram realizados pela estação agrometeorológica do Centro de Pesquisa em Forrageiras da FEPAGRO, em Hulha Negra, RS e os pluviogramas respectivos foram fornecidos pelo Laboratório de Agrometeorologia da Fepagro, RS. O índice  $EI_{30}$  foi determinado para cada chuva individual e erosiva. Utilizaram-se os critérios sugeridos por Cabeda (1976) que considera chuva individual aquela separada da anterior e da posterior por um período mínimo de 6 horas sem chuva (ou com menos de 1,0 mm) e chuva erosiva toda aquela com quantidade igual ou superior a 10,0 mm ou a partir de 6,0 mm desde que tenha ocorrido em 15 minutos ou menos. Utilizaram-se 29 anos de registros pluviográficos (de 1956 a 1994) tendo sido analisadas 840 chuvas erosivas, sendo que no mesmo período também ocorreram 1390 chuvas não erosivas.

Nos pluviogramas diários foram analisadas as chuvas erosivas individuais, separando-se nestas os segmentos com a mesma inclinação, os quais representam períodos de mesma intensidade. Os dados das chuvas foram registrados manualmente em planilha, onde foram anotados as horas e minutos do dia onde houve variação de intensidade e a chuva acumulada até aquele momento. A amplitude de registro dos pluviogramas foi de 10 mm de precipitação, com unidade de 0,1 mm. O tempo de registro foi de 24 horas, com unidades de 10 minutos, realizando-se a leitura da precipitação com precisão de unidades de 5 minutos. Através do programa *Chuveros*, elaborado pelo Professor Elemer Antonino Cassol (DSFA-UFRGS), e planilhas de cálculo *Microsoft Office Excel*, foi estimada a erosividade mensal, anual e média mensal e anual das chuvas pelo índice  $EI_{30}$  (WISCHMEIER &

SMITH, 1978) e expressa em unidades de medida do Sistema Internacional (FOSTER et al., 1981). Para cada segmento uniforme de chuva foi determinada a energia cinética unitária, conforme a expressão de Wischmeier e Smith (1978), que, em unidades do sistema internacional, é dada por:

$$e = 0,119 + 0,0873 \log_{10} i \quad (1)$$

onde  $e$  é a energia cinética unitária (MJ/ha/mm) e  $i$  é a intensidade de chuva no segmento (mm/h). O valor obtido na expressão (1) é multiplicado pela quantidade de chuva no respectivo segmento uniforme, para expressar a energia cinética do segmento, em MJ/ha. Somando-se a energia cinética de todos os segmentos uniformes de chuva obtêm-se a energia cinética total da chuva ( $EC_t$ ).

A erosividade da chuva é dada pelo índice  $EI_{30}$  pela seguinte expressão:

$$EI_{30} = EC_t I_{30} \quad (2)$$

onde  $EI_{30}$  é o índice de erosividade da chuva erosiva individual, em (MJ mm)/(ha h),  $EC_t$  é a energia cinética total da chuva, em MJ/ha, e  $I_{30}$  é a intensidade máxima da chuva em um período contínuo de 30 minutos de chuva, em mm/h, ou seja, a quantidade máxima de chuva em um período contínuo de 30 minutos multiplicada por 2, determinada a partir dos dados levantados do pluviograma e calculada pelo programa *Chuveros*.

Somando-se os índices  $EI_{30}$  de todas as chuvas individuais e erosivas de cada mês, obteve-se a erosividade das chuvas de cada mês. Somando-se os índices  $EI_{30}$  das chuvas mensais de cada ano, obteve-se a erosividade das chuvas de cada ano. Fazendo-se a média da erosividade anual das chuvas na série de 29 anos de dados levantados (período 1956 a 1984), obteve-se o valor do Fator "R" da USLE para aplicação em Hulha Negra e na região do entorno com características climáticas semelhantes.

Utilizando-se os registros pluviográficos obtidos na série de dados levantados em Hulha Negra, RS, foram estabelecidas relações linear e potencial entre a erosividade das chuvas, dada pelo índice  $EI_{30}$ , e o coeficiente de chuvas, conforme proposto por Lombardi Neto (1977) e dadas pelas seguintes relações:

$$EI_{30} = a + b Rc \quad (3)$$

$$EI_{30} = a Rc^b \quad (4)$$

onde  $EI_{30}$  é o índice de erosividade das chuvas, (MJ mm)/(ha h),  $a$  e  $b$  são coeficientes de ajuste e  $Rc$  é o coeficiente de chuva, em mm, dado pela seguinte relação:  $Rc = P_m^2 / P_a$ , em que  $P_m$  é a precipitação pluvial média mensal, em mm, e  $P_a$  é a precipitação pluvial média anual, em mm.

Para cada chuva individual e erosiva, foram separados os segmentos de mesma inclinação e determinada a intensidade da chuva em cada segmento. Com isso, obteve-se uma distribuição de intensidades ao longo do tempo de duração da chuva. O programa computacional *Chuveros* verificava em que tempo ocorria o pico das intensidades da chuva, para fins de classificação dos padrões hidrológicos da chuva, segundo a classificação proposta por Horner e Jens (1942). Também foi calculada a porcentagem do total das chuvas que representa cada padrão hidrológico.

## Resultados e Discussão

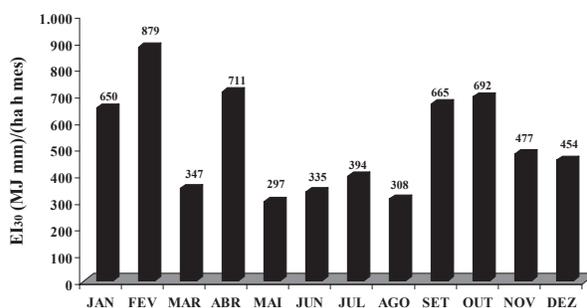
A precipitação pluvial média anual, em Hulha Negra, RS, no período de 1956 a 1984, foi de 1239 mm (Tabela 1). Desse total, a quantidade média anual das chuvas erosivas foi de 1072 mm e das chuvas não erosivas foi de 167 mm. O ano de 1959 foi o de maior pluviosidade, com o total de chuvas de 1869 mm, enquanto que o ano de menor pluviosidade foi 1964 com 807 mm de chuva. Em relação às médias mensais, o período entre os meses de junho e outubro apresentou a maior pluviosidade média, com valores médios mensais de chuva variando entre 109 e 131 mm. Por outro lado, observa-se também que os meses de novembro, dezembro, janeiro, março e maio foram os de menor pluviosidade média mensal, com valores variando entre 80 e 94 mm de chuva. A variação da pluviosidade média mensal entre 80 e 131 mm de chuva, caracteriza uma distribuição relativamente homogênea das chuvas ao longo do ano para o município de Hulha Negra, RS, com os menores índices de precipitação pluvial ocorrendo de novembro a janeiro (período de verão) e os maiores índices de junho a outubro (período de inverno e início da primavera). Na Tabela 1, constata-se que houve ocorrência de chuva em todos os 348 meses da série considerada. A amplitude de variação da pluviosidade mensal na série considerada foi de 2,8 mm (Janeiro de 1963) a 592 mm (Abril de 1959).

A erosividade média mensal das chuvas de Hulha Negra, RS, avaliada pelo índice  $EI_{30}$ , foi bastante variável, com o valor mínimo de 297 (MJ mm)/(ha h) no mês de maio e o valor máximo de 879 (MJ mm)/(ha h) no mês de fevereiro (Figura 1). A tendência geral é que os maiores valores médios mensais do índice  $EI_{30}$  se concentrem entre setembro e fevereiro, (quando as chuvas apresentam alta intensidade, mesmo que eventualmente de curta duração e baixa quantidade) e os menores valores entre os meses de março e agosto. A exceção a essa tendência é o mês de abril, com um pico notável na erosividade média mensal da chuva. Esse pico se deve a uma excepcionalidade ocorrida nesse mês em 1959, onde as chuvas atingiram o valor recorde da erosividade mensal, com 7.637 (MJ mm)/(ha h mês) (Tabela 2). Esse valor de ero-

sividade é também reflexo do valor excepcional de chuva em abril de 1959 que foi de 592,4 mm (Tabela 1). Entre meados de setembro e novembro ocorre o preparo do solo e a semeadura das principais culturas anuais de verão na região de Hulha Negra, RS. Nesse período, há um notável pico na erosividade das chuvas no mês de outubro, atingindo 692 (MJ mm)/(ha h mês) (Figura 1). Já no mês de abril ocorre o preparo do solo e semeadura da maioria das culturas anuais de ciclo de inverno nessa região. Nesse mês, há um notável pico na erosividade das chuvas, atingindo o valor médio de 712 (MJ mm)/(ha h mês) (Figura 1). Portanto, nesses períodos de alta erosividade das chuvas, deve-se aumentar o cuidado no controle da erosão hídrica evitando deixar o solo exposto e, no cultivo de culturas anuais, utilizar sistemas de manejo do solo que mantenham o solo coberto.

Mesmo que tenha ocorrido precipitação pluvial em todos os 348 meses da série estudada (Tabela 1), observa-se na Tabela 2 que em vários meses as chuvas não foram erosivas (índice  $EI_{30}$  com valor zero). Os menores valores de erosividade média mensal ocorrem nos meses de maio a agosto (Figura 1). Excetuando-se o mês de abril, esse período poderia ser estendido de março a agosto. Verifica-se que, especialmente nos meses de inverno (maio a agosto), as chuvas são de baixa erosividade, mas apresentam alta pluviosidade (Tabela 1). A razão para tal é porque, normalmente, nos meses de inverno, as chuvas são de longa duração e baixa intensidade. A concentração da erosividade das chuvas nos meses de verão, com um pico no mês de junho também foi observada nos municípios de Veranópolis e Farroupilha, RS, (CASSOL et al., 2002), bem como no município de Taquari, RS (CASSOL et al., 2004).

A erosividade anual das chuvas no período do estudo, em Hulha Negra, RS, foi bastante variável, desde o valor mínimo de 1769 (MJ mm)/(ha h ano), em 1978, até o máximo de 12779 (MJ mm)/(ha h ano), em 1984 (Figura 2). O valor médio anual na série de 29 anos (período de 1956 a 1984) foi de 6209 (MJ mm)/(ha h ano). Assim, o valor do Fator "R" da USLE para Hulha Negra, RS, é de 6209 (MJ mm)/(ha h ano). Valores menores foram obtidos por Bertol (1993) e Bertol et al. (2002) para Lages, SC, por Mar-



**Figura 1** - Erosividade média mensal das chuvas de Hulha Negra, RS, no período de 1956 a 1984, determinada pelo índice  $EI_{30}$ .

EROSIVIDADE E PADRÕES HIDROLÓGICOS DAS CHUVAS DE HULHA NEGRA,  
RIO GRANDE DO SUL, BRASIL, COM BASE NO PERÍODO DE 1956 A 1984

**Tabela 1** - Valores mensais, anuais e médios da precipitação pluvial (mm) em Hulha Negra, RS, período 1956-1984, com respectivas medidas estatísticas de dispersão.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1956	93,7*	9,1	81,0	62,3	31,2	109,3*	38,6	76,7	62,7	223,5	5,2	45,5	838,8
1957	64,7	21,2	9,8	48,5	52,1	198,8	47,7	120,7	122,1	172,3	31,7	199,4	1.089,0
1958	31,3	139,0	9,8	41,8	98,6	106,3	135,2	87,4	117,2	142,4	133,5	85,9	1.128,4
1959	141,6	80,8	126,5	592,4	126,3	109,3*	129,1*	103,9*	130,5*	233,8	9,0	85,2	1.868,5
1960	56,3	75,1	151,9	48,5	19,4	111,0	277,3	175,0	207,1	81,0	66,8	68,5	1.337,9
1961	81,0	129,0	36,6	6,8	38,5	185,5	111,3	46,4	129,9	205,9	115,7	98,7	1.185,3
1962	54,0	104,5*	80,2*	104,1*	15,2	79,7	46,9	61,1	235,5	91,9	49,1	39,4	961,6
1963	2,8	200,2	77,2	69,7	62,4	46,2	153,5	127,2	310,7	351,9	140,0	45,4	1.587,2
1964	17,1	109,6	114,6	73,1	13,5	53,7	37,2	143,9	63,8	61,7	22,5	96,6	807,3
1965	19,0	43,8	107,7	230,7	64,2	76,7	26,1	247,4	201,5	186,8	70,1	167,6	1.441,6
1966	93,7*	65,4	178,7	79,3	20,8	151,4	306,3	170,4	147,3	115,0	62,2	276,0	1.666,5
1967	124,7	106,0	18,2	63,5	180,4	139,8	162,4	274,9	221,2	129,1	66,6	52,0	1.538,8
1968	17,9	9,9	230,0	95,9	46,5	41,0	66,5	16,2	167,3	113,4	120,0	133,8	1.058,4
1969	102,4	155,6	46,6	12,5	78,6	67,1	123,7	60,3	46,2	81,2	105,6	53,0	932,8
1970	145,3	138,2	80,2*	31,1	80,3	212,1	70,5	133,4	46,6	140,5	9,0	147,0	1.234,2
1971	205,5	104,5*	80,2*	104,1*	81,3*	109,3*	129,1*	103,9*	130,5*	129,0*	83,3*	89,9*	1.350,7
1972	93,7*	104,5*	80,2*	104,1*	81,3*	109,3*	129,1*	103,9*	130,5*	129,0*	83,3*	89,9*	1.238,8
1973	93,7*	104,5*	80,2*	118,0	118,0	143,9	193,6	52,2	52,0	100,5	31,5	65,0	1.153,1
1974	148,7	96,6	28,2	71,7	94,2	82,6	115,1	169,1	154,6	47,9	102,4	62,8	1.173,9
1975	113,3	64,1	86,6	24,7	101,8	72,0	67,7	131,5	183,1	39,0	264,9	38,4	1.187,1
1976	164,5	43,5	150,8	110,5	69,8	43,8	157,5	144,6	82,4	66,5	110,2	137,1	1.281,2
1977	174,9	164,8	28,2	145,4	83,9	129,6	293,7	47,4	77,4	201,9	101,4	23,7	1.472,3
1978	100,6	51,9	53,3	43,7	73,4	107,3	173,6	25,4	57,6	100,2	76,0	32,3	895,3
1979	7,1	41,8	34,0	126,0	23,7	35,3	70,8	87,7	217,4	94,0	67,5	102,5	907,8
1980	41,4	39,2	187,0	173,8	47,8	187,1	77,2	38,8	27,6	213,4	114,2	110,9	1.258,4
1981	127,5	158,2	22,0	71,5	129,6	76,2	68,5	30,9	123,3	18,6	45,8	89,9*	962,0
1982	93,7*	104,5*	80,2*	104,1*	81,3*	109,3*	129,1*	103,9*	130,5*	129,0*	83,3*	89,9*	1.238,8
1983	108,5	384,1	29,9	39,3	128,4	77,7	249,5	50,0	102,9	73,0	146,1	45,1	1.434,5
1984	199,1	180,1	35,2	221,1	314,1	197,1	156,7	79,5	104,0	69,7	99,5	35,7	1.691,8
MÉDIA	93,7	104,5	80,2	104,1	81,3	109,3	129,1	104,0	130,5	129,0	83,3	89,9	1.238,7
D. P.	56,6	74,0	56,9	108,8	60,1	50,7	77,1	62,8	67,7	71,9	52,9	55,8	271,2
C.V.(%)	60,4	70,8	70,9	104,5	73,9	46,4	59,7	60,4	51,9	55,7	63,5	62,1	21,9
MÁX	205,5	384,1	230,0	592,4	314,1	212,1	306,3	274,9	310,7	351,9	264,9	276,0	1.868,5
MIN	2,8	9,1	9,8	6,8	13,5	35,3	26,1	16,2	27,6	18,6	5,2	23,7	807,3

D. P.: Desvio padrão. CV: Coeficiente de variação. MÁX.: Valor máximo da série. MIN.: Valor mínimo da série. \* Significa que o valor não foi determinado devido à inexistência do dado de chuva, tendo-se utilizado o valor médio do referido mês da série levantada.

ques et al. (1998) para Sete Lagoas, MG, por Albuquerque et al. (2005) para Sumé, PB e por Campos Filho et al. (1992) para Glória do Goitá, PE. Valores maiores foram determinados em Campos Novos, SC, por Bertol (1994), em Goiânia, GO, por Silva et al (1997), em Barranquinho e Flechas, MT, por Moraes et al (1991), em Santa Maria, RS, por Cogo et al (2006), em Ijuí, RS, por Cassol et al (2007), em Uruguaiana, RS, por Hickmann et al (2008) e em Quarai, RS, por Peñalva-Bazzano et al (2007). Lago (2000), estudando as chuvas erosivas de Bagé, RS, que fica na mesma região agroecológica 10B (RIO GRANDE DO SUL, 1994) de Hulha Negra, obteve, com base no período de 14 anos (1985 a 1998) valor para o Fator "R" de 6330,5 (MJ mm)/(ha h ano). Verifica-se que os valores se aproximam o que garante confiança e segurança para a aplicação do valor obtido neste trabalho, para localidades próximas, no entorno de Hulha

Negra, com características climáticas semelhantes. Dessa forma, amplia-se a possibilidade da utilização da Equação Universal de Perda de Solo no planejamento conservacionista da atividade agrícola.

Foi obtida relação linear e potencial entre o coeficiente de chuvas (Rc) e a erosividade das chuvas (expresso pelo índice  $EI_{30}$ ), dadas pelas seguintes expressões:

$$EI_{30} = 338,5 + 20,2 Rc \quad R^2 = 0,1099 \quad (5)$$

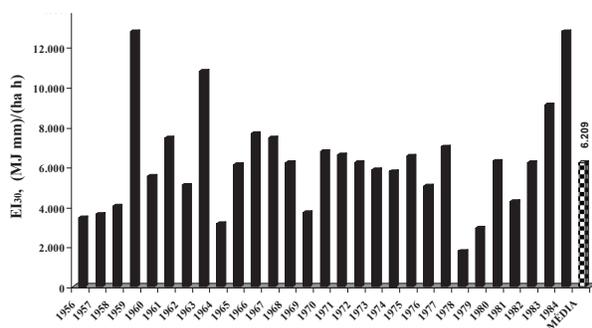
$$EI_{30} = 208,09 Rc^{0,3986} \quad R^2 = 0,1432 \quad (6)$$

onde  $EI_{30}$  é o índice de erosividade da chuva (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e  $Rc$  é o coeficiente de chuva, dado em milímetros ( $Rc = P_m^2 / P_a$ , em que  $P_m$  é a precipitação pluvial média mensal, em mm, e  $P_a$  é a precipitação pluvial média anual, em mm).

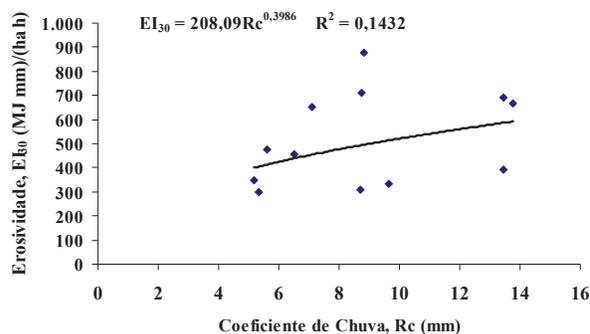
**Tabela 2** - Valores mensais, anuais e médios do índice de erosividade  $EI_{30}$  ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ ) em Hulha Negra, RS, período 1956-1984, com respectivas medidas estatísticas de dispersão.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1956	649,9*	0,0	541,6	195,2	46,0	335,0*	10,0	187,6	122,5	1.242,4	0,0	106,0	3.436,2
1957	225,9	46,9	0,0	234,6	70,5	311,5	59,1	408,0	588,4	758,3	55,3	864,0	3.622,5
1958	119,8	774,5	0,0	87,7	387,1	734,4	312,2	103,5	422,2	357,4	511,3	222,3	4.032,4
1959	1.208,4	394,2	285,6	7.636,9	419,2	335,0*	393,7*	307,9*	665,6*	819,8	0,0	309,2	12.775,5
1960	250,3	1.192,0	460,4	220,6	31,7	274,6	637,5	467,0	886,2	516,1	295,0	289,8	5.521,2
1961	478,3	687,3	96,9	0,0	144,5	725,1	510,4	35,2	434,3	2.318,0	1.469,3	527,7	7.427,0
1962	109,7	878,9*	346,7*	711,6*	48,2	74,8	56,9	43,6	2.145,1	245,9	251,6	172,4	5.085,4
1963	0,0	3.959,9	180,7	246,7	86,3	92,7	869,6	330,2	1.796,7	2.592,2	459,4	171,4	10.785,8
1964	0,0	810,4	397,9	191,5	0,0	62,2	81,2	441,7	139,7	162,5	0,0	872,0	3.159,1
1965	0,0	40,9	212,6	1.295,0	118,2	225,3	27,0	852,9	570,1	1.000,2	225,7	1.527,1	6.095,0
1966	649,9*	279,5	459,7	288,8	34,8	617,1	787,8	1.050,9	547,6	789,1	318,4	1.840,5	7.664,1
1967	886,8	355,8	10,9	819,6	1.117,6	223,2	395,4	747,6	2.171,3	477,8	133,3	108,3	7.447,6
1968	30,7	0,0	2.410,9	558,0	81,1	33,9	43,8	0,0	777,6	999,3	621,9	659,3	6.216,5
1969	1.040,1	888,3	91,1	4,1	142,1	98,0	110,7	227,2	93,4	452,7	270,4	286,1	3.704,2
1970	2.166,0	1.046,8	346,7*	110,8	207,2	843,1	265,1	288,4	259,4	480,5	0,0	742,4	6.756,4
1971	1.030,2	878,9*	346,7*	711,6*	297,0*	335,0*	393,7*	307,9*	665,6*	692,3*	476,7*	453,7*	6.589,3
1972	649,9*	878,9*	346,7*	711,6*	297,0*	335,0*	393,7*	307,9*	665,6*	692,3*	476,7*	453,7*	6.209,0
1973	649,9*	878,9*	346,7*	492,2	764,4	999,9	443,2	268,3	120,3	729,2	29,9	128,6	5.851,5
1974	1.443,0	526,6	64,3	272,6	354,4	211,2	478,0	543,4	498,6	100,8	809,6	467,2	5.769,7
1975	1.638,1	136,2	275,3	32,2	166,9	196,6	53,8	143,9	960,3	79,2	2.739,8	112,0	6.534,3
1976	1.046,8	348,2	766,3	480,9	70,7	34,7	483,9	205,8	157,5	275,4	456,6	706,3	5.033,1
1977	1.148,0	1.491,3	132,8	861,0	423,9	531,6	612,5	24,4	123,5	1.354,8	254,9	44,5	7.003,2
1978	183,1	111,4	65,7	99,3	165,2	194,9	491,2	41,3	97,3	210,0	109,7	0,0	1.769,1
1979	0,0	77,8	27,3	460,9	23,8	70,8	41,5	72,2	882,7	325,7	457,2	492,8	2.932,7
1980	447,0	61,8	1.385,7	1.929,8	181,9	614,2	230,8	35,0	23,9	423,7	513,4	438,9	6.286,1
1981	800,3	1.648,9	0,0	232,5	551,0	64,6	144,0	61,1	206,2	7,6	96,6	453,7*	4.266,5
1982	649,9*	878,9*	346,7*	711,6*	297,0*	335,0*	393,7*	307,9*	665,6*	692,3*	476,7*	453,7*	6.209,0
1983	227,2	5.138,7	32,1	273,6	272,4	207,2	1.422,5	79,5	396,9	177,8	763,6	115,0	9.106,5
1984	1.118,9	1.075,9	77,0	765,5	1.813,9	598,8	1.274,5	1.039,6	2.218,4	1.103,9	1.552,5	139,8	12.778,7
MEDIA	649,9	878,9	346,7	711,6	297,0	335,0	393,7	307,9	665,6	692,3	476,7	453,7	6.209,0
D. P.	556,4	1.125,8	489,8	1.396,6	380,6	264,4	354,7	294,1	639,3	604,4	580,3	420,6	2.634,3
C.V.(%)	85,6	128,1	141,3	196,3	128,1	78,9	90,1	95,5	96,0	87,3	121,7	92,7	42,4
MÁX	2.166,0	5.138,7	2.410,9	7.636,9	1.813,9	999,9	1.422,5	1.050,9	2.218,4	2.592,2	2.739,8	1.840,5	12.778,7
MIN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,9	10,0	0,0	23,9	7,6	0,0	0,0	1.769,1

D.P.: Desvio padrão; C.V.: Coeficiente de variação; Máx.: Valor máximo da série; Min.: Valor mínimo da série. \* Significa que o valor não foi determinado devido à inexistência do dado de chuva, tendo-se utilizado o valor médio do referido mês da série levantada.



**Figura 2** - Erosividade anual das chuvas de Hulha Negra, RS, determinada pelo índice  $EI_{30}$  no período de 1956 a 1984.



**Figura 3** - Regressão potencial entre o índice de erosividade  $EI_{30}$  médio mensal e o coeficiente de chuva ( $Rc = Pm^2/Pa$ ) de Hulha Negra, RS, no período de 1956 a 1984.

As figuras 3 e 4 mostram a distribuição dos pontos e as relações obtidas. Tanto a relação linear (equação 5), quanto a relação exponencial (equação 6) entre o índice  $EI_{30}$  e o coeficiente de chuvas (Rc) têm baixo coeficiente de determinação. Entretanto, para o valor médio anual (valor "R" da USLE), o resultado mostra uma excelente aproximação entre o valor estimado pela relação linear (equação 5) e o observado (Tabela 3). Desta forma, pode-se concluir que, para o valor do Fator "R" na região de Hulha Negra, RS, especialmente em localidades do entorno, na região agroecológica 10B (RIO GRANDE DO SUL, 1994) que disponham apenas de registros pluviométricos, o fator "R" da USLE (Equação Universal de Perdas de Solo) pode ser estimado pela relação linear obtida (Fig. 4) expressa pela equação 5. Entretanto, as equações (5) e (6) são inadequadas para se determinar a distribuição mensal do índice de erosividade (Tabela 3). Esses resultados diferem dos encontrados por Carvalho et al. (1991), que obtiveram relação potencial ( $EI_{30} = 111,173 Rc^{0,691}$ ) altamente significativa ( $r = 0,991^{**}$ ) entre o coeficiente de chuva (Rc) e o índice de erosividade  $EI_{30}$ , em Mococa, SP. Também diferem dos resultados de Rufino et al. (1993), que obtiveram relação linear para oito regiões do Estado do Paraná, com coeficiente de correlação variando de  $r = 0,84^*$  a  $r = 0,93^*$ .

O padrão hidrológico avançado ocorreu em maior número de chuvas erosivas mensais, que os padrões intermediário e atrasado, em todos os meses do ano, com exceção do mês de Julho (Figura 5a). Eltz et al. (2001) concluíram que chuvas do padrão hidrológico atrasado provocam maiores perdas de solo que os padrões intermediários e avançado, justamente porque quando ocorre o pico de maior intensidade o solo já está mais úmido. Quanto à distribuição dos padrões hidrológicos

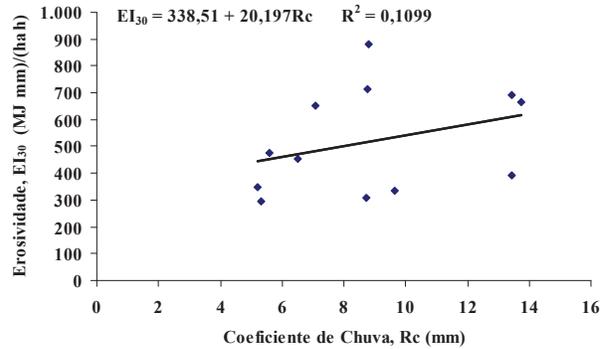


Figura 4 - Regressão linear entre o índice de erosividade  $EI_{30}$  médio mensal e o coeficiente de chuva ( $Rc = Pm^2/Pa$ ) de Hulha Negra, RS, no período de 1956 a 1984.

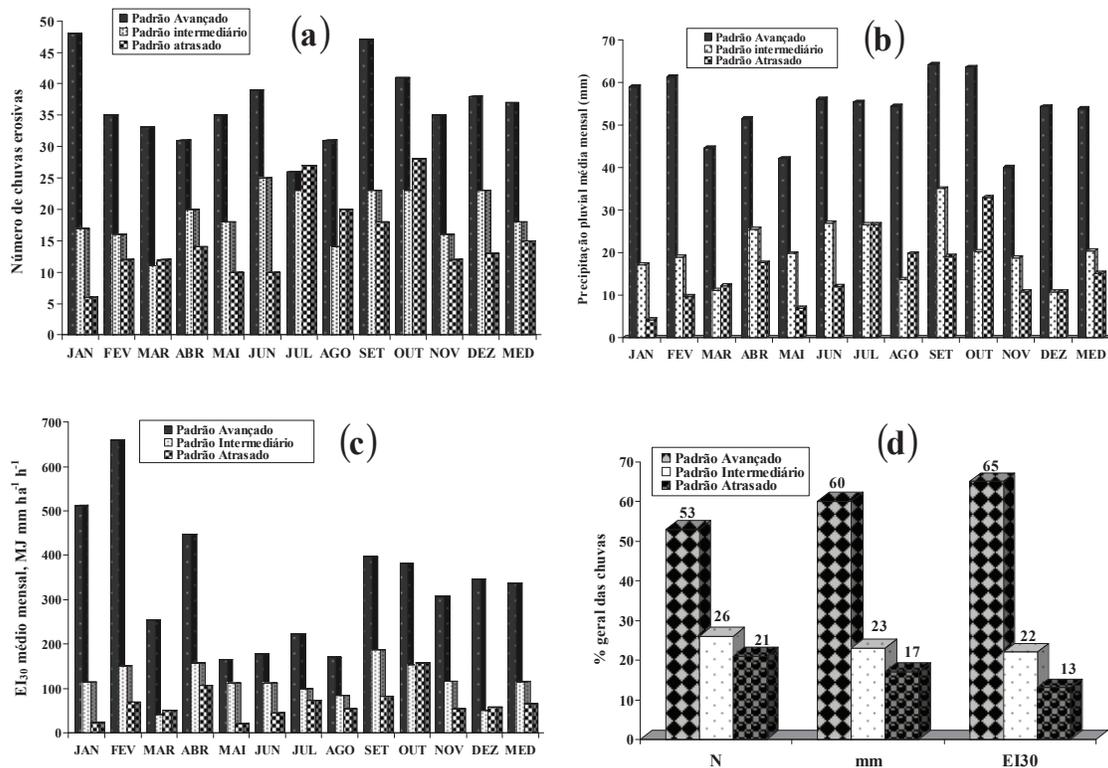


Figura 5 - Distribuição dos padrões hidrológicos das chuvas erosivas de Hulha Negra, RS, no período de 1956 a 1984, por: (a) número total mensal de chuvas; (b) precipitação pluviométrica média mensal; (c) índice de erosividade média mensal; (d) percentagem média total do número (N), da quantidade total média anual (mm) e do índice de erosividade médio anual ( $EI_{30}$ ).

**Tabela 3** - Relação linear e potencial da quantidade de precipitação pluvial (mm) com a erosividade das chuvas em Hulha Negra, RS, no período 1956-1984.

MÊS	CHUVA MÉDIA MENSAL (mm)	COEFICIENTE DE CHUVA -Rc- (mm)	EI <sub>30</sub> OBSERVADO		EI <sub>30</sub> CALCULADO			
			Absoluto ( $\frac{MJ\ mm}{ha\ h}$ )	%	EQ. (5) ( $\frac{MJ\ mm}{ha\ h}$ )	%	EQ.(6) ( $\frac{MJ\ mm}{ha\ h}$ )	%
JAN	93,7	7,09	649,9	10,5	481,7	7,8	454,2	7,7
FEV	104,5	8,82	878,9	14,2	516,6	8,3	495,5	8,4
MAR	80,2	5,19	346,7	5,6	443,4	7,1	401,2	6,8
ABR	104,1	8,75	711,6	11,5	515,2	8,3	494,0	8,4
MAI	81,3	5,34	297,0	4,8	446,3	7,2	405,6	6,9
JUN	109,3	9,64	335,0	5,4	533,3	8,6	513,5	8,7
JUL	129,1	13,45	393,7	6,3	610,3	9,8	586,4	10,0
AGO	103,9	8,71	307,9	5,0	514,5	8,3	493,2	8,4
SET	130,5	13,75	665,6	10,7	616,2	9,9	591,5	10,1
OUT	129,0	13,43	692,3	11,1	609,8	9,8	586,1	10,0
NOV	83,3	5,60	476,7	7,7	451,6	7,3	413,5	7,0
DEZ	89,9	6,52	453,7	7,3	470,3	7,6	439,5	7,5
TOT	1.238,8		6.209,0	100,0	6.209,2	100,0	5.874,2	100,0

Eq. (5):  $EI_{30} = 338,5 + 20,2 Rc$   $R^2 = 0,1099$ ;  $r = 0,3315$ Eq. (6):  $EI_{30} = 208,09 Rc^{0,3986}$   $R^2 = 0,1432$ ;  $r = 0,3784$ Rc=  $Pm^2/Pa$ , onde Pm= precipitação média mensal (mm) e Pa= precipitação média anual (mm)

em relação ao volume médio de chuvas mensais, em todos os meses a quantidade média de chuva no padrão avançado foi bastante superior a dos padrões intermediário e atrasado (Figura 5b). Em relação à distribuição média mensal da erosividade das chuvas, também o padrão avançado ocorreu em maior proporção do que os padrões intermediários e atrasado, sendo essa proporção menos acentuada nos meses de maio, junho, julho e agosto (Figura 5c). Na média anual, a distribuição, respectivamente dos padrões hidrológicos avançado, intermediário e atrasado, é de 53, 26 e 21% para o número de chuvas erosivas, 60, 23 e 17% para a quantidade média de chuvas e 65, 22 e 13% para a erosividade média anual (Figura 5d). Com a maior proporção do padrão avançado, tanto em quantidade, quanto em erosividade das chuvas, pode ser inferido que os efeitos em relação à erosão do solo serão menos intensos, já que no momento do pico de maior intensidade da chuva o solo estará menos úmido do que no caso dos outros padrões, por conseguinte com desagregação, selamento superficial e transporte de solo menores do que os outros padrões (MEHL et al, 2001). Este fato foi comprovado por Eltz et al. (2001), que observaram maiores perdas de solo por erosão em chuvas do padrão atrasado em relação aos padrões intermediário e avançado, que não diferiram entre si, o que foi explicado pela alteração da superfície e maior conteúdo de água do solo no decorrer da chuva. No volume de chuvas erosivas em Quaraí, RS, Peñalva-Bazzano et al. (2007) obtiveram 57, 25 e 18% nos padrões avançado, intermediário e atrasado, respectivamente, o que é próximo do encontrado neste trabalho, para o município de Hulha Negra, RS.

## Conclusões

1 - O fator "R" da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) para Hulha Negra, RS, é de 6209 (MJ mm)/(ha h ano). Esse valor também pode ser utilizado em locais do entorno, dentro da mesma região agroecológica.

2 - O período de setembro a fevereiro concentra 61% da erosividade anual, sendo o mais crítico em relação ao potencial erosivo das chuvas. Esse período, juntamente com o mês de Abril, perfaz 73% da erosividade total anual de Hulha Negra.

3 - O padrão hidrológico avançado é o de maior ocorrência para Hulha Negra, RS, seguido dos padrões intermediário e atrasado em relação, ao número, ao volume e a erosividade das chuvas erosivas.

4 - A distribuição média anual das chuvas erosivas em padrões avançado, intermediário e atrasado é, respectivamente, de 52, 26 e 22% para o número de chuvas, de 59, 23 e 18% para a quantidade média anual das chuvas, e, de 62, 23 e 15% para a erosividade média anual das chuvas.

## Agradecimentos

Aos observadores meteorológicos da FEPAGRO CAMPANHA - Centro de Pesquisas de Forrageiras que, com seu trabalho contínuo, incansável e anônimo possibilitaram a obtenção dos dados de chuva; a FEPAGRO por ter disponibilizado os pluviogramas da estação agrometeorológica de Hulha Negra; a FAPERGS e ao CNPq por terem disponibilizado bolsas de iniciação científica.

## Referências

- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 743-749, 1998.
- \_\_\_\_\_.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J. R.; COSTA, J. P. V.; SOUZA, J. L. Determinação de Fatores da Equação Universal de Perda de Solo em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 153-160, 2005.
- BERTOL, I. Avaliação da Erosividade da Chuva na Localidade de Campos Novos (SC) no Período de 1981-1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n. 9, p.1453-1458, 1994.
- \_\_\_\_\_. Índice de Erosividade ( $EI_{30}$ ) para Lages (SC) – 1ª aproximação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n.4, p.515-521, 1993.
- \_\_\_\_\_.; 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.2, p. 455-464, 2002.
- CABEDA, M.S.V. **Computations of Storms EI Values**. West Lafayette: Purdue University, USA, 1976. 6p. Não publicado.
- CAMPOS FILHO, O. R.; SILVA, I. de F. da; ANDRADE, A. P. de; LEPRUN, J. C. Erosividade da Chuva e Erodibilidade do Solo no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 9, p.1363-1370, 1992.
- CARVALHO, M. de P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J.; CATÃO, A. Correlação entre o Índice de Erosividade  $EI_{30}$  Médio Mensal e o Coeficiente de Chuva do Município de Mococa-SP. **Científica – Revista de Agronomia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 1-7, 1991.
- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. Erosividade da Chuva de Mococa (SP) Analisada pelo Índice  $EI_{30}$ . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 243-249, 1989.
- CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; FALLEIRO, R. M.; HERZOG, R. L. S. Erosividade das Chuvas, Determinada pelo índice  $EI_{30}$ , no Período de 1957 a 1997 em Veranópolis, RS, e no Período de 1963 a 1997 em Farroupilha, RS. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 4., 2002. **Anais...** Porto Alegre: SBCS-NRS; UFRGS, 2002. 4 p. Resumo expandido. 1 CD-ROM.
- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; LEMOS, A. M. de; LIMA, V. S.; BUENO, A. C. Erosividade, Padrões Hidrológicos, Período de Retorno e Probabilidade de Ocorrência das Chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.3, p. 1239-1251, 2008.
- \_\_\_\_\_.; MARTINS, D.; ELTZ, F. L. F.; FALLEIRO, R. M. Erosividade das Chuvas em Taquari, RS, Determinada pelo Índice  $EI_{30}$ , no Período de 1963 a 1999. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2004. **Anais...** Santa Maria: SBCS; UFSM, 2004. 4p. Resumo expandido. 1 CD-ROM.
- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; LIMA, V. S.; BUENO, A. C. Erosividade e Padrões Hidrológicos das Chuvas de Ijuí (RS), no Período de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 15, p. 220-231, 2007.
- COGO, C. M.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade das Chuvas em Santa Maria, RS, Determinada pelo Índice  $EI_{30}$ . **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 14, n. 3, p. 309-317, 2006.
- 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 de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n.3, p.809-818, 2002.
- DIAS, A. S.; SILVA, J. R. C. A Erosividade das Chuvas em Fortaleza (CE). I - Distribuição, Probabilidade de Ocorrência e Período de Retorno – 1ª Aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.2, p.335-345, 2003.
- ELLISON, W. D. Soil Detachment and Transportation. **Soil Conservation**, Washington, v. 11, n. 8, p. 179-190, 1946.
- ELTZ, F. L. F.; MEHL, H. U. ; REICHERT, J. M. Perdas de Solo e Água em Entressulcos em um Argissolo Vermelho-Amarelo Submetido a Quatro Padrões de Chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.2, p. 485-493, 2001.
- 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**, Baltimore, v.36, p. 355-359, 1981.
- GONÇALVES, F. A.; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F.; CARVALHO, D. F.; CRUZ, E. S. da. Índices e Espacialização da Erosividade das Chuvas para o Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 269-276, 2006.
- HICKMANN, C.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; COGO, C. M. Erosividade das Chuvas em Uruguaiana, RS, Determinada pelo Índice  $EI_{30}$ , com Base no Período de 1963 a 1991. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.2, p. 825-831, 2008.
- HORNER, W. W.; JENS, S. W. Surface Runoff Determination from Rainfall without Using Coefficients. **Transactions of the ASAE**, v. 107, p. 1039-1117, 1942.
- LAGO, J. C. **Erosividade das Chuvas na Metade Sul do Rio Grande do Sul**. Pelotas: UFPEL, 2000. 123 p. (Tese de Doutorado em Produção Vegetal no Programa de Pós-Graduação em Agronomia).
- LOMBARDI NETO, F. **Rainfall Erosivity – its Distribution and Relationship with Soil Loss at Campinas, Brazil**. West Lafayette: Purdue University, 1977. 53 p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).
- MARQUES, J. J. G. de S. e M.; ALVARENGA, R. C.; CURI, N.; SANTANA, D. P.; SILVA, M. L. N. Índices de Erosividade da Chuva, Perdas de Solo e Fator Erodibilidade para Dois Solos da Região dos Cerrados - Primeira Aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p.427-434, 1997.
- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. Erosividade das Chuvas da Região de Sete Lagoas, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n. 5, p.761-768, 1998.
- MEHL, H. U.; ELTZ, F. L. F.; REICHERT, J. M.; DIDONÉ, I. A. Caracterização dos Padrões de Chuva Ocorrentes em Santa Maria (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 475-483, 2001.
- MORAIS, L. F. B de; MUTTI, L. S. M.; ELTZ, F. L. F. Índices de Erosividade Correlacionados com Perdas de Solo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n.3, p. 281-284, 1988.
- MORAIS, L. F. B. de; SILVA, V. da; NASCHENVENG, T. M. da C.; HARDOIN, P. C; ALMEIDA, J. E. L. de; WEBER, O. L. dos S.; BOEL, E.; DURIGON, E. Índice  $EI_{30}$  e sua Relação com o Coeficiente de Chuva do Sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p.339-344, 1991.
- MORETI, D.; CARVALHO, M. de P. e; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. R. Importantes Características de Chuva para a Conservação do Solo e da Água no Município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 713-725, 2003.

- OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de; MEDINA, F. A. Erosividade das Chuvas em Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 2, p.235-239, 1990 .
- 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 de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1205-1217, 2007.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento; Passo Fundo: Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. 1994. 2 v.
- ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P.; PRADO, R.M. Fator Erosividade da Chuva de Piraju (SP): Distribuição, Probabilidade de Ocorrência, Período de Retorno e Correlação com o Coeficiente de Chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p.147-156, 2001.
- RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do Potencial Erosivo da Chuva do Estado do Paraná, Através de Pluviometria: Terceira Aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17 p. 439-444, 1993.
- SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L. de; BLANCANEUX, P.; CURI, N. Índices de Erosividade das Chuvas da Região de Goiânia, GO. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 10, p. 977-985, 1997.
- TOMMASELLI, J. T. G.; FREIRE, O.; CARVALHO, W. A. Erosividade da Chuva da Região Oeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7 n. 2, p. 269-276, 1999.
- WISCHMEIER, W. H. A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil-Loss Equation. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.23, p. 246-249, 1959.
- \_\_\_\_\_. Use and Misuse of the Universal Soil Loss Equation. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 31, n. 1, p.5-9, 1976.
- \_\_\_\_\_.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning**. Washington: USDA, 1978. 58 p. Agriculture Handbook, 537.