



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Erosividade da chuva no período de 1973 a 2013 no município de Barbalha – CE

Rigoberto Moreira de Matos¹, Patrícia Ferreira da Silva², Raimundo Mainar de Medeiros³, Luciano Marcelo Fallé Saboya⁴, Vitória Ediclecia Borges⁵, Thiago Galvão Sobrinho⁶

¹Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande-PB, Autor correspondente: E-mail: rigobertomoreira@gmail.com; ²Doutora em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande-PB, E-mail para correspondência: patrycyafs@yahoo.com.br; ³Doutor em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande-PB, E-mail: mainarmedeiros@gmail.com; ⁴Dr. Prof. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande-PB, E-mail: lsaboya@hotmail.com; ⁵Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande-PB, E-mail: edicleciaborges@gmail.com; ⁶Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande-PB, E-mail: tgs_galvao@hotmail.com;

Artigo recebido em 16/02/2017 e aceite em 06/04/2017

RESUMO

Objetivou-se determinar a taxa de erosividade da chuva (R) por EI₃₀, visando o planejamento e tomada de decisão no setor agrícola. Foram utilizados dados históricos de precipitação período de 1973-2013, para o município de Barbalha - CE adquiridos da estação meteorológica convencional pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O município de Barbalha – CE enquadra-se como de erosividade Forte com fator erosividade (R) de 7.849,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, necessitando de planejamento das atividades agrícolas para que se obtenha maior rentabilidade dos cultivos. Os maiores índices de erosividade foram obtidos nos meses de Janeiro (6.877,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) e Abril (7.394,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) coincidindo com os meses mais chuvosos (593,8 e 533,8 mm, respectivamente). A correlação do índice de erosividade EI₃₀ com o coeficiente de chuva (Rc) foi alta, assim as equações obtidas podem ser utilizadas para estimar o fator R da equação universal de perda de solo.

Palavras-chave: Erosão, Índice EI₃₀, Fator R.

Rainfall erosivity in period from 1973 to 2013 in the Barbalha - CE municipality

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the rain rate erosivity (R) for EI₃₀, aiming at planning and decision making in agriculture. We used historical rainfall data 1973-2013, for the municipality of Barbalha - CE obtained from conventional weather station belonging to the National Institute of Meteorology (INMET). The county of Barbalha presents strong erosivity with erosivity factor (R) 7849.0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, requiring planning of agricultural activities in order to obtain higher profitability of crops. The highest rates of erosivity were obtained in January (6877.6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) and April (7394.6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) matching with the rainy months, 593.8 and 533.8 mm, respectively. The correlation between the erosivity index EI₃₀ with the rainfall coefficient (Rc) was high, so the equations obtained can be used to estimate the R factor Universal equation of soil loss.

Keywords: Erosion, EI₃₀ index, Factor R.

Introdução

A erosão hídrica consiste em um dos grandes problemas causados aos solos agrícolas, em decorrência do potencial das chuvas em causar erosão. Um dos grandes impactos ambientais

acarretados pela erosividade são o assoreamento e poluição dos corpos hídricos (Cassol et al., 2008).

O conhecimento do potencial erosivo das chuvas de uma região permite o planejamento de estruturas de conservação do solo e práticas

agrícolas, que auxiliem a conservação do solo através da manutenção de sua cobertura (Peñalva-Bazzano et al., 2010). As perdas de solo por erosão podem ser estimadas com a utilização de modelos de predição, sendo a Equação Universal de Perdas de Solo um dos modelos mais utilizados no mundo (Wischmeier e Smith, 1978).

De acordo com Wischmeier et al. (1971) esta equação é considerada um bom instrumento na previsão das perdas de solo, exigindo um número de informações relativamente pequeno quando comparado aos modelos mais complexos, é bastante conhecida e estudada no Brasil. No entanto, para sua utilização, é necessário o levantamento de vários fatores, dentre eles a Erosividade das Chuvas (R) que permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de um determinado local.

O fator R da equação universal de perdas de solo representa o potencial erosivo das chuvas de uma região, tomado como base períodos de 20 a 30 anos de dados pluviográficos. Para cada chuva é determinado o índice de erosividade EI_{30} , que representa o produto da energia cinética total da chuva (E , MJ ha⁻¹) pela intensidade máxima em 30 min (EI_{30} , mm h⁻¹), com base em um período de 30 min contínuos de chuva (Cassol et al., 2008). Este índice tem fundamentado diversos trabalhos sobre

erosividade podendo-se destacar Carvalho et al. (2009); Peñalva-Bazzano et al. (2010) e Santos e Montenegro (2012).

Para Cassol et al. (2008), outro fator importante a ser estudado são as relações da erosividade com a quantidade de chuvas de um determinado local. Muitos pesquisadores têm relacionado o coeficiente de chuva (R_c) com a erosividade das chuvas e observaram correlações potencias significativas entre o R_c e EI_{30} .

Neste contexto, as ações antropogênicas contribuem diretamente para o avanço da erosão, com a retirada da cobertura vegetal o solo perde sua consistência, pois a água, que antes era interceptada e utilizada pela vegetação, passa a infiltrar no solo. Esta infiltração pode causar a instabilidade do solo e a erosão. O processo erosivo e sua intensidade dependem principalmente das condições climáticas da região, fatores relacionados à topografia, cobertura do solo e às propriedades do mesmo (Santos E Montenegro, 2012).

Dada à relevância da temática, objetivou-se determinar o fator de erosividade (R) através do índice de erosividade EI_{30} , com base em 40 anos de dados (período de chuvas de 1973 a 2013) no município de Barbalha - CE, visando o planejamento e a tomada de decisão do setor agrícola.

Material e Métodos

O município de Barbalha (7° 19' 18" S e 39° 18' 07" W) com uma área de 479.184 km² (0,34% do estado), está inserido na mesorregião Sul Cearense, na microrregião do Cariri, limitando-se com os municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Missão Velha. Conta com uma população de 55.373 habitantes (IBGE, 2010) e densidade demográfica de 115,56 habitantes por km² (IPECE, 2009).

A área de estudo apresenta um clima semiárido megatérmico, com chuvas mal distribuídas, onde apenas os meses de janeiro, fevereiro, março e abril ultrapassam a média mensal de 163,4 mm; com uma temperatura média anual de 25,6 °C, temperatura máxima 32,0 °C, temperatura mínima 20,8 °C e umidade relativa do ar média anual de 66,0% (Matos et al., 2014).

Barbalha possui dois tipos principais de solo, latossolo e sedimentar. Os tipos de solos secundários são: solos aluviais, podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico, solo Litólico, solos indiscriminados de mangues, terra roxa estrutura

similar e o latossolo vermelho amarelo (Araújo et al., 2013).

Os valores históricos pluviométricos de 40 anos foram adquiridos da estação meteorológica convencional pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e foram realizados preenchimento de falhas. Os dados utilizados compreendem as séries dos anos de 1973 a 2013, onde se calculou a média mensal para cada ano e com os valores encontrados determinando-se os valores médios de precipitação mensal no período de 40 anos.

Para determinar o fator erosividade foi utilizada a equação proposta por (Wischmeier et al., 1971; Wischmeier E Smith, 1958, 1978), Equação 1.

$$EI_{30} = 67,355 \left(\frac{r^2}{P} \right) e^{0,85} \quad (1)$$

Em que:

EI_{30} - média mensal do índice de erosividade das chuvas ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$);
 r - precipitação média mensal (mm);
 p - precipitação média anual (mm).

O fator erosividade das chuvas (R), que permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo (Menezes et al., 2011), foi determinado a partir da Equação 2.

$$R = \sum_{i=1}^{12} EI_{30} \quad (2)$$

Em que:

R - fator erosividade das chuvas ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$);

EI_{30} - média mensal do índice de erosividade das chuvas ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$).

Utilizando-se os registros pluviográficos obtidos na série de dados levantados em Barbalha - CE, foram estabelecidas relações lineares entre a erosividade das chuvas dada pelo índice EI_{30} , e o coeficiente de chuvas R_c , Equação 3.

$$R_c = \frac{P_m^2}{P_a} \quad (3)$$

Em que:

R_c - coeficiente de chuvas (mm);

P_m - precipitação pluvial média mensal (mm);

P_a - precipitação pluvial média anual (mm).

Os dados foram processados com auxílio do Excel através de planilhas de cálculo. A estimativa da erosividade da chuva (EI_{30}) foi obtida pela soma dos valores individuais e os dados mensais e anuais, conforme (Wischmeier e Smith, 1978), de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (Foster et al., 1981). Assim a média dos valores anuais corresponde ao fator R da equação Universal de Perda de Solo, expresso em $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ obteve-se conforme metodologia proposta por (Wischmeier, 1959).

A classificação da erosividade das chuvas média mensal e anual foi realizada conforme metodologia de Carvalho (2008), com base nas classes para análise dos resultados de (R) de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Classe para interpretação do índice de erosividade anual, Barbalha – CE.

Erosividade ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$)	Classes de erosividade
$R < 2452$	Fraca
$2452 < R < 4905$	Moderada
$4905 < R < 7357$	Moderada a forte
$7357 < R < 9810$	Forte
$R > 9810$	Muito forte

Fonte: Carvalho (2008).

Resultados e Discussão

No período de 1973 a 2013, a precipitação pluvial média anual, em Barbalha - CE, foi de 1.061,9 mm (Tabela 2). O ano de 1985 foi o de maior pluviosidade, com o total de chuvas de 1.976,2 mm, enquanto o ano de menor pluviosidade foi 1982 com 522,9 mm de chuva. Em relação às médias mensais, os meses de janeiro, fevereiro, março e abril possuem a maior pluviosidade média, respectivamente com

181, 203, 234 e 185 mm de chuva. Nota-se, ainda, que os meses de agosto e setembro foram os de menor pluviosidade média mensal, com 3,9 e 7,2 mm de chuva, respectivamente.

Nos meses de janeiro a abril ocorreram os maiores índices pluviométricos (90% das precipitações), os menores índices estão centrados nos meses de junho a outubro (10% das

precipitações) o mês de março representa 22% das chuvas ocorridas. A variação da pluviosidade média mensal entre 7,2 e 234,0 mm de chuva caracteriza o município de Barbalha - CE, como de uma distribuição heterogênea das chuvas ao longo do ano, mas com índices de precipitação pluvial mais baixos nos meses referentes ao período seco (Tabela 2). Para

Santos e Montenegro (2012) e Santos et al. (2010) a heterogeneidade temporal da distribuição da precipitação, caracteriza-se pela má distribuição no tempo e no espaço, evidenciando períodos longos de estiagem.

Tabela 2. Valores mensais, anuais e médios mensais da precipitação pluvial (mm) em Barbalha - CE no período de 1973 a 2013, com as respectivas medidas estatísticas de dispersão.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1973	66,6	97,9	231,3	377,3	48,0	100,9	73,5	47,2	3,8	31,3	4,3	131,6	1213,7
1974	236,9	392,9	459,1	196,6	20,2	1,5	6,3	0,0	1,4	39,0	27,4	57,1	1438,4
1975	291,7	177,6	316,9	165,5	31,2	45,5	24,9	0,1	4,0	15,3	34,3	65,5	1172,5
1976	79,9	422,5	131,5	98,1	12,3	0,9	1,2	4,9	39,8	63,9	139,8	65,8	1060,6
1977	152,3	135,5	287,2	173,0	42,1	19,9	40,2	0,3	20,4	39,6	15,0	36,3	961,8
1978	179,4	322,1	183,9	250,2	168,0	4,5	27,8	0,2	35,2	5,1	37,3	42,2	1255,9
1979	294,2	141,5	239,9	165,2	39,9	0,3	1,6	13,1	5,8	5,9	107,4	41,0	1055,8
1980	212,5	266,9	163,8	20,3	0,5	5,4	0,0	0,0	5,3	4,2	106,8	102,1	887,8
1981	91,9	48,7	298,7	61,2	1,9	5,8	0,3	2,1	0,0	3,3	1,2	39,7	554,8
1982	81,2	45,3	116,8	152,3	15,6	8,2	1,1	0,0	0,1	9,7	57,0	35,6	522,9
1983	98,6	376,3	127,6	43,7	13,1	9,2	5,5	2,2	0,6	0,9	0,0	74,7	752,4
1984	118,8	145,3	139,0	533,8	32,4	4,7	0,0	1,0	2,1	44,1	13,6	97,9	1132,7
1985	324,6	371,9	256,8	470,4	131,4	60,9	8,1	3,9	2,6	7,3	4,4	333,9	1976,2
1986	183,2	212,4	279,2	251,8	38,3	12,7	36,0	11,0	2,0	12,6	79,0	21,0	1139,2
1987	100,8	126,8	344,0	171,6	19,5	35,6	43,8	0,0	13,2	0,0	16,3	4,2	875,8
1988	217,1	238,7	193,6	355,6	15,1	15,0	1,4	0,0	2,0	77,6	55,0	150,1	1321,2
1989	307,1	90,5	361,8	282,7	101,9	15,6	0,0	1,1	0,0	50,3	77,6	278,7	1567,3
1990	65,1	60,7	121,6	206,1	169,1	3,3	2,9	9,6	31,9	43,6	54,9	22,5	791,3
1991	145,3	146,2	354,7	198,4	45,3	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	24,4	0,0	926,0
1992	187,9	274,3	290,9	97,6	3,4	5,1	12,9	0,0	49,0	0,0	11,1	40,8	973,0
1993	90,0	284,6	117,2	99,0	25,4	0,0	22,0	5,4	5,2	33,2	55,7	6,2	743,9
1994	155,4	163,4	140,8	266,7	60,4	110,6	2,9	0,0	5,8	17,5	51,1	88,7	1063,3
1995	159,1	209,6	32,3	186,1	104,5	10,1	33,2	3,6	0,0	13,2	23,4	25,9	801,0
1996	322,3	325,8	183,4	179,4	61,5	22,0	1,5	7,0	18,0	64,7	182,8	63,6	1432,0
1997	110,6	153,0	345,7	85,7	40,9	19,7	27,7	0,2	0,0	42,4	12,8	50,3	889,0
1998	221,8	139,9	80,4	150,2	0,0	1,1	0,0	1,6	0,0	2,0	30,6	132,0	759,6
1999	294,3	94,5	330,4	112,8	112,8	2,7	3,6	0,0	1,6	15,3	24,5	78,6	1071,1
2000	158,7	236,4	85,3	265,9	37,9	10,8	3,6	14,9	19,8	23,7	39,6	87,9	984,5
2001	70,5	156,3	266,6	43,8	40,1	1,8	28,0	0,0	9,8	32,2	17,0	200,4	866,5
2002	280,1	86,0	134,6	107,8	9,9	1,0	238,9	0,6	11,2	1,4	69,0	15,2	955,7
2003	248,4	141,8	286,3	104,2	50,3	2,8	7,1	3,4	0,0	0,3	37,3	100,8	982,7
2004	513,3	461,9	213,1	105,2	139,7	7,3	4,6	6,9	0,0	0,0	32,6	6,6	1491,2
2005	146,7	98,3	420,4	79,7	62,1	18,0	1,7	2,4	0,0	0,4	0,0	194,0	1023,7

2006	41,7	252,3	247,7	226,7	23,0	7,7	7,5	0,0	0,0	14,3	20,5	59,2	900,6
2007	83,9	372,4	98,1	165,0	57,9	1,9	0,0	0,2	0,5	0,1	25,7	105,3	911,0
2008	232,7	301,3	593,8	133,5	109,3	1,6	10,2	8,3	2,7	0,0	0,3	132,7	1526,4
2009	60,4	96,7	154,9	394,2	267,9	1,4	52,9	0,1	0,6	20,6	45,0	134,3	1229,0
2010	232,1	111,5	177,6	299,8	19,3	40,6	8,0	0,0	0,0	25,5	10,0	183,6	1108,0
2011	367,6	295,2	262,8	84,0	78,8	3,4	6,3	10,2	0,0	204,3	73,5	77,8	1463,9
2012	38,6	147,4	221,9	53,0	5,8	18,1	0,0	0,0	0,0	6,1	25,6	59,7	576,2
2013	168,3	119,4	319,1	170,0	112,4	157,3	10,1	0,0	0,0	18,4	48,3	55,1	1178,4
Média	181,3	203,5	234,4	185,0	57,8	19,7	18,5	3,9	7,2	24,1	41,3	85,3	1061,9
DP	104,0	111,9	114,8	116,7	56,9	32,9	39,2	8,0	12,1	35,4	39,1	72,4	299,3
CV (%)	57,4	55,0	49,0	63,1	98,5	167,3	212,2	203,9	168,3	146,7	94,6	84,8	28,2
Máx	513,3	461,9	593,8	533,8	267,9	157,3	238,9	47,2	49,0	204,3	182,8	333,9	1976,2
Mín	38,6	45,3	32,3	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	522,9

DP: desvio-padrão; CV: coeficiente de variação; Máx: valor máximo da série; e Mín: valor mínimo da série.

Estes resultados estão condizentes com os relatados por Santos et al. (2010); Santos e Montenegro (2012) e Medeiros et al. (2015) ao estudarem a caracterização climática e diagnóstico da aptidão agroclimática de culturas para Barbalha – CE e a erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central Pernambucano.

A erosividade anual das chuvas no período do estudo variou de 4.082,2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ em 1982

a 12.315,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ no ano de 2004 (Figura 1). Para Santos e Montenegro (2012) a grande variabilidade espacial da erosividade média anual no Brasil é considerado natural, decorrente da variabilidade climática entre as diversas regiões do País, indicando grande variação no risco de erosão hídrica.

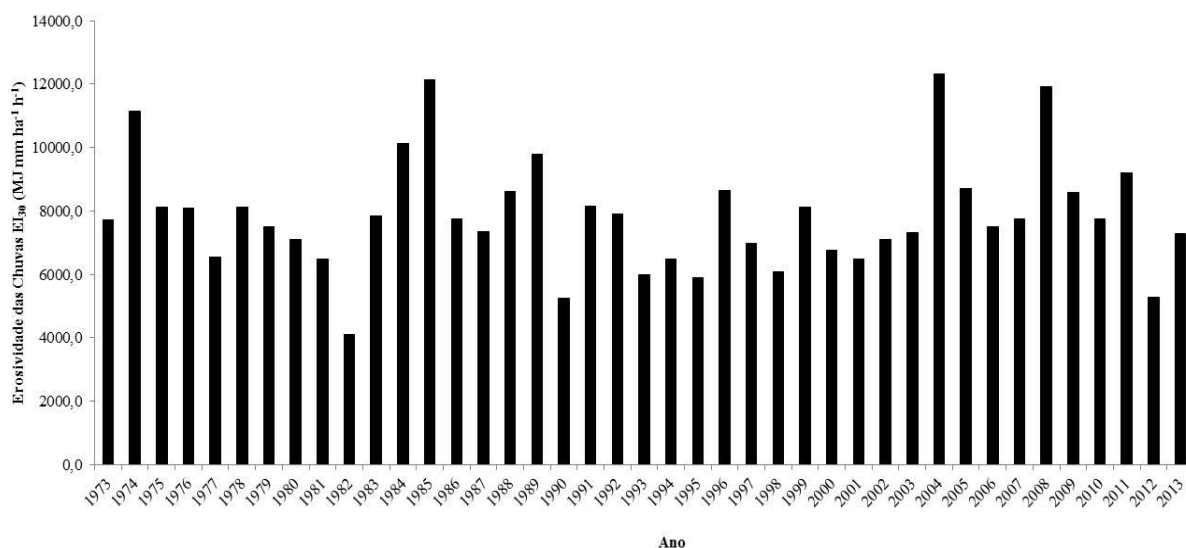


Figura 1. Erosividade anual das chuvas de Barbalha - CE, determinada pelo índice EI₃₀, no período de 1973 a 2013.

Mazurana et al. (2009) encontraram valores anuais extremos variando de 3.295 (em 1978) a 19.343 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ (em 1997) para o

município de Santa Rosa - RS, estes resultados estão bem próximos aos observados no presente

estudo, mesmo sendo em uma região com regime pluviométrico e em anos diferentes.

A erosividade média mensal das chuvas de Barbalha - CE, variou de 4,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, no mês de agosto, a 2.181,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, no mês de março (Tabela 3). Observou-se que os maiores valores de EI₃₀ concentraram-se nos meses de janeiro a abril e os menores nos meses

de agosto a setembro. Os altos valores de erosividade nos meses de janeiro a abril refletem os valores excepcionais de chuva em março de 2008, que atingiu 593,8 mm, e em abril de 1984, que atingiu 533,8 mm (Tabela 2), propiciando valores de erosividade de 6.877,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ e de 7.394,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, respectivamente, (Tabela 3).

Tabela 3. Valores mensais, anuais e médios do índice de erosividade EI₃₀ (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) em Barbalha - CE no período de 1973 a 2013, com as respectivas medidas estatísticas de dispersão.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1973	202,7	390,1	1682,6	3865,8	116,1	410,7	239,6	112,9	1,6	56,1	1,9	645,1	7725,2
1974	1516,8	3584,7	4671,0	1104,8	23,1	0,3	3,2	0,0	0,2	70,6	38,8	135,0	11148,5
1975	2570,5	1105,8	2959,3	980,8	57,5	109,2	39,2	0,0	1,8	17,1	67,5	202,9	8111,6
1976	309,7	5254,8	722,5	439,0	12,9	0,2	0,2	2,7	94,7	211,8	801,7	222,7	8072,9
1977	1007,7	826,1	2962,5	1251,5	113,2	31,7	104,7	0,0	33,0	102,1	19,6	88,0	6540,2
1978	1061,1	2869,7	1106,7	1867,9	949,0	2,0	44,6	0,0	66,6	2,5	73,5	90,6	8134,3
1979	2851,1	821,5	2015,5	1068,9	95,5	0,0	0,4	14,4	3,6	3,7	514,1	100,0	7488,7
1980	1900,3	2799,6	1220,8	35,1	0,1	3,7	0,0	0,0	3,6	2,4	590,0	546,6	7102,0
1981	681,5	231,6	5055,4	341,5	0,9	6,2	0,0	1,1	0,0	2,4	0,4	163,6	6484,6
1982	580,7	215,3	1077,4	1691,6	35,2	11,8	0,4	0,0	0,0	15,7	318,2	142,9	4089,2
1983	592,9	5778,3	919,0	148,7	19,2	10,5	4,4	0,9	0,1	0,2	0,0	369,9	7844,0
1984	574,9	809,5	750,8	7394,6	63,1	2,4	0,0	0,2	0,6	106,6	14,4	413,7	10130,8
1985	1977,9	2492,5	1328,1	3716,3	425,1	115,0	3,7	1,1	0,5	3,1	1,3	2075,2	12139,9
1986	1194,6	1536,1	2445,2	2051,4	83,5	12,8	75,2	10,0	0,6	12,6	285,9	30,1	7738,0
1987	541,0	799,2	4359,9	1336,6	33,1	92,2	131,2	0,0	17,1	0,0	24,4	2,4	7337,1
1988	1405,6	1651,6	1156,9	3252,2	15,1	15,0	0,3	0,0	0,5	244,5	136,2	750,6	8628,4
1989	2192,1	274,7	2896,6	1904,3	336,0	13,8	0,0	0,2	0,0	101,2	211,5	1858,8	9789,2
1990	280,5	249,0	811,3	1989,4	1421,1	1,8	1,4	10,8	83,4	141,9	209,9	46,1	5246,5
1991	960,7	970,9	4380,4	1631,4	132,5	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	46,3	0,0	8135,5
1992	1426,1	2713,1	2998,0	468,3	1,6	3,1	15,0	0,0	145,1	0,0	11,6	106,3	7888,3
1993	512,6	3629,0	803,1	602,8	59,7	0,0	46,7	4,3	4,0	94,1	226,7	5,4	5988,4
1994	957,6	1042,9	809,7	2398,6	192,1	537,2	1,1	0,0	3,6	23,4	144,6	369,1	6479,7
1995	1268,0	2026,0	84,3	1655,2	620,6	11,7	88,4	2,0	0,0	18,4	48,7	57,9	5881,3
1996	2569,6	2617,2	985,4	949,1	153,8	26,8	0,3	3,8	19,0	167,6	979,9	162,8	8635,3
1997	625,4	1085,9	4341,0	405,4	115,3	33,3	59,4	0,0	0,0	122,6	16,0	163,9	6968,2
1998	2333,5	1066,0	415,7	1202,9	0,0	0,3	0,0	0,5	0,0	0,8	80,5	965,7	6065,9
1999	2818,1	408,6	3430,7	552,0	552,0	1,0	1,6	0,0	0,4	18,5	41,2	298,7	8122,7
2000	1059,5	2086,1	368,8	2547,8	92,9	11,0	1,7	19,0	30,8	41,8	100,1	388,1	6747,4
2001	297,3	1150,8	2852,5	132,4	113,9	0,6	61,9	0,0	10,4	78,5	26,5	1755,9	6480,5
2002	2854,5	383,5	821,2	563,1	9,7	0,2	2178,0	0,1	12,0	0,3	263,7	20,1	7106,5
2003	2272,8	876,3	2893,4	519,0	150,5	1,1	5,4	1,5	0,0	0,0	90,5	490,6	7301,2
2004	5476,4	4577,2	1228,7	370,1	599,4	4,0	1,8	3,6	0,0	0,0	50,5	3,3	12315,0
2005	896,7	454,0	5369,7	317,8	208,0	25,3	0,5	0,8	0,0	0,0	0,0	1442,1	8714,9
2006	117,8	2513,5	2436,1	2095,5	42,9	6,7	6,4	0,0	0,0	19,1	35,2	213,8	7486,9

2007	383,0	4825,0	499,6	1209,2	203,9	0,6	0,0	0,0	0,1	0,0	51,2	563,5	7736,1
2008	1399,0	2170,5	6877,6	544,0	387,2	0,3	6,9	4,8	0,7	0,0	0,0	538,4	11929,4
2009	169,8	378,0	842,1	4120,7	2137,0	0,3	135,6	0,0	0,1	27,3	103,0	660,7	8574,4
2010	1828,8	525,9	1160,3	2825,7	26,7	94,4	6,0	0,0	0,0	42,8	8,7	1227,7	7746,9
2011	3153,7	2172,1	1782,6	256,4	230,0	1,1	3,1	7,1	0,0	1161,8	204,3	225,1	9197,5
2012	151,0	1473,4	2953,6	258,9	6,0	41,7	0,0	0,0	0,0	6,6	75,1	317,0	5283,4
2013	1004,9	560,6	2981,6	1022,2	505,9	895,8	8,4	0,0	0,0	23,3	120,4	150,6	7273,7
Média	1365,3	1741,4	2181,9	1490,0	252,2	62,2	79,9	4,9	13,0	71,7	147,2	439,3	7849,0
DP	1099,9	1473,4	1618,6	1434,6	417,1	169,6	339,6	17,8	30,6	185,0	217,0	528,5	1797,0
CV (%)	80,6	84,6	74,2	96,3	165,4	272,8	424,9	361,3	235,0	257,9	147,4	120,3	22,9
Máx	5476,4	5778,3	6877,6	7394,6	2137,0	895,8	2178,0	112,9	145,1	1161,8	979,9	2075,2	12315,0
Mín	117,8	215,3	84,3	35,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4089,2

DP: desvio-padrão; CV: coeficiente de variação; Máx: valor máximo da série; e Mín: valor mínimo da série.

Verifica-se, ainda, que a erosividade média anual para a região de Barbalha é de 7.849,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, valor que representa o fator “R” da equação universal de perda de solo, podendo ser utilizado para a região estudada (Tabela 3). Este valor de 7.849,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ é considerado como erosividade Forte, de acordo com a classificação proposta por Carvalho (2008), (Tabela 1). Este valor do fator “R” da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), pode ser utilizado com segurança para localidades próximas, no entorno de Barbalha, com características climáticas semelhantes, ampliando as possibilidade de utilização deste fator no planejamento conservacionista da atividade agrícola (Wischmeier, 1959).

Silva et al. (2010), ao estudar o índice de erosividade (EI₃₀) das chuvas para a bacia experimental do riacho Mimoso, no semiárido pernambucano, encontraram erosividade referente ao ano de 2010 de 10.152,31 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, concordando com os dados obtidos neste estudo. Já Santos e Montenegro (2012), em seu estudo erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano, obtiveram resultados diferentes deste estudo. Os autores concluíram que o fator erosividade (R) obtiveram 2.779,79 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, caracterizando o agreste de Pernambuco como de erosividade média.

(A)

Registrou-se coeficiente de chuva Rc médio mensal para o período de 1973 a 2013 (Figura 2A). Verifica-se que as maiores médias de coeficiente de chuva foram observadas nos meses de janeiro a abril e as menores médias nos meses de agosto e setembro, respectivamente. Peñalva Bazzano et al. (2007), também observaram nos meses de janeiro a maio os maiores coeficientes de chuvas para o município de Quaraí - RS, no período 1966-2003.

Registrou-se distribuição dos pontos obtidos da relação linear entre o índice EI₃₀ e o coeficiente de chuvas Rc (Figura 2B). As análises de correlação de Pearson mostraram alta correlação do índice de erosividade EI₃₀ com o coeficiente de chuvas média mensal ($r = 0,998$; significativo a 0,01% e $r^2 = 0,997$). Este resultado indica que essas relações podem ser utilizadas para determinar a erosividade média anual das chuvas, pelo índice EI₃₀, em locais com características climáticas semelhantes e sem dados pluviográficos disponíveis.

Ao contrário do presente estudo, existem trabalhos em que essa relação não foi significativa (Mazurana et al., (2009) para Santa Rosa - RS; Martins et al., (2009) para Hulha Negra RS; Cassol et al., (2007) para Ijuí - RS e de Bertol, (1993) para Campos Novos - SC), pois tanto a relação linear quanto a potencial apresentaram baixo coeficiente de determinação entre o índice EI₃₀ e o coeficiente de chuvas (Rc).

(B)

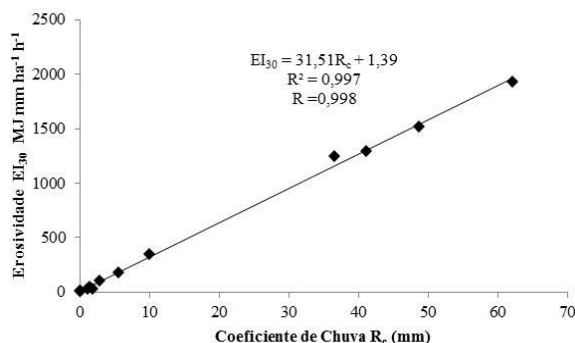
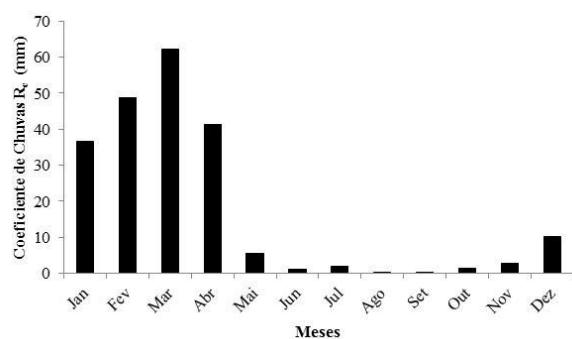


Figura 2. Coeficiente de chuvas Rc (mm) médio mensal no período de 1973 a 2013 (A) e curva de ajuste linear entre o índice de erosividade EI₃₀ (mensal) e o coeficiente de chuva (Rc= Pm²/Pa) (média mensal) para Barbalha – CE, com base nos valores médios mensais de chuva do período entre 1973 a 2013 (B).

Conclusões

O município de Barbalha – CE enquadra-se como de erosividade Forte com fator erosividade (R) de 7.849,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, necessitando de planejamento das atividades agrícolas para que se obtenha maior rentabilidade dos cultivos.

Os maiores índices de erosividade encontrados foram nos meses de janeiro (6.877,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) e abril (7.394,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), coincidindo com os meses mais chuvosos 593,8 e

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de

533,8 mm, respectivamente, e os meses de agosto e setembro apresentaram os menores índices de erosividade (4,9 e 13,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), respectivamente, sendo estes os meses de menores precipitações (3,9 e 7,2 mm).

Obteve-se alta correlação do índice de erosividade EI₃₀ com o coeficiente de chuva Rc, podendo-se utilizar as equações obtidas para estimar o fator R da equação universal de perda de solo.

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de mestrado e doutorado aos autores.

Referências

- Araújo, A.O.; Mendonça, L.A.R.; Lima, M.G.S.L.; Feitosa, J.V.; Silva, F.J.A.; Ness, R.L.L.; Frischkorn, H.; Simplicio, A.A.F.; Kerntopf, M.R. 2013. Modificações nas propriedades dos solos de uma área de manejo florestal na Chapada do Araripe. *Revista Brasileira de Ciência Solo* 37, 754-762.
- Bertol, I. 1993. Índice de erosividade (EI₃₀) para Lages (SC) - 1ª aproximação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 28, 515-521.
- Carvalho, D.F.; Cruz, E.S.; Marinaldo, F.P.; Silva, L.D.B.; Guerra, J.G.M. 2009. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13, 3-9.
- Carvalho, N.O. 2008. *Hidrossedimentologia prática*, 2. ed. Interciência, Rio de Janeiro.
- Cassol, E.A.; Eltz, F.L.F.; Martins, D.; Lemos, A.M.; Lima, V.S.; Bueno, A.C. 2008. Erosividade, padrões hidrológicos, período de

- retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32, 1239-1251.
- Cassol, E.S.; Martins, D.; Eltz, F.L.F.; Lima, V.S.; Buenos, A.C. 2007. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 15, 220-231.
- Foster, G.R.; McCool, D.K.; Renard, K.G.; Moldenhauer, W.C. 1981. Conversion of the Universal Soil Loss Equation to SI metric units. *Journal of Soil and Water Conservation* 36, 355-359.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso: 25 Mar. 2016.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, 2009. Perfil básico municipal da cidade de Barbalha. Disponível: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm2009/Barbalha_Br_office.pdf. Acesso: 26 Mar. 2014.
- Martins, D.; Cassol, E.A.; Eltz, F.L.F.; Bueno, A.C. 2009. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Brasil, com base no período de 1956 a 1984. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha* 15, 29-38.
- Matos, R.M.; Silva, J.A.S.; Medeiros, R.M. 2014. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* 8, 422-431.
- Mazurana, J.; Cassol, E.A.; Santos, L.C.; Eltz, F.L.F.; Bueno, A.C. 2009. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13, 975-983.
- Medeiros, R.M.; Matos, R.M.; Silva, P.F.; Silva, J.A.S.; Francisco, P.R.M. 2015. Caracterização climática e diagnóstico da aptidão agroclimática de culturas para Barbalha-CE. *Revista enciclopédia biosfera* 11, 461-476.
- Menezes, M.D.; Leite, F.P. 2011. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34, 1029-1039.
- Peñalva-Bazzano, M.G.; Eltz, F.L.F.; Cassol, E.A. 2007. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31, 1205-1217.
- Peñalva-Bazzano, M.G.; Eltz, F.L.F.; Cassol, E.A. 2010. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34, 235-244.
- Santos, T.E.M.; Montenegro, A.A.A. 2012. Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16, 871-880.
- Santos, T.E.M.; Silva, D.D.; Montenegro, A.A.A. 2010. Temporal variability of soil water content under different surface conditions in the semiarid region of the Pernambuco State. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34, 1733-1741.
- 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. 2010. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva na bacia experimental do riacho Mimoso, no semiárido pernambucano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34, 1029-1039.
- Wischmeier, W.H.; Johnson, C.B.; Cross, B.V. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation* 26, 189-193.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning, No. 537. USDA, Washington.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D. D. 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Transactions of the American Geophysical Union* 39, 285-291.
- Wischmeier, W.H. 1959. A rainfall erosion index for a Universal Soil-Loss Equation. *Soil Science Society of America Proceedings* 23, 246-249.