

*Análise da erosividade das chuvas na Bacia do Rio Vermelho, na
Cidade de Goiás*

*Análisis de erosividad de la lluvia en la Cuenca del Río Rojo en la
ciudad de Goiás*

*Analysis of rainfall erosivity in the Basin of the Red River in the city
of Goiás*

Virgílio Lourenço da Silva Neto
Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais – UFT
Prof.º do Instituto Federal do Tocantins, Campus Dianópolis
virgilio.neto@ifto.edu.br

Saulo de Oliveira Lima
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás
Professor da Universidade Federal do Tocantins, UFT
Campus de Gurupi
saulolima@mail.uft.edu.br

Resumo

A previsão de perdas de solo e consequente produção de sedimentos nas bacias hidrográficas são indispensáveis ao planejamento conservacionista do solo e da água. O objetivo deste trabalho consiste na determinação da erosividade das chuvas, avaliação das áreas críticas com relação à ocorrência de chuvas intensas, produção de informações úteis ao manejo e conservação do solo e da água e também subsidiar o mapeamento de áreas com maior vulnerabilidade à erosão no Estado de Goiás. Assim, a proteção contra a erosão hídrica requer um cuidado contínuo quanto à manutenção das práticas de conservação do solo. O presente trabalho delimitou a microrregião do município, a partir da estação pluviométrica da Cidade de Goiás, operante desde 20 de abril de 1946, considerando o período de análise entre 1983 a 2013. Na determinação da erosividade das chuvas, utilizou-se a equação determinada por Moraes et. al. (1991). Os dados pluviométricos foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET. Os resultados demonstraram que o mês de máximo valor de erosividade ocorreu em Janeiro, seguido dos meses de Dezembro e Fevereiro. O mês de Julho, seguido de Agosto e junho são os que apresentaram os menores índices de erosividade.

Palavras-chaves: erosão, perda de solo, dados pluviométricos.

Resumen

La predicción de la pérdida de suelo y la consiguiente producción de sedimentos en las cuencas fluviales son esenciales para la planificación de la conservación del suelo y el agua. El objetivo de este estudio es determinar la erosividad de la lluvia, la evaluación de las áreas críticas en cuanto a la ocurrencia de fuertes lluvias, produciendo información útil para la gestión y conservación de suelo y agua y también apoyar las áreas de mapeo con mayor vulnerabilidad a la erosión Estado de Goiás. Por lo tanto, la protección contra la erosión del agua requiere de atención continua en el mantenimiento de las prácticas de conservación de suelos. Este estudio se redujo el micro de la ciudad, de la estación de las lluvias de la ciudad de Goiás, trabajando desde el 20 de abril de 1946, teniendo en cuenta el período de análisis 1983-2013. En la determinación de la erosividad de la lluvia, se utilizó la ecuación dada por Morais et. al. (1991). Los datos de precipitación se obtuvieron del Instituto Nacional de Meteorología, INMET. Los resultados mostraron que el mes de máximo valor erosividad se produjo en Enero, seguido de los meses de Diciembre a Febrero. El mes de Julio, seguida de Agosto y Junio son los que tenían los niveles más bajos de erosividad.

Palabras clave: erosión, la pérdida de suelo, datos de precipitación.

Summary

The prediction of soil loss and consequent sediment production in watersheds are essential for conservation planning soil and water. The objective of this work consists in determining the rainfall erosivity, evaluation of critical areas with regard to the occurrence of heavy rain, producing of useful informations to management and conservation of soil and water and also support the mapping areas most vulnerable to erosion in the State of Goiás. Thus, protection against erosion requires continuous care on the maintenance of soil conservation practices. This study delineated the microregion of the county, from the rainfall station of City of Goiás-GO, operating since April 20, 1946, considering the period of analysis from 1983 to 2013. In determining the rainfall erosivity, used the equation given by Morais et. al. (1991). The rainfall data were obtained from the National Institute of Meteorology, INMET. The results showed that the month of maximum erosivity occurred in January, followed by December and November. The month of July, followed by August and June are those who had the lowest levels of erosivity.

Keywords: erosion, loss of soil, rainfall data.

Introdução

A expansão da fronteira agrícola reflete a crescente demanda por alimentos e, com o contínuo desenvolvimento das técnicas de produção agrícola, o estado vem aumentando sua área agricultável. Assim, no que se refere ao manejo e conservação do solo, deve-se considerar o tipo de cultura empregado, mas é de grande importância à compreensão da estrutura do solo para a eficiência produtiva, que passa pela interpretação de dados relacionados com a intensidade e a frequência das chuvas.

O potencial erosivo das chuvas deve ser determinado para cada local, pois é função exclusivamente das características físicas de cada chuva, tais como quantidade, intensidade, diâmetro das gotas, velocidade terminal e energia cinética (Hudson, 1973; Val, 1985).

A previsão de perdas de solo e consequente produção de sedimentos nas bacias hidrográficas são indispensáveis ao planejamento conservacionista do solo e da água (LEMOS & BAHIA, 1992). Assim, a proteção contra a erosão hídrica requer um cuidado contínuo quanto à manutenção das práticas de conservação do solo.

Considerando os fatores que podem influenciar na estimativa de perda de solo, segundo a EUPS, estimada por Wischmeier & Smith, (1978) os fatores são 1 - Erosividade das Chuvas (R), resultante da quantidade, intensidade e duração da chuva e é o potencial da chuva causar erosão; 2 - Erodibilidade do Solo (K), que é função de características do solo, e reflete a capacidade que o solo tem em tolerar agentes erosivos; 3 - Características da Vertente (LS), representada por seu comprimento (L) e declividade (S); 4 - Manejo da terra (P); e 5 - Presença e natureza da cobertura vegetal (C) sendo estes interligados.

Considerando o grau de complexidade da equação e importância do fator R para a origem da erosão este trabalho tem como objetivo determinar uma estimativa de erosividade da chuva na microrregião da cidade de Goiás. A análise do fator R neste caso é importante devido à discrepância dos totais pluviométricos ao longo do ano, e para conhecer a capacidade e o potencial da chuva causar erosão no solo, para que assim se faça um manejo e ocupação correta do mesmo.

O objetivo deste trabalho consiste na determinação da erosividade das chuvas, identificação de áreas críticas com relação à ocorrência de chuvas intensas, produção informações úteis ao manejo e conservação do solo e da água, além de

subsidiar o mapeamento de áreas com maior vulnerabilidade à erosão no Estado de Goiás.

Material e Método

Área de estudo

Figura 01 – Localização Geográfica da Bacia do Rio Vermelho, Cidade de Goiás-GO.



Fonte: Cavalcanti *et. al.*, 2008.

O município de Goiás situa-se na microrregião da bacia do Rio Vermelho, localizando-se a aproximadamente 15°56'04" de latitude Sul e 50°58'25" de longitude oeste. A sede Municipal esta situada a 135 km a noroeste de Goiânia. A geologia da bacia do rio Vermelho é marcada pela presença de litologias muito variadas que datam do Arqueano/Proterozóico, e que foram submetidas a vários ciclos tectônicos e metamórficos (Cavalcanti et. al., 2008).

A altitude media é de 512 metros circundadas no lado sul e oeste pela Serra Dourada e a topografia em sua maior parte é considerada pouco propicia às lavouras mecanizadas, visto que, 50% delas é ondulada e 10% montanhosa.

Figura 02 – Modelo digital do terreno da bacia hidrográficas do Rio Vermelho, Cidade de Goiás.



Fonte: Cavalcanti et. al., 2008.

Relacionando os aspectos físicos de Goiás, o clima do Estado é predominantemente tropical, com duas estações bem definidas, um período chuvoso e outro seco. O maior índice pluviométrico ocorre entre os meses de setembro e abril, com precipitação média anual entre 1.200 a 2.500 mm, com chuvas mais concentradas no verão. (Atlas do Estado de Goiás, 2014).

Procedimentos metodológicos

Para calcular a erosividade da chuva para um local, é recomendável que seja estimado o valor médio do índice de erosão para um período de, no mínimo, 20 anos. A equação de Wischmeier e Smith (1958) tende a subestimar a EC da chuva em regiões tropicais.

Na determinação da erosividade das chuvas, utilizou-se a equação determinada por Morais et. al. (1991), definida por:

$$Ei_{30} = 36,849 \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{1,0852}$$

Onde, (Ei_{30}) é a erosividade da chuva para cada mês ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), M_x é a média do total mensal de precipitação, em mm e P é a média do total anual de precipitação, em mm. O índice de erosividade anual das chuvas (R) é o somatório dos valores mensais desse índice, conforme equação abaixo:

$$R = \sum_{1}^{12} Ei_{30}$$

Os dados pluviométricos foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET,

Considerou-se a Estação de Goiás-GO apta a representar a região, devido à característica da região, cuja vegetação, relevo e uso e ocupação do solo possui uma homogeneidade, acredita-se satisfatório a utilização de apenas uma estação sendo que o período considerado é constituído de uma série de 30 anos de dados. Utilizando a planilha do Excel calculou-se a média mensal da erosividade pela proposta por Morais et. al. (1991) e determinou-se os valores médios de precipitação no período.

Resultados e Discussões

A área pesquisada encontra-se em uma região cujo clima é caracterizado pela ocorrência de duas estações bem definidas, sendo ambas quentes, porém uma seca e outra úmida. Nesta área de tipo climático tropical subúmido, o período chuvoso ocorre no fim e no início de cada ano, nos meses de outubro a abril.

Ao observar a série histórica de precipitação (tabela1), foi possível elaborar uma série histórica da média de erosividade mensal, assim como uma média anual de erosividade para a região da alta bacia do Rio Vermelho, no município de Goiás. (tabela 2).

Tabela 1 – Série histórica de médias mensais de precipitação pluviométrica 1983 a 2013

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983	585,4	314,7	186,1	154,4	53,7	2,7	18,3	0,0	28,8	167,3	298,7	333,9	2144,0
1984	190,5	148,0	320,1	113,5	40,0	0,0	0,0	32,1	95,4	147,5	206,3	215,4	1508,8
1985	914,9	228,0	226,1	115,4	26,5	0,0	2,3	7,6	81,2	129,9	154,9	397,3	2284,1
1986	279,4	174,5	205,7	52,6	27,3	0,0	4,2	58,7	45,1	150,5	166,6	360,8	1525,4
1987	187,4	221,4	346,7	172,3	24,9	0,0	0,0	1,4	34,7	136,4	319,6	483,4	1928,2
1988	273,5	457,0	238,8	154,1	16,3	42,9	0,0	0,0	0,0	184,4	227,9	286,1	1881,0
1989	357,1	243,9	263,5	57,8	0,9	31,8	38,4	25,7	19,6	263,1	1116,5	595,1	3013,4
1990	260,2	219,4	145,5	227,7	60,8	0,0	2,9	18,7	58,6	156,5	163,4	270,6	1584,3
1991	437,6	218,8	433,1	194,7	0,0	0,0	0,0	0,0	36,7	201,8	94,9	329,0	1946,6
1992	571,5	402,1	220,1	246,7	58,4	0,0	0,0	1,0	36,8	265,6	301,4	322,1	2425,7
1995	344,5	390,2	197,3	120,9	31,1	0,7	0,0	0,0	50,6	98,5	169,0	580,2	1983,0
1996	178,1	307,5	204,4	176,4	8,4	1,8	1,2	8,8	31,5	100,1	440,9	522,1	1981,2
1997	357,6	276,2	290,3	128,1	104,8	110,6	0,0	0,0	70,5	80,9	109,4	286,9	1815,3
1998	234,4	262,4	107,1	171,6	23,4	1,1	1,6	5,8	31,5	100,4	265,2	284,2	1488,7
1999	349,5	245,1	283,4	48,8	4,1	0,0	0,0	0,0	30,7	216,7	232,0	367,1	1777,4
2000	381,4	310,9	217,6	37,2	3,4	0,0	19,1	49,7	99,9	25,6	327,6	396,6	1869,0
2001	202,6	134,3	255,0	34,2	66,5	9,2	0,0	6,9	94,3	184,0	439,6	346,7	1773,3
2002	331,1	232,0	120,9	38,5	9,7	0,0	0,3	0,0	29,0	51,7	179,9	216,7	1209,8
2003	427,3	303,5	264,2	127,3	3,3	0,0	0,0	3,9	19,7	86,9	148,6	235,5	1620,2
2004	324,0	396,3	194,3	37,3	25,5	0,0	8,3	0,0	33,7	151,0	255,2	189,1	1614,7
2005	533,2	241,6	273,8	46,9	22,7	29,2	0,0	5,2	60,6	69,6	318,1	399,2	2000,1
2006	208,9	249,3	270,9	127,9	0,2	0,0	0,0	1,0	55,2	331,0	212,8	283,5	1740,7
2007	233,6	451,7	170,7	125,2	1,2	1,2	5,5	0,0	0,0	72,6	81,8	208,1	1351,6

2008	328,4	311,6	294,3	165,1	12,7	0,0	21,3	0,6	37,7	77,5	227,3	453,1	1929,6
2009	281,5	266,4	405,8	183,4	20,3	16,0	0,6	27,2	100,3	253,8	227,9	555,3	2338,5
2010	120,2	160,4	197,1	80,9	0,0	3,5	2,6	0,0	1,1	151,5	254,5	244,4	1216,2
2011	512,1	105,7	383,5	67,9	0,0	36,0	0,0	0,0	6,9	219,3	288,2	322,0	1941,6
2012	549,7	248,4	143,7	73,9	10,7	42,5	0,2	0,0	12,4	21,6	285,0	140,8	1528,9
2013	376,3	117,9	131,0	99,4	29,1	8,3	0,0	0,0	26,9	144,9	232,0	315,5	1481,3
Média	356,3	263,4	241,1	116,6	23,7	11,6	4,4	8,8	42,4	146,2	267,1	342,8	1824,2

Fonte: INMET.

Os meses de novembro a março correspondem ao período de maiores médias pluviométricas, neste caso, com destaque para os meses de Janeiro e Dezembro. Os meses com as menores precipitações correspondem ao período que vai de Abril a Setembro, com os meses de Julho e Agosto os de menores médias pluviométricas registradas neste período de 1983 a 2013.

Tabela 2 - Médias Mensais de Erosividade (MJ mm há⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) - 1983 a 2013

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1983	9.075,3	2.359,5	754,5	503,1	50,8	0,1	4,9	0,0	13,1	598,8	2.106,8	2.683,1	18.150,0
1984	1.162,1	671,9	3.584,6	377,7	39,3	0,0	0,0	24,4	259,1	667,0	1.381,5	1.517,2	9.684,8
1985	22.331,3	1.094,5	1.074,8	249,7	10,2	0,0	0,1	0,7	116,4	322,8	473,0	3.653,2	29.326,6
1986	2.637,0	949,3	1.356,6	70,3	16,9	0,0	0,3	89,2	50,4	688,6	858,5	4.593,1	11.310,2
1987	859,4	1.234,1	3.266,6	716,2	10,8	0,0	0,0	0,0	22,1	431,3	2.737,6	6.720,4	15.998,5
1988	2.005,5	6.111,4	1.494,0	577,4	4,4	36,0	0,0	0,0	0,0	852,4	1.349,9	2.211,5	14.642,6
1989	3.144,8	1.374,8	1.625,9	60,4	0,0	16,5	24,9	10,4	5,8	1.620,5	1.116,5	9.527,7	18.528,1
1990	2.168,4	1.497,6	614,1	1.623,2	92,4	0,0	0,1	7,2	85,3	719,3	790,0	2.360,9	9.958,6
1991	5.359,2	1.190,5	5.240,3	924,2	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	998,9	194,3	2.885,5	16.817,5
1992	7.534,1	3.512,7	949,8	1.216,6	53,3	0,0	0,0	0,0	19,6	1.428,1	1.879,0	2.170,4	18.763,6
1995	3.125,3	4.095,4	932,2	322,0	16,9	0,0	0,0	0,0	48,6	206,4	666,2	9.688,1	19.101,2
1996	747,2	2.444,7	1.007,6	731,8	1,0	0,0	0,0	1,1	17,4	214,0	5.344,1	7.712,8	18.221,6
1997	3.730,0	2.129,3	2.372,3	401,8	259,9	292,1	0,0	0,0	109,9	148,2	285,3	2.312,5	12.041,4
1998	1.849,5	2.362,7	337,9	939,9	12,4	0,0	0,0	0,6	23,7	293,7	2.417,8	2.809,6	11.047,9
1999	3.631,3	1.681,1	2.303,8	50,6	0,2	0,0	0,0	0,0	18,5	1.286,8	1.492,2	4.039,9	14.504,3
2000	4.156,3	2.667,2	1.229,5	26,6	0,1	0,0	6,3	49,9	227,0	11,8	2.988,0	4.524,2	15.886,8
2001	1.114,8	456,7	1.836,5	23,5	99,3	1,4	0,0	0,7	212,0	904,5	5.988,8	3.577,4	14.215,5
2002	4.902,1	2.265,3	550,5	45,9	2,3	0,0	0,0	0,0	24,8	87,1	1.304,3	1.953,5	11.135,9

2003	6.210,8	2.955,8	2.187,6	448,5	0,2	0,0	0,0	0,2	7,8	195,8	627,4	1.704,4	14.338,5
2004	3.418,9	5.293,7	1.127,0	31,4	13,7	0,0	1,2	0,0	25,2	652,0	2.036,6	1.062,5	13.662,1
2005	7.990,4	1.433,5		40,9	8,5	14,6	0,0	0,3	71,3	96,2	2.604,3	4.263,3	16.523,2
2006	1.215,6	1.784,2	2.136,8	419,1	0,0	0,0	0,0	0,0	67,7	3.300,9	1.265,4	2.358,4	12.548,0
2007	2.038,7	8.529,3	1.032,0	526,6	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	161,4	209,1	1.586,4	14.084,1
2008	2.901,6	2.589,1	2.287,2	652,3	2,5	0,0	7,7	0,0	26,4	126,4	1.305,6	5.835,0	15.733,6
2009	1.685,8	1.495,7	3.728,5	665,2	5,6	3,3	0,0	10,6	179,5	1.346,4	1.065,9	7.365,1	17.551,5
2010	540,5	1.011,0	1.581,1	228,9	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	893,2	2.753,5	2.521,8	9.530,4
2011	7.559,6	246,1	4.035,7	94,2	0,0	23,8	0,0	0,0	0,7	1.199,8	2.170,9	2.761,6	18.092,3
2012	11.426,3	2.037,9	621,3	146,7	2,2	44,2	0,0	0,0	3,0	10,2	2.746,2	594,4	17.632,3
2013	5.195,0	418,5	526,0	288,9	20,1	1,3	0,0	0,0	16,9	654,7	1.818,4	3.543,8	12.483,6
Média	4.473,0	2.272,2	1.778,4	427,7	24,9	15,0	1,6	6,7	57,8	693,7	1.792,3	3.742,7	15.224,6

Fonte: INMET.

Os resultados dos cálculos do índice de erosividade estão expostos no gráfico 2 na qual se observa que o mês de máximo valor de erosividade ocorreu em Janeiro, seguido dos meses de Dezembro e Novembro. Os meses de Maio a Setembro são os que apresentaram as menores avaliações de erosividade, sendo as menores médias nos meses de Julho, Agosto e Junho, respectivamente (gráfico 2). O fator R da área em estudo foi de 15.224,6 MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹ e Segundo Silva (2004) a erosividade anual é altamente dependente do total precipitado.

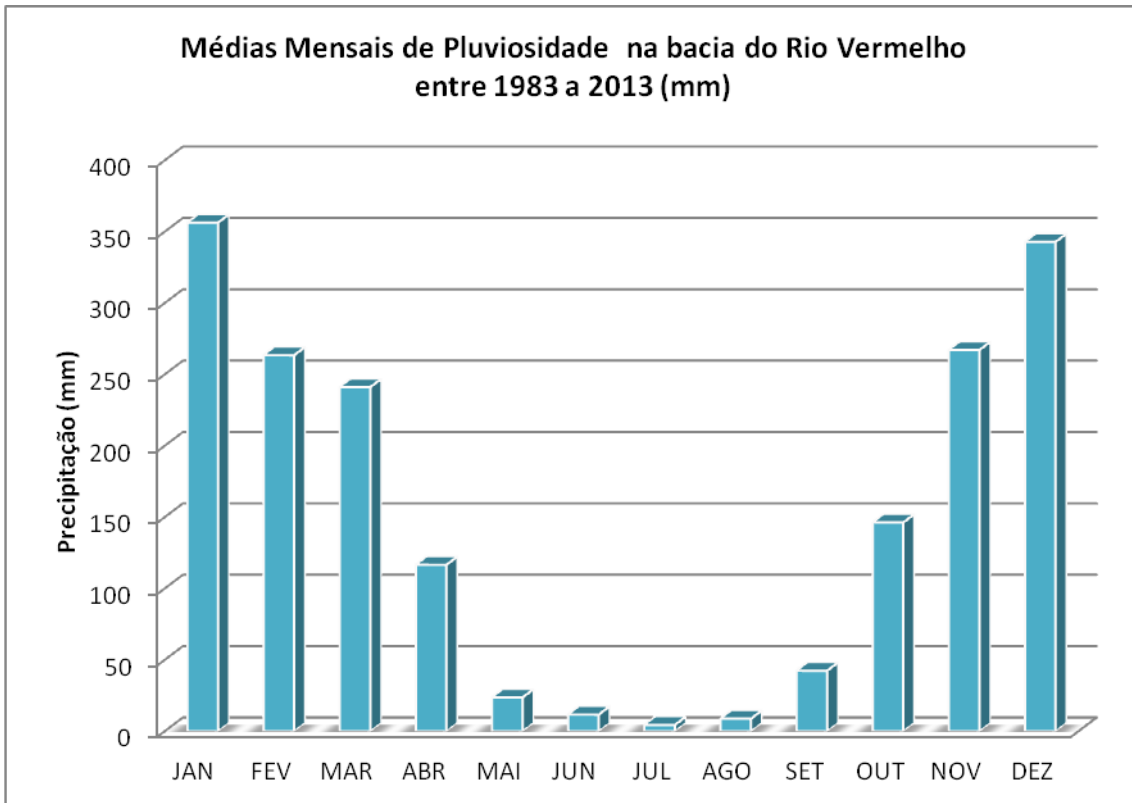


Gráfico 1 - Médias mensais de precipitação pluviométrica Estação de Goiás-GO, 1983 – 2013.

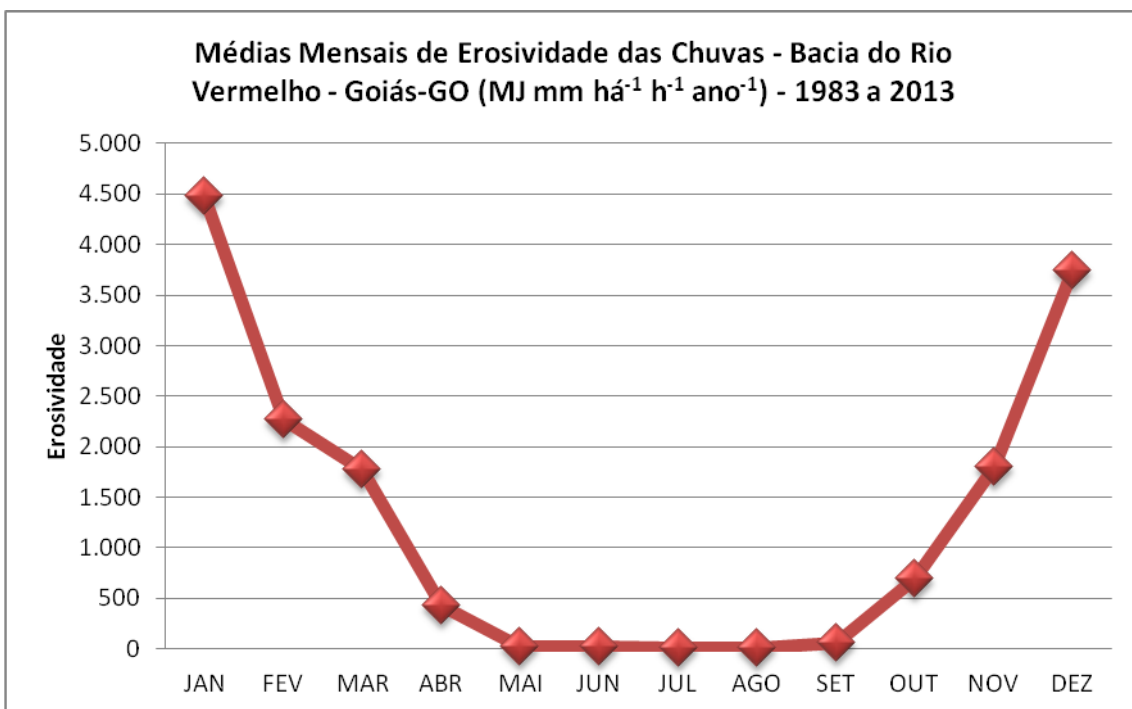


Gráfico 2 – Médias Mensais de Erosividade (MJ mm há⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) 1983 – 2013

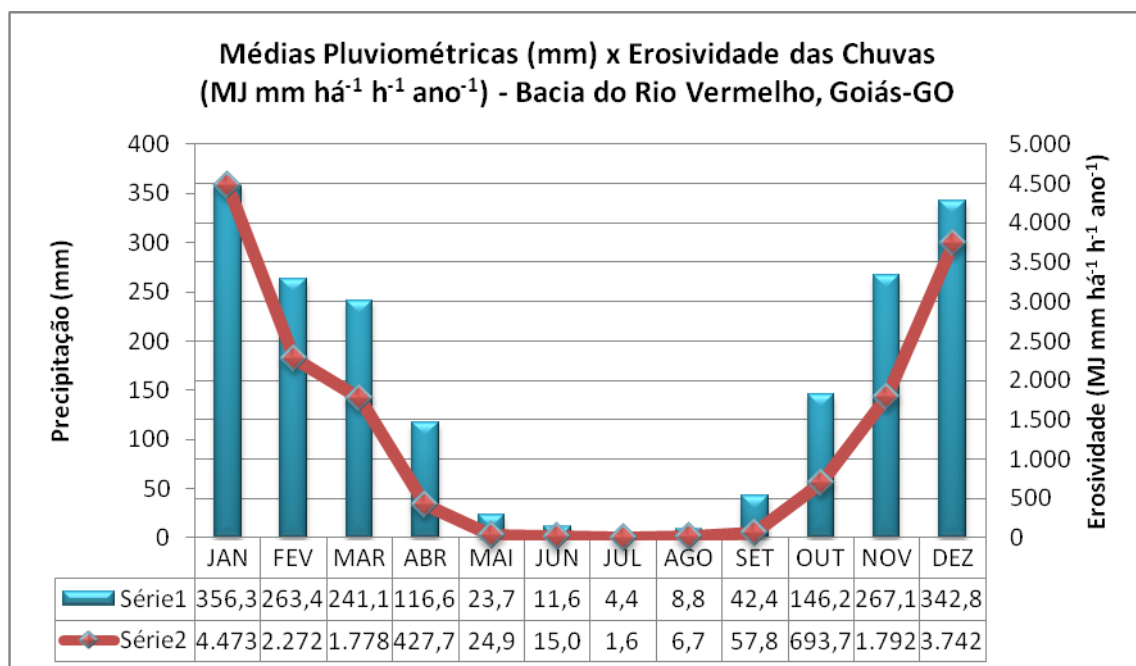


Gráfico 3 - Médias Pluviométricas (mm) x Erosividade das Chuvas ($\text{MJ mm há}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$) – Bacia do Rio vermelho - 1983 a 2013

Tabela 3 - Classe de interpretação da erosividade anual Fator (R)

Erosividade das Chuvas ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$)	Nível de Erosividade
$R \leq 2452$	Erosividade Fraca
$2452 < R \leq 4905$	Erosividade Média
$4905 < R \leq 7357$	Erosividade Média-Forte
$7357 < R \leq 9810$	Erosividade Forte
$R > 9810$	Erosividade Muito Forte

Fonte: Carvalho (2008), modificado para o S.I. métrico de unidades segundo Foster et al. (1981).

Como já mencionado, a intensidade das chuvas determina a erosividade. No gráfico 3, pode ser observado que os meses de Janeiro, Dezembro e Fevereiro apresentam os maiores indicadores de erosividade, em decorrência da avaliação das precipitações registradas nos últimos 30 anos na estação de Goiás-GO.

Com base na classe de interpretação da erosividade anual (tabela 3), é possível estabelecer o nível de erosividade ao longo do ano na microrregião estudada. Constatou-se que a erosividade das chuvas é classificada como muito alta, correspondendo a uma média do período de 1983 a 2013 equivalente a 15.224,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (tabela 2).

Conclusão

As principais conclusões deste estudo são:

1. A erosividade da chuva na bacia do Rio Vermelho, na Cidade de Goiás totalizou uma média dos últimos 30 anos de 15.224,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.
2. A maior média de erosividade das chuvas foi de 4.473 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ no mês de Janeiro, coincidindo com o mês mais chuvoso; e a menor média mensal de erosividade das chuvas EI_{30} foi de 1,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ no mês de Julho. Assim concluiu-se que a discrepância entre os índices de erosividade é função da variação temporal da precipitação na microrregião da bacia.
3. O fator (R) igual a 15.224,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ é considerado alto para diversos autores, portanto deve-se preocupar com os demais fatores que influenciam na perda de solo em uma bacia, para que seja possível alcançar o equilíbrio evitando-se prejuízos e problemas ambientais.

Referências

- Atlas do Estado de Goiás. IMB - Instituto Mauro Borges de Estatística e Estudos Socioeconômicos. 2014
- CAVALCANTI, M. A.; LOPES, L. M.; PONTES, M. N. C. Contribuição ao entendimento do fenômeno das enchentes do Rio Vermelho na cidade de Goiás, GO. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 28, p. 167-185, 2008.
- CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia** Prática. 2a ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014.
- LEMOS, M.S.S. & BAHIA, V.G. **Erosividade da chuva**. Inf. Agropec., 16:25-31,1992.

MELLO, C. R. de; SÁ, M. A. C.; CURI, N.; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. da. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 537-545, 2007.

SILVA, A.M. **Rainfall erosivity map for Brazil**. *Catena*, v.57, p.251- 259, 2004.

VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C.; MELLO, C. R.; LIMA, S. O.; ALVES, M. V. G. Distribuição e potencial erosivo das chuvas no Estado do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.49, p. 125-135, 2014

WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. **Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning**, United States Department of Agriculture, Washington. 58 f. 1978.