

## ÍNDICES DE EROSIVIDADE DAS CHUVAS PARA A ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA (GO/MT)

SANTANA, N.M.P.de<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Geografia, Universidade Federal de Goiás, fone: 62-35332125, [neivasantana@yahoo.com.br](mailto:neivasantana@yahoo.com.br) ou [neiva@cnpaf.embrapa.br](mailto:neiva@cnpaf.embrapa.br), Rua GB 7B Qd. 30 Lt. 06 Jardim Guanabara II 74683-530 Goiânia-GO

CASTRO, S. S. de<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Professora, Dra. Universidade Federal de Goiás, (IESA), [selma@iesa.ufg.br](mailto:selma@iesa.ufg.br)

STONE, L. F.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Pesquisador, Dr. Embrapa Arroz e Feijão, [stone@cnpaf.embrapa.br](mailto:stone@cnpaf.embrapa.br).

SILVA, S. C. da<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Pesquisador, M.Sc., Embrapa Arroz e Feijão, [silvando@cnpaf.embrapa.br](mailto:silvando@cnpaf.embrapa.br).

### RESUMO

Nesta pesquisa objetivou-se o cálculo da erosividade da chuva para a alta bacia do rio Araguaia. Esse parâmetro da Equação Universal de Perdas de Solo, juntamente com a erodibilidade, é imprescindível para os estudos de erosão hídrica, uma vez que oferece subsídios para práticas de uso e manejo do solo. A erosividade da chuva foi calculada utilizando-se de metodologia elaborada por Lombardi Neto e Moldenhauer, modificada por Tommaselli et al, em estudo realizado para Presidente Prudente, onde foi elaborada a seguinte equação:  $EI_{30} = 111,6 * (p^2 / P)^{0,714}$ , em que p e P são respectivamente, precipitação média mensal e média anual em mm. A aplicação dessa equação mostrou-se adequada para a área de estudo, apresentando alto coeficiente de correlação com os dados pluviométricos da área ( $r^2 = 0,9521$ ). Com máxima concentração no verão e mínima no inverno, 85% do total de chuvas acumuladas durante o ano precipita-se de outubro a março, caracterizando a estação chuvosa. A média pluviométrica anual na área é de 1557,91 mm, apresentando uma variação de 6,86% em relação a média. Isso significa que não há uma variação singular entre as médias anuais. Contudo, considera-se que entre a menor e a maior média, que vai de 1327,3 a 1740,3 mm, tem-se uma variação de 413,0 mm. Fortemente relacionada aos valores de precipitação, a erosividade média anual das chuvas na região da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT) é de 8861,62 MJ.mm.h<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>. O período crítico em relação à erosão, devido à ocorrência de chuvas erosivas na área, é de outubro a março, quando ocorrem 91,4% do total anual, valor altamente significativo, já que demonstra alta concentração da erosividade. Nesse período devem ser concentradas as perdas mais significativas de solo por erosão, merecendo assim, maior atenção no uso e manejo do solo. Esse estudo servirá de base para avaliação do potencial erosivo, bem como para novas pesquisas sobre a área.

Palavras-chave: Erosão hídrica, erosividade, precipitação pluvial.

### INTRODUÇÃO

Os fenômenos da superfície são comandados pela dinâmica da atmosfera, sendo, portanto, os fatores climáticos de básica importância na sua formação. Dentre os condicionantes dos processos erosivos indicados pela literatura, o clima é um dos elementos fundamentais do meio físico a ser analisado, em especial o elemento climático precipitação pluvial, pois essa é responsável pelo impacto na superfície, o qual pode gerar remoção de partículas direta ou indiretamente, através do escoamento superficial das águas pluviais.

Considera-se que a erosão é um processo natural da superfície da terra que, associada a outros fenômenos, vai contribuir para o modelado do relevo, desenvolvimento dos solos e da rede hidrográfica, numa contínua transformação da paisagem natural ao longo do tempo e do espaço. Se existe nesse processo natural a interferência de atividades antrópicas, tende-se a uma intensificação do mesmo.

Sendo um dos recursos naturais mais densamente utilizado pela humanidade, a ocupação do solo para os diversos usos, quando efetuada sem levar em conta sua capacidade e com manejo inadequado, ou sem planejamento prévio, pode levar à sua degradação, com acentuada ocorrência de processos erosivos.

Um dos problemas que vem comprometendo o uso agrícola do solo é a erosão hídrica, em face do seu poder destrutivo, tanto de solos agricultáveis quanto em áreas fortemente urbanizadas. Segundo Bertoni e Lombardi Netto (1985), essa erosão caracteriza-se pelo desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água, podendo ser linear ou laminar. A erosão laminar é causada por escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva dos horizontes superficiais do solo. Dependendo da declividade das encostas e do seu comprimento de rampa, origina-se uma concentração dessas linhas de fluxo das águas, formando as famosas enxurradas. Esse escoamento concentrado que vai resultar em incisões na superfície do terreno, na forma de sulcos, ravinas e voçorocas é a erosão linear.

Para a utilização sustentada dos solos é necessário o conhecimento dos fatores que influenciam a intensidade desse tipo de erosão, que variam de um local para outro, de acordo com as características do lugar. Essa potencialidade das chuvas em provocar erosão constitui um dos fatores mais importantes para avaliação da erosão hídrica dos solos que pode ser obtida através de modelos de predição, avaliado por meio de índices de erosividade.

Segundo Bertoni et al (1975), os estudos para avaliação de perdas de solo datam de 1940, tendo sido feitos nos Estados Unidos. Contudo, o fator chuva só foi incluído mais tarde na equação, denominada Equação de Musgrave, altamente utilizada em estudos de erosão em bacias hidrográficas, mas restrita a algumas regiões devido a diferenças locais. A equação de perdas de solo veio somente na década de 1950, superando algumas limitações das equações anteriores e as devidas restrições a regiões diferenciadas, denominando-se Equação Universal de Perdas de Solo (USLE).

A USLE considera vários fatores que podem interferir no potencial erosivo das chuvas, dentre eles o fator chuva (R), “índice numérico que expressa a capacidade da

chuva, esperada em dada localidade de causar erosão em uma área sem proteção” (Bertoni et al, 1975, p. 6). O índice de chuva mais frequentemente empregado para estimativa da erosividade é o  $EI_{30}$ , proposto por Wischmeier e Smith (1958) citado em Boin (2000), e relaciona a energia cinética de impacto das gotas ( $E_c$ ) com a intensidade máxima em 30 minutos ( $I_{30}$ ). Contudo, essa metodologia exige uma série de dados, pelo menos 22 anos contínuos de dados pluviográficos para o cálculo da intensidade. A dificuldade de obtenção desse tipo de dados e a disponibilidade de dados pluviométricos levaram alguns pesquisadores a correlacionar os valores de erosividade, calculados pelos dados do pluviógrafo, com os de pluviômetros, como os estudos de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) apud Melo et al (1999), que estabelece um novo método para o cálculo do potencial erosivo da chuva:

$$Ei = 89,823 * (p^2/P)^{0,759} \quad (1)$$

onde  $Ei$  é a erosividade da chuva do mês  $i$ , em  $MJ.mm.h^{-1}.ha^{-1}$ ;  $p$  é a precipitação média mensal do mês  $i$ , em  $mm$  e  $P$  é a precipitação média anual, em  $mm$ .

Outros trabalhos utilizando-se dessa metodologia vêm sendo desenvolvidos, tentando melhores resultados que garantam maior confiabilidade dos mesmos. Tommaselli et al (1997) citado por elaborou Boin (2000), obteve, com base em 19 anos de registro de precipitação pluvial (1973 a 1991), um índice com base na intensidade e na energia cinética das chuvas e das médias mensais e anuais de precipitação, por meio da seguinte equação:

$$EI_{30} = 111,6 * (p^2 / P)^{0,714} \quad (2)$$

Utilizando-se dessa metodologia, Boin elaborou um estudo para o oeste paulista, correlacionando valores de erosividade calculados com base em dados pluviográficos para a estação de Presidente Prudente, com dados de pluviômetros distribuídos pelo restante da área.

No sul da alta bacia do rio Araguaia, uma série de estudos foram desenvolvidos com vistas a um melhor entendimento dos fatores que influenciam a erosão tanto linear quanto a laminar, contudo esses estudos não contemplaram toda a alta bacia. Dentro desse enfoque, o objetivo desse trabalho foi o de determinar a erosividade da chuva para a alta bacia do rio Araguaia como subsídio a análise da ação da dinâmica pluvial sobre o ambiente físico.

## ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para estudos localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil, a sudoeste do Estado de Goiás e sudeste do Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas 54°00' a 51°00' W e 15°00' a 18°00' S, compreendendo a Alta Bacia do Rio Araguaia, num total de 69.000 km<sup>2</sup> (Fig. 1).

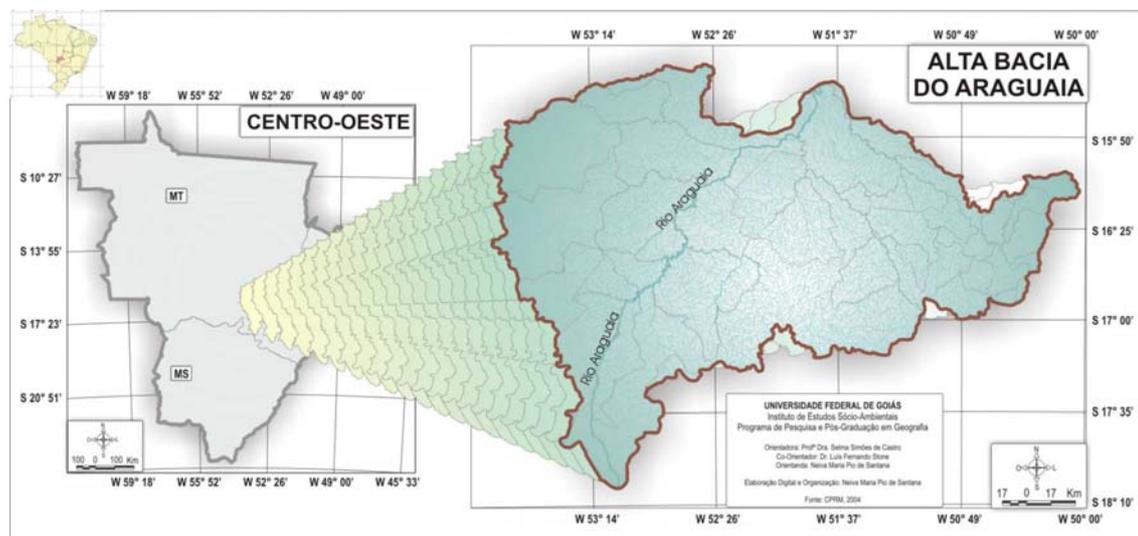


Fig.1 – Localização geográfica da alta bacia do rio Araguaia

Segundo classificação de Köppen, essa região é caracterizada por um clima do tipo Aw, ou seja, é considerado quente o ano todo, apresentando somente duas estações definidas: verões quentes e chuvosos e invernos amenos e secos, típico de savana, tropical quente sub-úmido, com temperaturas do ar médias variando de 16° a 40°C.

## METODOLOGIA

### Coleta de dados

Para a elaboração dessa pesquisa recorreu-se a ANA (Agência Nacional de Águas), onde foram feito o levantamento de dados de chuva, séries de dados diários das estações em funcionamento, resultando em 28 estações com significativa série de dados, variando de 19 a 38 anos, apresentadas na figura 2.

Numa outra etapa, foi possível calcular os totais anuais, sazonais e mensais e respectivas médias, além da máxima em 24 horas e do número de dias de chuva, com vistas à elaboração de mapas e gráficos. Esses cálculos foram elaborados com a utilização da ferramenta Excel 2003.

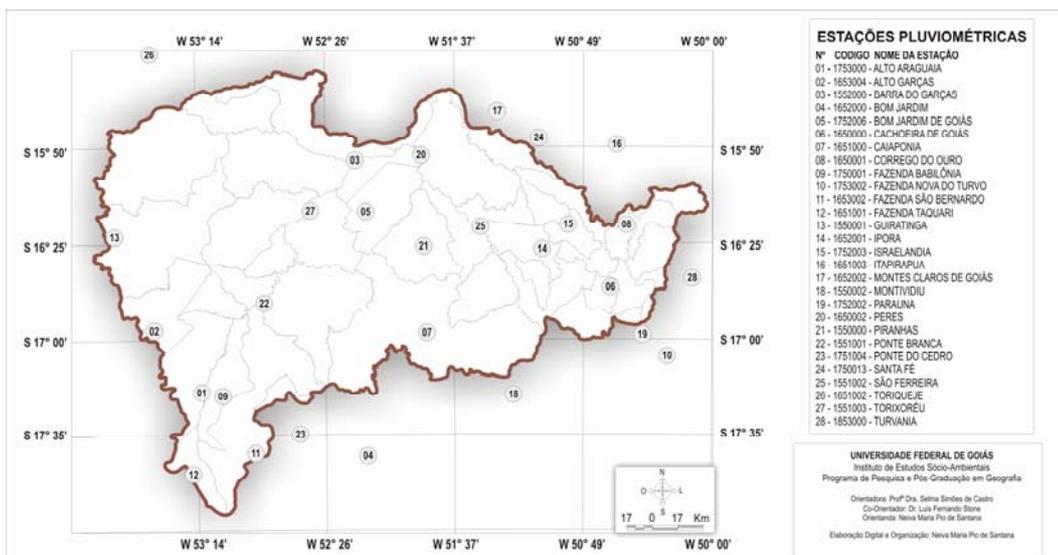


Fig.2 – Distribuição dos postos pluviométricos.

### Materiais e métodos relacionados à erosividade da chuva (R)

Uma das formas de avaliar o potencial erosivo da chuva é o conhecimento da sua erosividade, ou seja, a sua capacidade potencial erosiva, que é de grande importância no planejamento e conservação dos solos.

Nesse trabalho optou-se pela utilização da equação 2, pois, além da quase inexistência de dados pluviográficos na região, que inviabilizavam o estudo em questão, os dados pluviométricos existente apresentaram características pluviométricas semelhantes com as de Presidente Prudente, com alto coeficiente de correlação como apresentado na figura 3.

Estações	Localização	Registro de dados	Coefficiente de Correlação ( $r^2$ )
1-Alto Araguaia	17°18'07"S e 53°13'00"W	38 anos	0,9546
2-Alto Garças	16°56'38"S e 53°31'59"W	25 anos	0,9565
3-Barra do Garças	15°53'29"S e 52°13'40"W	27 anos	0,9606
4-Bom Jardim	17°43'04"S e 52°10'09"W	31 anos	0,9445
5-Bom Jardim de Goiás	16°12'31"S e 52°10'06"W	28 anos	0,9604
6-Cachoeira de Goiás	16°40'05"S e 50°38'56"W	30 anos	0,9519
7-Caiapônia	16°56'56"S e 51°48'37"W	35 anos	0,9546
8-Córrego do Ouro	16°17'55"S e 50°33'24"W	29 anos	0,9337
9-Fazenda Nova do Turvo	17°21'07"S e 53°05'29"W	31 anos	0,9534
10-Fazenda São Bernardo	17°04'45"S e 50°17'22"W	31 anos	0,9468
11-Fazenda Babilônia	17°41'17"S e 52°52'58"W	26 anos	0,9581
12-Faz Taquari	17°48'41"S e 53°17'20"W	34 anos	0,9465
13-Guiratinga	16°21'03"S e 53°45'33"W	32 anos	0,9716
14-Iporá	16°25'56"S e 51°04'45"W	23 anos	0,9688
15-Israelândia	16°18'59"S e 50°54'19"W	31 anos	0,9707
16-Itapirapuã	15°48'57"S e 50°36'31"W	29 anos	0,9564
17-Montes Claros de Goiás	15°36'20"S e 51°21'24"W	29 anos	0,9491
18-Montividiu	17°19'42"S e 51°15'39"W	26 anos	0,9377
19-Parauna	16°56'56"S e 50°26'49"W	26 anos	0,9584
20-Peres	15°53'23"S e 51°51'10"W	31 anos	0,9512
21-Piranhas	16°25'24"S e 51°49'17"W	31 anos	0,9469

22-Ponte Branca	16°46'00"S e 52°50'00"W	19 anos	0,9185
23-Ponte do Cedro	17°34'46"S e 52°36'05"W	26 anos	0,9448
24-Santa Fé	15°46'02"S e 51°06'16"W	29 anos	0,9639
25-São Ferreira	16°18'09"S e 51°28'10"W	31 anos	0,9697
26-Torriqueje	15°15'10"S e 53°30'17"W	26 anos	0,9497
27-Torixoréu	16°12'20"S e 52°32'59"W	27 anos	0,9374
28-Turvânia	16°36'34"S e 50°07'58"W	31 anos	0,9432
<b>Média</b>			<b>0,9521</b>

Fig. 3 – Quadro das estações pluviográficas, localização, total de anos de registro de dados e coeficiente de correlação ( $r^2$ ) com a estação de Presidente Prudente.

Assim, foram calculados os índices de erosividade da chuva para cada mês dos 28 postos distribuídos pela área da alta bacia do rio Araguaia. Os valores de erosividade da chuva (R) foram obtidos a partir da soma desses valores mensais do índice de erosividade (EI) como observa-se na figura 4, com base em Boin (2000).

Os valores calculados que definem a erosividade da chuva foram espacializados com a utilização do Sistema Geográfico de Informações SPRING 3.5 desenvolvido pelo INPE.

A utilização do sistema de informações geográficas no tratamento automatizado de dados climáticos é requisito básico no controle e ordenação das unidades físicas do meio ambiente, fornecendo suporte na tomada de decisões operacionais. Essa ferramenta possibilita, através da interpolação de pontos, a regionalização de informações.

Meses	Pluviosidade média mensal (mm)	EI mensal (MJ.mm.h <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup> )	
Janeiro	275,7	1718,4	<b>R = Soma EI</b> 8861,62 MJ.mm.h <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup>
Fevereiro	233,4	1354,4	
Março	207,6	1145,7	
Abril	113,4	483,2	
Maio	52,4	160,5	
Junho	20,1	40,9	
Julho	11,4	18,2	
Agosto	17,3	32,8	<b>Pluviosidade média anual</b> <b>1651,33 mm</b>
Setembro	79,7	291,8	
Outubro	161,3	799,4	
Novembro	220,7	1250,3	
Dezembro	258,4	1566,0	

Fig. 4 – Quadro dos valores da erosividade obtidos através da pluviosidade média mensal do posto Alto Araguaia.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse estudo resultou na elaboração de vários mapas, além de gráficos e tabelas os quais representam o regime pluviométrico médio mensal e anual e a erosividade derivada desse comportamento de acordo com as variáveis preestabelecidas para a referida área.

## **Precipitação pluviométrica média mensal e anual**

Para melhor compreensão da erosividade na área, inicialmente vale compreender a distribuição espacial do regime pluviométrico, já que os dados de chuva são a base para o cálculo da erosividade.

Segundo Nimer (1979), as características da altura e do regime de chuvas no Centro-Oeste devem-se, quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica, tendo a topografia a influência insignificante na sua distribuição.

Contudo, sabe-se que numa escala maior de detalhes pode-se observar a influência de vales, chapadas, distribuindo desigualmente a precipitação e a temperatura, dentre outras variáveis, mesmo que essas irregularidades não interfiram significativamente, gerando padrões muito diferenciados de distribuição, como atestam os resultados desse trabalho. Mesmo utilizando de médias anuais, algumas estações apresentam médias bem superiores a outras (figura 5).

A média pluviométrica anual na área é de 1557,91 mm, possuindo uma variação de 6,86% em relação a média, isso significa que não há uma variação tão significativa entre as médias anuais. Contudo, considera-se que entre a menor e a maior média, que vai de 1327,3 a 1740,3 mm, tem-se uma variação de 413,0 mm. Quanto a sazonalidade climática, o regime pluvial na área se distribui de forma bastante irregular. Com máxima concentração no verão e mínima no inverno, 85% do total de chuvas acumuladas durante o ano precipita-se de outubro a março, caracterizando a estação chuvosa. Essas chuvas são influenciadas pelo sistema de correntes perturbadas de Oeste e Sul, sendo o mês de janeiro representativo do período chuvoso, com maior média pluviométrica e altas temperaturas. Do contrário, a carência de chuvas nos demais meses (abril a setembro) deve-se à diminuição da ação das correntes perturbadas de Oeste. Em contrapartida, tem-se a influência da Massa Polar Atlântica, responsável por temperaturas mais amenas, principalmente no mês de julho, aquele de menor média pluviométrica de toda a série de dados estudada.

No mapa de precipitação média anual (Figura 5) encontra-se três centros de menor média pluviométrica e três de alta oferta. A Oeste está a maior média pluviométrica anual, entre 1700-1750 mm. Essa faixa que se forma de Oeste para Sul caracteriza-se por uma área de grande índice pluviométrico com médias acima de 1600 mm. A estação de Piranhas é responsável pela alta pluviometria no centro do mapa, sendo a estação que apresentou maior média pluviométrica de toda a série de dados estudada.

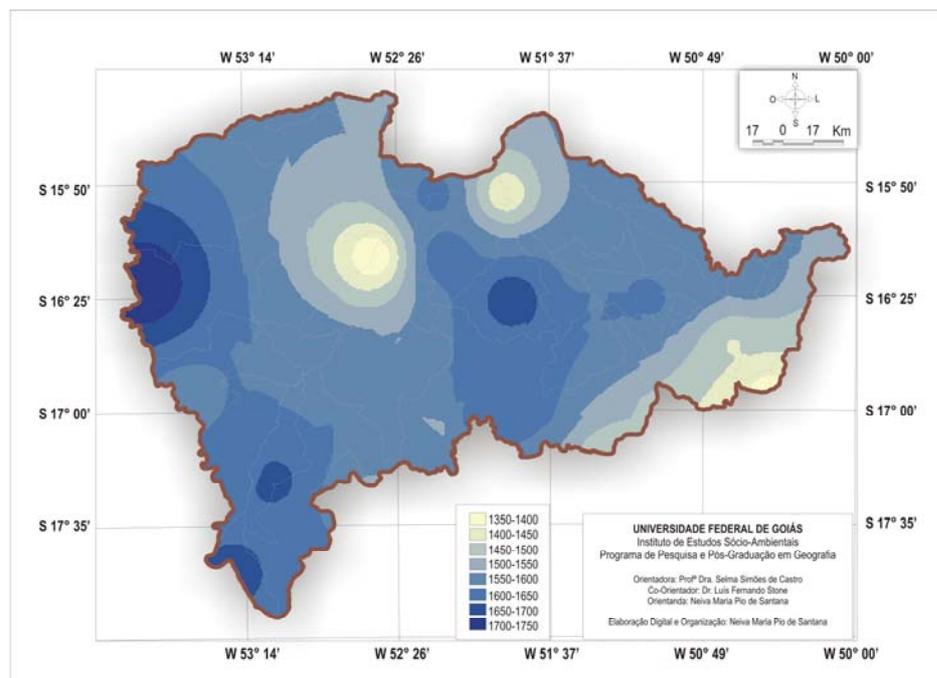


Fig. 5 - Precipitação pluviométrica (média anual) – alta bacia do rio Araguaia.

### Erosividade da chuva

A configuração da distribuição dos valores médios de erosividade está fortemente relacionado à precipitação, sendo que seu cálculo baseia-se nas médias anuais e mensais da mesma. Assim, como pode ser observado na figura 6, a erosividade é bastante concentrada nos meses representantes do período chuvoso (91,4%), que vai de outubro a março, sendo o mês de outubro o de menor erosividade desse período. Julho é o mês de menor precipitação, é, também, o de menor erosividade, praticamente insignificante, considerando que nesse mês dificilmente ocorrem precipitações intensas e seqüências de dias chuvosos, mas sim, eventos isolados. Considera-se a influência da movimentação atmosférica, que é responsável pela distribuição da precipitação nessa área, principalmente das massas Equatorial continental, e Polar Atlântica, já mencionada anteriormente.

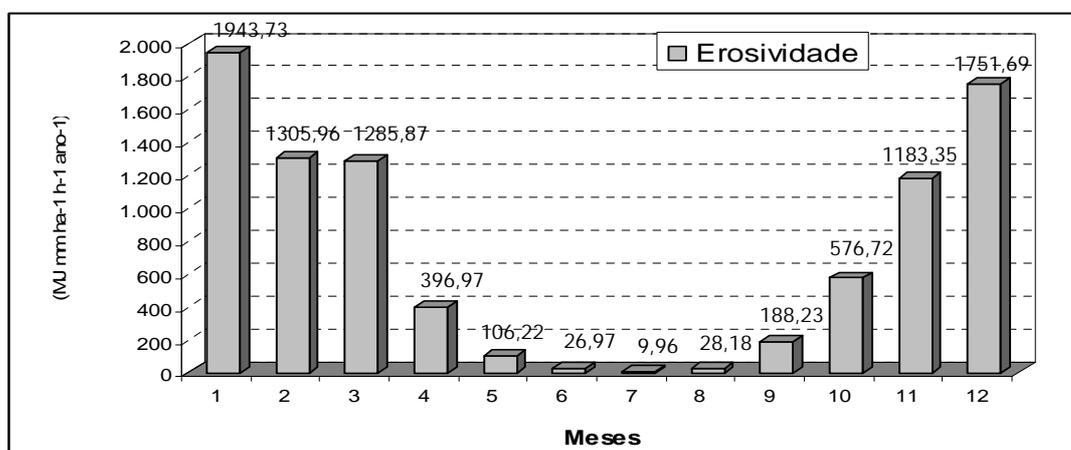


Fig. 6 – Distribuição mensal da erosividade.

Assim, como todas as explicações ou interpretações relativas à distribuição dos totais de chuva, tanto anual, como sazonal são válidas para a erosividade das chuvas, sua distribuição espacial também não se diferencia. A erosividade anual média do período estudado demonstra que na referida área encontram-se valores entre 7812,33 a 9654,68 MJ.mm.h<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup> e as áreas de maior erosividade localizam-se a oeste, no estado de Mato Grosso e Centro-nordeste de Goiás (Figura 11).

Considerando as estações do ano, o verão é o período mais representativo do comportamento médio anual da erosividade (51,5%). O centro-norte da alta bacia é a área de maior erosividade como observa-se na figura 7. Na primavera, início da intensificação do período chuvoso, a erosividade é menor em relação ao verão, mas representa 39,9%. No vale do rio Araguaia encontra-se os menores índices de erosividade desse período (figura 8). Em função do baixo valor pluviométrico, no outono e inverno são encontrados os menores índices de erosividade distribuídos para área, que somados não chegam a 10%. Os valores variam de 733,80 a 114,79 MJ.mm.h<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>, sendo os maiores valores encontrados no outono. Essas duas estações possuem uma distribuição mais regular pela área, não significando contudo, que haja uma uniformidade nos dados, mas ao intervalo de classes estabelecido (Figuras 9 e 10).

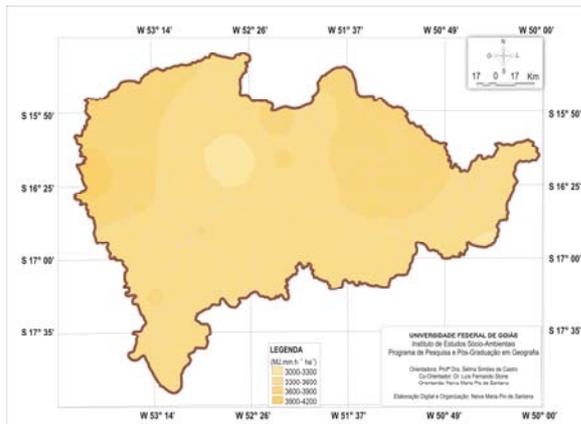


Fig. 7 – Erosividade média - Primavera.

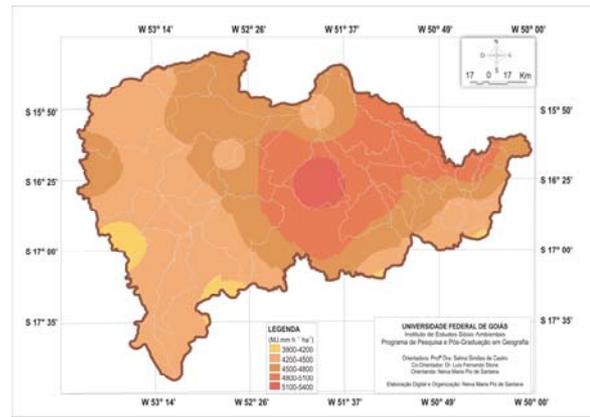


Fig. 8 – Erosividade média no Verão.

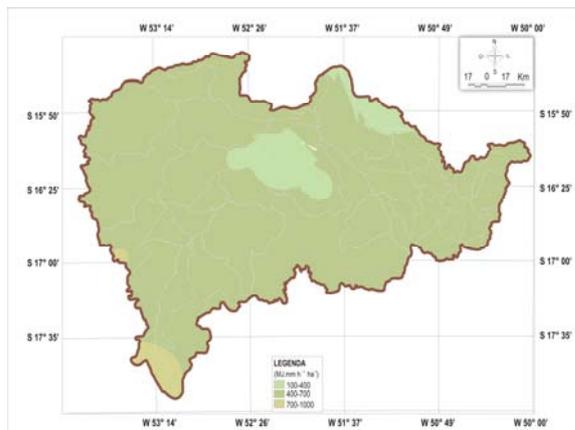


Fig. 9 – Erosividade média - Outono.

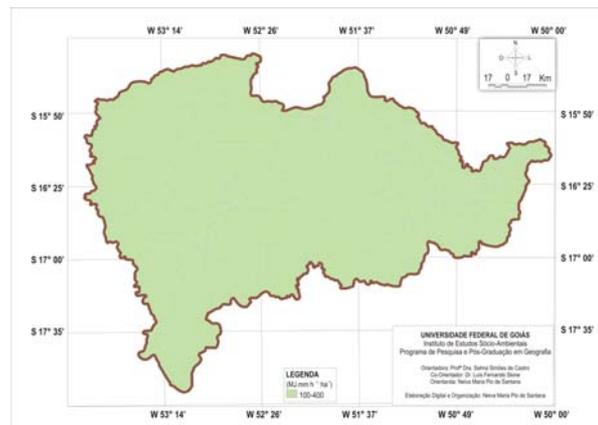


Fig. 10 – Erosividade média - Inverno.

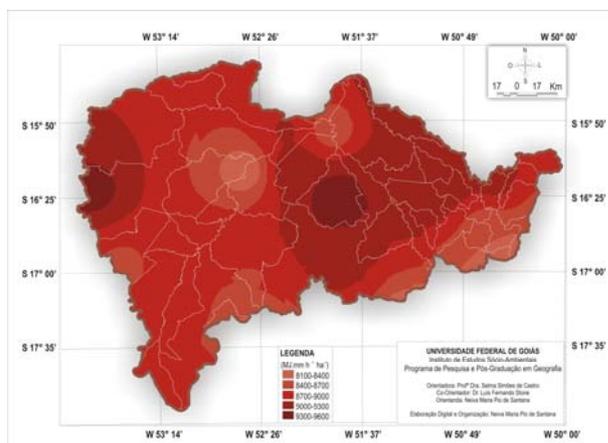


Fig. 11 – Erosividade média anual.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. A aplicação da fórmula desenvolvida para Presidente Prudente mostrou-se adequada para aplicação na área de estudo, apresentando alto coeficiente de correlação com os dados pluviométricos da área ( $r^2 = 0,9521$ ).

2. A erosividade média anual das chuvas na região da alta bacia do rio Araguaia (GO/MT) é  $8861,62 \text{ MJ.mm.h}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ .
3. O período crítico em relação à erosão, devido à ocorrência de chuvas erosivas na área, é de outubro a março, quando ocorrem 91,4% do total anual, valor altamente significativo, já que demonstra alta concentração da erosividade. Nesse período devem estar concentradas as perdas mais significativas de solo por erosão.

## **BIBLIOGRAFIA**

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. Conservação do solo. Piracicaba: Livroceres, 1985.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. Equação de perdas de Solos. Boletim Técnico, São Paulo, n. 21, jan. 1975.

BOIN, M.N. Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada. 2000. 264f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto Geográfico de Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2000.

MELLO, M. H. de A. et al. Características agroecológicas da microbacia – Córrego Fortuna – município de Presidente Venceslau (SP). Boletim técnico, IAC, Campinas, n.186 out.1999.

NIMER, Edmon. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE,1979.