

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA DIÁRIA E A EROSIVIDADE NA UNIDADE HIDROGRÁFICA PIRAPÓ, PARANAPANEMA III E IV, ESTADO DO PARANÁ

Paulo Miguel de Bodas Terassi

Doutorando em Geografia Física - Universidade de São Paulo
pmbterassi@usp.br

Hélio Silveira

Professor Doutor do Departamento de Geografia - Universidade Estadual de Maringá
hesilveira70@hotmail.com

Carlos Henrique da Graça

Doutorando em Geografia - Universidade Estadual de Maringá
henriquechg@gmail.com

Recebido: 24/09/2015; Aceito para publicação: 02/05/2016

RESUMO

O presente trabalho objetivou analisar de forma integrada a frequência das classes de pluviosidade, as alturas pluviométricas, o número de dias de chuva e estabelecer o índice de erosividade das chuvas em localidades selecionadas conforme a técnica de Análise Cluster para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - Paraná. Aplicou-se o índice de erosividade das chuvas de Rufino, Biscaia e Merten (1993). A hierarquização da pluviosidade em número de dias de chuva foi dividida nos seguintes intervalos: $\geq 10,1$ mm e $\geq 60,1$ mm. A análise comparativa entre as classes de pluviosidade identificou que os valores máximos de pluviosidade diária estão relacionados às prováveis características de gênese da pluviosidade. Situado no grupo homogêneo de cotas altimétricas mais elevadas, o posto pluviométrico de Araçongas apresentou os maiores valores de pluviosidade, número de dias de chuva, erosividade e a maior frequência de pluviosidade diária superior a 10,1 mm e, no entanto, o menor número de dias de chuva superior a 60,1 mm, o que se atribui ao efeito orográfico e a predominância de sistemas frontais para a geração de chuvas, considerando a maior proximidade com o clima subtropical, de chuvas mais frequentes, mas não necessariamente mais intensas.

Palavras-chave: chuvas intensas; potencial erosivo; bacia hidrográfica.

DAILY RAINFALL INTENSITY AND THE EROSIVITY IN PIRAPÓ, PARANAPANEMA III AND IV HYDROGRAPHIC UNIT, PARANÁ STATE

ABSTRACT

This paper aims to analyze in an integrated manner the frequency of rainfall classes, the rainfall heights, the number of rainy days and establish the erosivity index of rainfall for selected locations chosen as representative of homogeneous groups, defined from the Cluster Analysis technique, for Pirapó, Paranapanema III and IV hydrographic unit - Paraná. Was used the rainfall erosivity index of Rufino, Biscaia and Merten (1993). The hierarchy of rainfall in number of rainy days was divided in the following ranges: ≥ 10.1 mm and ≥ 60.1 mm. The comparative analysis between the rainfall classes identified that the maximum values of daily rainfall are connected to the probable characteristics of the rainfall genesis. Situated in the homogeneous group of the highest elevation, the rainfall gauge Araçongas had the highest values of rainfall, number of rainy days, erosivity and the highest frequency of daily rainfall higher than 10.1 mm and. By the other hand, Araçongas had the lowest number of days of rain to top 60.1 mm, which is attributed to the orographic effect and the predominance of frontal systems for generating rain, considering the greater proximity to the subtropical climate, that has more frequent rainfall, but not necessarily more intense.

Keywords: intense rainfalls; erosive potential; watershed.

INTRODUÇÃO

O estudo da intensidade pluviométrica é altamente relevante, pois as questões relacionadas ao impacto ambiental negativo decorrente de chuvas intensas tem sido motivo de grande preocupação para técnicos e administradores ligados ao planejamento e à ocupação do espaço geográfico (MELLO et al., 1994).

Botelho e Silva (2004) discorrem que grande parte dos estudos relacionados aos volumes e intensidade das chuvas procura determinar sua capacidade em causar erosão. As chuvas mais intensas e duradouras são aquelas que ocasionam mais erosão, pois estas muitas vezes excedem a capacidade de infiltração dos solos ou então saturam rapidamente, gerando o escoamento superficial.

Para Santos, Griebeler e Oliveira (2010) é de suma importância os estudos das chuvas intensas, sua relação com a erosão hídrica e com as características físicas das chuvas (frequência e duração), que são as mais significativas para a ocorrência da erosão quando associadas às condições de relevo movimentado, características físicas do solo adversas e uso e manejo do solo inadequado.

No meio rural, tal questão se aplica principalmente em áreas onde a drenagem superficial é prática indispensável, visando à conservação do solo, a partir de orientações das medidas necessárias para minimizar os danos ocasionados pelas chuvas intensas (CRUCIANI, 1986; REICHARDT, 1987). Em áreas urbanas, os resultados de pesquisas dessa natureza são largamente utilizados no dimensionamento de captadores de águas pluviais e na previsão de alagamentos, e minimizando as inundações e os efeitos erosivos (TUCCI, 2004).

Um dos parâmetros mais utilizados para mensurar a capacidade das chuvas em causar erosão é o cálculo do índice de erosividade, no qual está inserida a intensidade pluviométrica, e que permite descobrir os valores de energia potencial para transformar-se em energia cinética responsável pela erosividade (SILVA, 2004). Dessa forma, o conhecimento e a quantificação das características físicas da chuva e da erosividade são aspectos fundamentais para o planejamento de uso e manejo do solo em uma região (CARVALHO et al., 2005).

Originalmente proposta por Wischmeier e Smith (1978), a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) tem no fator R a representação da erosividade das chuvas, na qual é definida como o produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos. Nesse contexto, a erosividade das chuvas subsidia as estimativas de perdas de solo, que é potencialmente uma informação importante para o manejo de bacias hidrográficas (VALLE JÚNIOR et al., 2010).

Especificamente, os solos que recobrem grande porção da região Norte e Noroeste do Paraná, região na qual está situado o recorte espacial dessa pesquisa, se desenvolveram a partir dos arenitos das Formações Adamantina, Santo Anastácio e Caiuá, resultaram em solos bem desenvolvidos, profundos e de texturas média a arenosa, pouco resistentes à ação das águas

pluviais e, conseqüentemente, mais vulneráveis ao desenvolvimento dos processos erosivos (MARTINS et al., 2012). Ainda, os setores nos quais se localizam as bacias hidrográficas em estudo apresentam elevados volumes de pluviosidade, características próprias às regiões tropicais e, segundo Waltrick et al. (2015), caracterizam por elevados valores anuais de erosividade de chuvas, entre 6.000 e 8.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

As condições mencionadas acima, associada ao processo de ocupação da área, iniciado a partir da década de 1950, desencadeou profundas transformações nos sistemas pedológicos, relacionados à origem e evolução de intensos processos erosivos, com destaque para erosão linear (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985). Conforme assegura Maack (2012), esses processos estão correlacionados à fragilidade natural dos solos, aos elevados totais pluviométricos e intensificado pelo uso e manejo inadequado.

Nóbrega et al. (2015) afirmam que a erosão é o tipo mais comum de impacto em toda área de estudo, gerando perdas de grandes volumes de solo nas encostas e o assoreamento e a diminuição da qualidade dos corpos de água. Esses mesmo autores mencionam que os setores de solos derivados do arenito são geralmente mais vulneráveis à erosão e que, o entanto, o aumento da dissecação do relevo e maiores inclinações, também aumenta a vulnerabilidade à erosão até mesmo em solos originados do basalto da Formação Serra Geral.

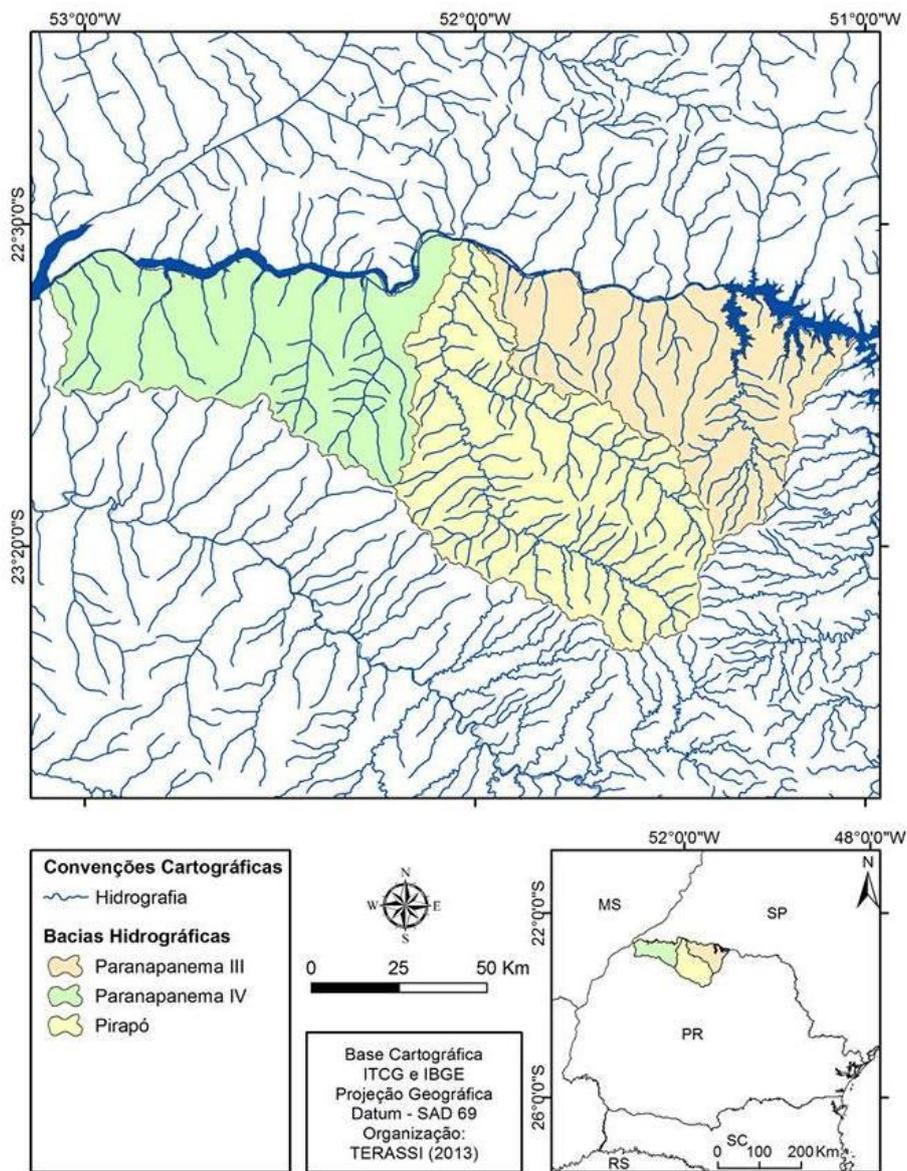
Considerando o exposto, o presente trabalho objetivou analisar de forma integrada a frequência das classes de pluviosidade, as alturas pluviométricas, o número de dias de chuva e estabelecer o índice de erosividade das chuvas em localidades selecionadas conforme a técnica de Análise Cluster para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - Paraná.

Esse estudo está alinhado ao projeto de pesquisa institucional e multidisciplinar “Rede de Monitoramento da Bacia do Rio Pirapó, Paranapanema III e IV - Análise e Monitoramento do Comportamento Hidrológico”, desenvolvido por diferentes setores de grandes áreas do conhecimento da Universidade Estadual de Maringá em conjunto com a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). As informações provenientes dessa pesquisa têm a finalidade de fornecer informações para prover o uso e manejo racional das bacias hidrográficas.

LOCALIZAÇÃO E ÁREA DE ESTUDO

A unidade hidrográfica dos rios Pirapó, Paranapanema III e IV situa-se no Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 2012), entre paralelos de 22°30' S e 23°30' S e os meridianos de 51°00' W e 53°00' W, nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Paraná (Figura 1). A área das bacias abrange uma superfície aproximada de 13.026 km², sendo que a extensão individual da bacia hidrográfica do Pirapó é de 5.067 km², do Paranapanema III é de 3.776 km² e do Paranapanema IV é de 4.183 km² (ITCG, 2013).

Figura 1. Localização da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV- PR.



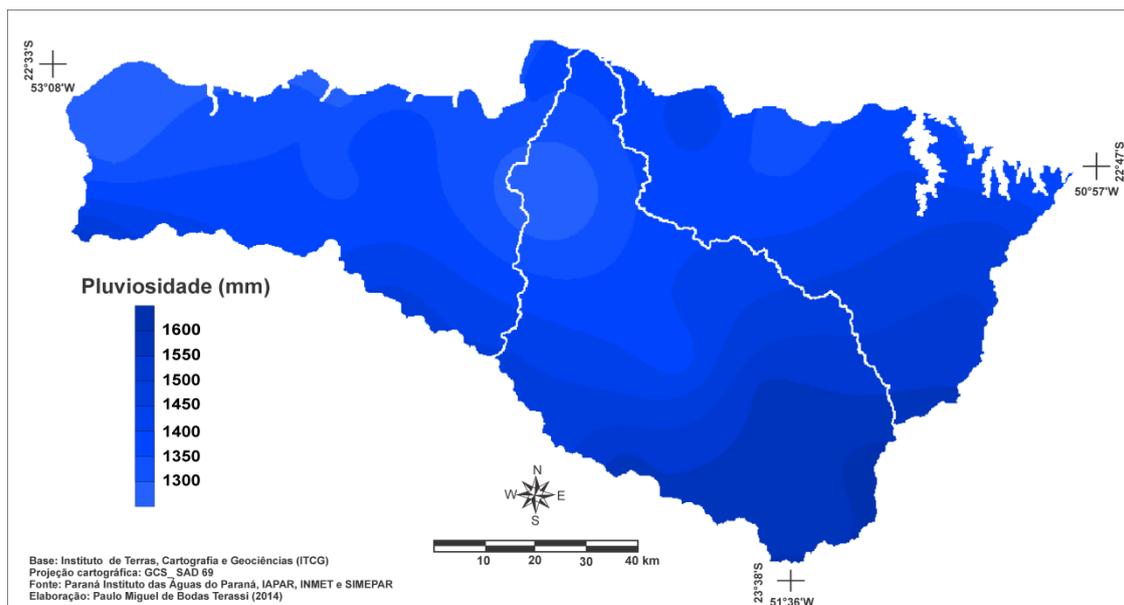
As bacias hidrográficas Pirapó, Paranapanema III e IV estão situadas nas seguintes unidades litológicas: o basalto originado pelos derrames de lava da Formação Serra Geral; e as rochas areníticas do Grupo Bauru, formadas no período cretáceo da era mesozóica: as Formações Adamantina e Santo Anastácio e Cuiá (MINEROPAR, 2001). Nos setores onde os solos são oriundos da alteração de rochas básicas da Formação Serra Geral é encontrado o Latossolo Vermelho textura argilosa, o Nitossolo Vermelho férrico textura argilosa e o Neossolo Litólico. Na região das formações areníticas, os solos derivados dessas rochas são predominantemente o Latossolo Vermelhos de textura média e o Argissolo Vermelho de textura arenosa/média (EMBRAPA, 2007).

O Instituto Agrônômico do Paraná (CAVAGLIONE et al., 2000), utilizando-se do método de Köppen (1918), definiu a tipologia climática das regiões Norte e Noroeste do estado, nas quais estão situadas as bacias hidrográficas em estudo, como de clima Cfa (subtropical quente), por apresentarem temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, além de verões quentes com tendência de concentração das chuvas, invernos com geadas pouco frequentes, e sem estação seca definida.

Contudo, os estudos de Terassi e Silveira (2013) identificaram para a bacia hidrográfica do rio Pirapó a tipologia e Am (tropical com inverno seco) para as porções de menores cotas altimétricas, nas quais a temperatura do mês mais frio encontra-se entre 18°C e 22°C e a do mês mais quente acima dos 22°C, com precipitação pluviométrica concentrada nos meses de verão e significativa redução nos meses de inverno. A obtenção de tais tipologias climáticas demonstra nitidamente um quadro de transição climática (do subtropical para o tropical) existente na área de estudo, fator que regula a dinâmica atmosférica, inclusive, das demais bacias hidrográficas, Paranapanema III e IV.

Terassi (2015) indica que os valores mais elevados das isoietas para o recorte em estudo estão situados no setor sul, com média superior a 1.600 mm, ao passo que as médias pluviométricas anuais reduzem gradativamente no sentido norte, com valores mínimos das isoietas de 1.300 mm (Figura 2). O mesmo autor destaca que a distribuição espacial das médias pluviométricas anuais é concordante com as características do relevo regional, com valores mais elevados de pluviosidade nas porções de maiores cotas altimétricas, enquanto que ocorre uma redução desses mesmos valores para os setores de menores altitudes.

Figura 2. Distribuição espacial da pluviosidade média anual (mm) para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.



Segundo Serra et al. (2012) predomina o uso por pastagens nas regiões onde predominam os solos provenientes de formações compostas por arenitos, sobretudo na bacia hidrográfica Paranapanema IV, mesorregião Noroeste. A utilização da terra por culturas temporárias (soja, milho e trigo) predomina nas porções das bacias hidrográficas onde ocorre a cobertura pedológica dos solos argilosos originados da Formação Serra Geral.

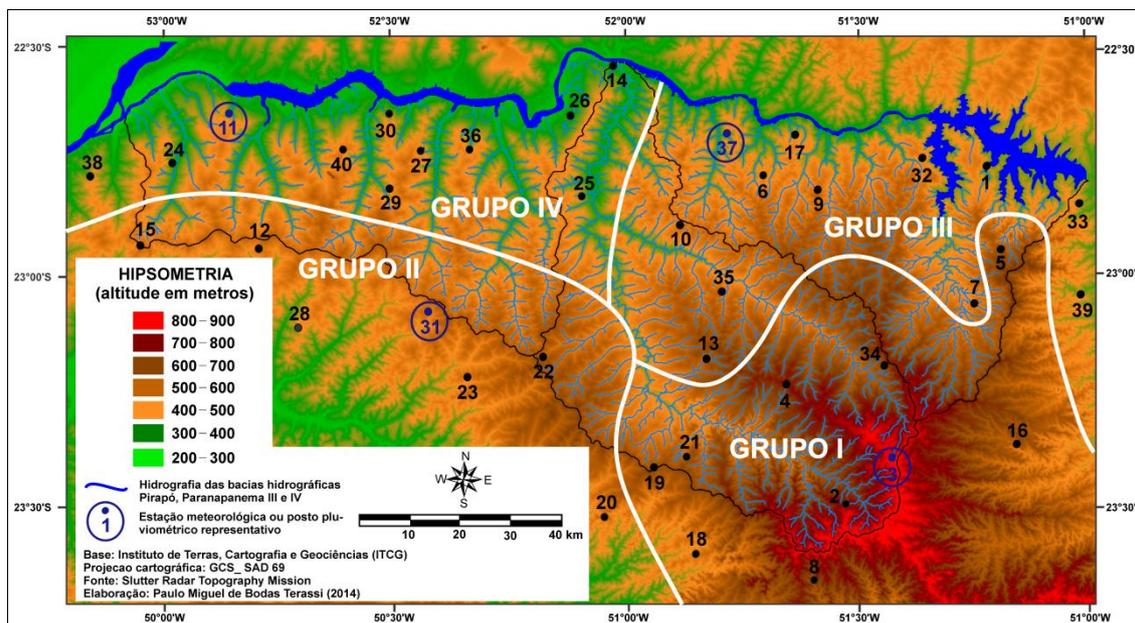
MATERIAL E MÉTODOS

Foram obtidos os dados de chuva de trinta e cinco postos pluviométricos junto ao Instituto das Águas do Paraná e de cinco estações meteorológicas, sendo três da rede do IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná) em Bela Vista do Paraíso, Londrina e Paranavaí, uma da rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) em Maringá, e uma da rede do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) em Apucarana, sendo trabalhados com segmento temporal de 1976 a 2012 (Figura 3).

Para a seleção de postos pluviométricos ou estações meteorológicas representativas, partiu-se da análise de agrupamento para a seleção das localidades mais representativas de cada grupo para a área de estudo. Utilizou-se o método de agrupamento aglomerativo de *Ward* e utilizou-se como medida de proximidade a distância euclidiana (JAIN *et al.*, 1999). Esse procedimento permitiu a elaboração do dendrograma e a verificação de estações meteorológicas e postos pluviométricos com comportamento similar.

A interpretação das características como proximidade em relação os postos de mesmo grupo e semelhantes cotas altimétricas possibilitou identificar e definir quatro grupos homogêneos quanto à pluviosidade. Assim, o agrupamento permitiu a escolha de estações meteorológicas e postos pluviométricos representativos, circulos em azul na figura 3, que foram escolhidos para um estudo detalhado das características da pluviosidade e erosividade das chuvas, tendo como finalidade específica à hierarquização das chuvas.

Figura 3. Distribuição dos grupos pluviométricos homogêneos e respectivas estações meteorológicas e postos pluviométricos representativos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.



Após a análise do banco de dados, verificou-se a qualidade (inexistência de falhas) dos registros diários de pluviosidade e foram selecionados os seguintes postos de coletas de dados para a hierarquização das chuvas: Arapongas, posto pluviométrico 3, para o grupo homogêneo I; Paranaíba, estação meteorológica 31, para o grupo homogêneo II; Diamante do Norte, posto pluviométrico 11, para o grupo homogêneo III; Santo Inácio, posto pluviométrico 37, para o grupo homogêneo IV (Figura 3 e Tabela 1).

Tabela 1 - Localização geográfica da estação meteorológica* e dos postos pluviométricos selecionados como característicos dos grupos homogêneos selecionados para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV.

Número no mapa de localização	Código ANEEL	Posto Pluviométrico/ Estação Meteorológica	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
3	02351048	Arapongas	23°24'00"	51°25'59"	793
11	02252015	Diamante do Norte	22°39'15"	52°51'38"	329
31	02352017*	Paranaíba	23°05'00"	52°26'00"	480
37	02251041	Santo Inácio	22°41'47"	51°47'23"	373

Os cálculos do índice de erosividade foram realizados segundo Rufino et al. (1993), que estabeleceram 8 regiões isoerosivas para o Estado do Paraná aplicando a equação do tipo $Y = a + b(x)$ para determinar os coeficientes linear e angular de erosividade das chuvas. Os valores atribuídos a área de estudo encontram-se na região isoerosiva 4 ($Y = 16,73 + 4,02$), sendo relacionados aos dados pluviométricos a partir da equação:

$$EI_m = 16,73 + 4,02 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{9,80665} \quad (1)$$

Onde: EI_m – Índice de Erosividade mensal ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.mês^{-1}$); p – Precipitação média mensal (mm); P – Precipitação média anual (mm); 9,80665 – Conversão Kgf.m para MJ.

Os índices anuais de erosividade (EI_a) foram obtidos pelo somatório dos valores mensais e expresso em $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$.

A manutenção dos respectivos valores de coeficiente linear e coeficiente angular são justificados pelos resultados prévios de densidade de fluxo radiante apresentados por Terassi (2015) para esse mesmo recorte espacial, que foram similares aos verificados por Rufino, Biscaia e Merten (1993).

Como não houve a possibilidade de recorrer-se aos dados de pluviógrafos devido à falta de registros, não se pôde definir a frequência de ocorrência de chuvas erosivas e, portanto, realizou-se uma analogia verificando a ocorrência de chuvas diárias iguais ou acima de 10,1 mm e 60,1 mm e a sua participação em volume na composição das normais climatológicas para a escala anual. Especificamente, foram selecionadas para a escala mensal as informações quanto ao número de dias de chuva com acumulados superiores aos destacados acima, uma vez que os registros de eventos de pluviometria superior a esses volumes se mostraram mais satisfatórios para a comparação com a distribuição mensal dos resultados de erosividade.

Foram selecionados os dados de pluviosidade acima 10,1 mm em 24 horas com a finalidade comparativa com as chuvas erosivas, definidas por Wischmeier e Smith (1978) Cabeda (1976) como os eventos de precipitação acima de 10 mm em 30 minutos, e que são utilizadas usualmente para subsidiar práticas conservacionistas em áreas agrícolas. Destacou-se a ocorrência de dias com chuva igual ou acima de 60,1 mm, considerando como relevantes os apontamentos de Brandão (2004), Zanella (2007) e Gonçalves (2011), que consideram que os maiores impactos das chuvas intensas, tanto para a ocorrência de escorregamentos quanto de alagamentos em áreas urbanas, estiveram associados aos registros diários superiores a tais alturas.

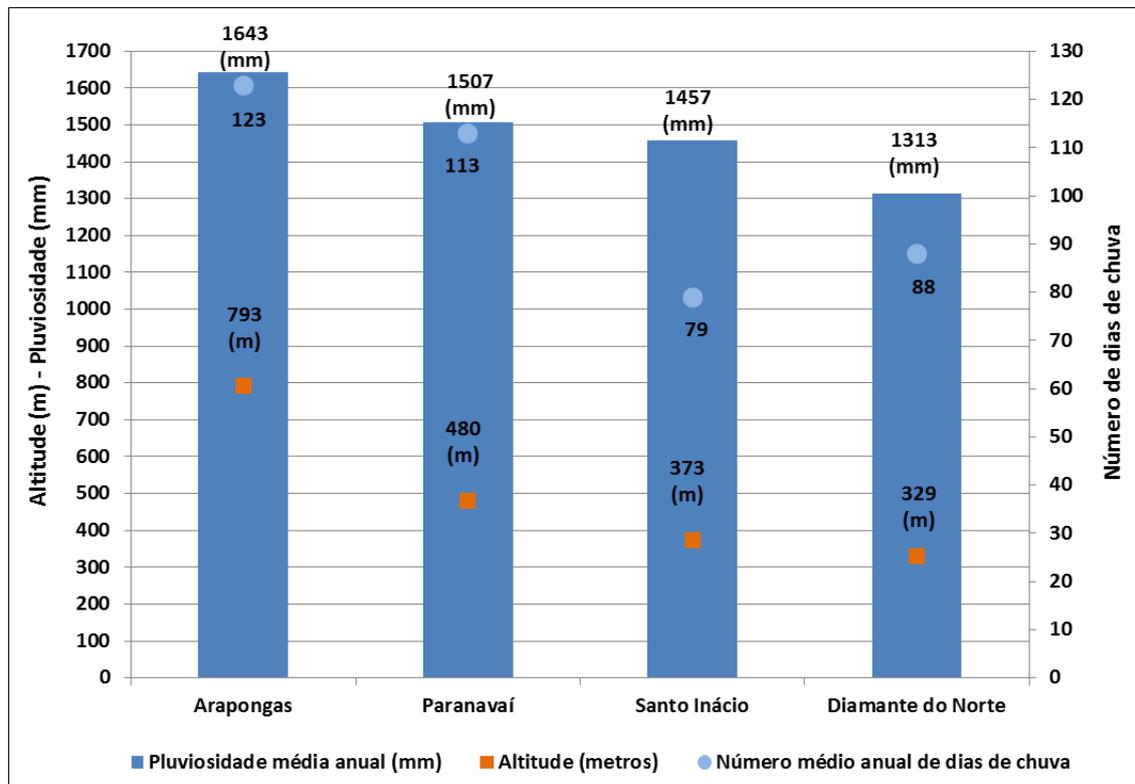
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Representativa do grupo homogêneo I, o posto pluviométrico de Arapongas encontra-se numa altitude 793 metros, apresentou uma média de pluviosidade anual de 1.643,1 mm, com um número médio de 122,6 dias de chuva no ano. A estação meteorológica de Paranaíba selecionada para caracterizar o grupo homogêneo II, localizada numa altitude de 480 metros,

apresentou uma média pluviométrica anual de 1.507,6 mm, com uma média anual de 112,9 de dias de chuva (Figura 4). Conforme indicado por Silva et al. (2006), essas duas localidades mostram que o setor a montante da unidade hidrográfica caracteriza-se pela maior pluviometria atribuída ao efeito orográfico e, conjugadamente, pela atuação constante de sistemas atmosféricos extratropicais e intertropicais. O posto pluviométrico de Santo Inácio caracteriza o grupo homogêneo III, estando situado numa altitude de 373 metros e apresentando uma pluviosidade média anual de 1.456,6 mm e uma média anual de 79 dias de chuva. O grupo homogêneo IV teve Diamante do Norte como posto pluviométrico selecionado, situado a uma altitude de 329 metros, a menor dentre as localidades analisadas, mostrando também a menor média anual da pluviosidade, equivalente a 1.313,3 mm, e uma média anual de 88,4 dias de chuva (Figura 4). Os postos pluviométricos descritos acima representam o setor setentrional da unidade hidrográfica, setor no qual Silva et al. (2006) destacam que ocorrem as menores alturas de pluviosidade e número de dias de chuva devido às menores altitudes e à menor atuação conjugada de sistemas atmosféricos extratropicais e intertropicais.

De modo geral, os grupos homogêneos I e II apresentam maiores alturas pluviométricas e número de dias de chuvas anuais que estão relacionados com o desempenho do efeito da orografia e uma maior aproximação com as características de clima subtropical do Sul do Brasil, ao passo que os grupos homogêneos III e IV obtiveram menores resultados devido à diminuição da orografia e regime pluviométrico próprio ao ocorrente nas regiões tropicais do Brasil Central (NIMER, 1989).

Figura 4. Características de altimetria (metros), pluviosidade média anual e número médio anual de dias de chuva para os postos pluviométricos e estação meteorológicas representativas dos grupos homogêneos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.



Com uma erosividade média anual de $7.967,7 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, resultado aproximado aos $7.880 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ obtidos por Waltrick et al. (2015), o posto pluviométrico de Arapongas obteve os maiores valores anuais de pluviosidade, número de dias de chuva e do potencial erosivo das chuvas, mostrando um comportamento típico do setor composto pelos postos pluviométricos e estações meteorológicas do grupo homogêneo I, região em que o fator orográfico é determinante para o maior potencial erosivo das chuvas (Figura 5).

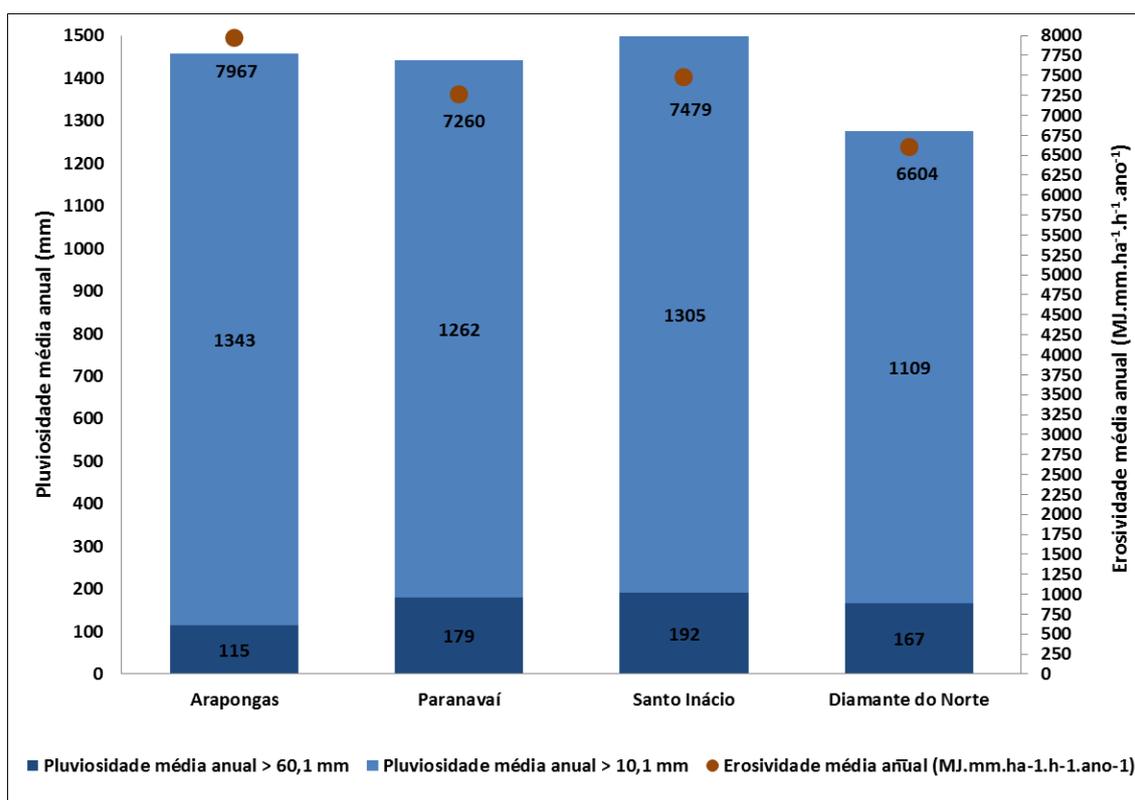
A estação meteorológica de Paranavaí obteve um potencial erosivo médio anual de $7.260,1 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, aproximada aos $7.340 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ observadas por Waltrick et al. (2015). Conforme indicado para o grupo homogêneo IV, o posto pluviométrico de Diamante do Norte obteve a menor média da erosividade anual, equivalente a $6.604,0 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, resultado alinhado a menor pluvimetria e ao menor número de dias de chuva obtidos para a localidade (Figura 5).

O posto pluviométrico de Santo Inácio apresenta uma erosividade média anual de $7.479,0 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Comparativamente, apresenta um potencial erosivo das chuvas superior em relação a Paranavaí e a Diamante do Norte, sobretudo pela maior concentração de pluviosidade em um menor número de dias de chuva, mostrando que esse setor da unidade hidrográfica apresenta uma maior intensidade relativa das chuvas (Figura 5).

A hierarquização das chuvas possibilitou a identificação de alguns padrões de pluviosidade e sua relação com a erosividade das chuvas. O maior volume de pluviosidade igual ou superior a 10,1 mm, equivalente a 1.343 mm, foi obtido para o posto pluviométrico de Arapongas, que apresentou 81,2% do total de pluviosidade da sua série histórica com registros diários superiores a esta altura pluviométrica. Entretanto, proporcionalmente, indicou-se que o posto pluviométrico de Santo Inácio obteve 89,6%, correspondente a 1.305 mm da pluviosidade da normal climatológica superior a 10,1 mm (Figura 5).

Observa-se que embora o posto pluviométrico de Arapongas apresente um maior volume pluviosidade, as proporções indicaram que o posto pluviométrico de Santo Inácio registrou uma maior intensidade pluviométrica, com maior média absoluta e porcentagem do volume de pluviosidade igual ou superior a 60,1 mm. A estação meteorológica de Paranaíba e o posto pluviométrico de Diamante do Norte apresentaram características intermediárias e condizentes com os padrões observados para seus respectivos grupos homogêneos (Figura 5).

Figura 5. Volume médio anual pluviosidade igual ou superior a 10,1 mm e a 60,1 mm e a erosividade média anual para os postos pluviométricos e estação meteorológicas representativas dos grupos homogêneos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.



Os resultados da hierarquização da pluviosidade máxima diária para a escala mensal indicaram alguns padrões ocorrentes na unidade hidrográfica dos rios Pirapó, Paranapanema III e IV.

Com o maior número de dias de chuva, maiores alturas pluviométricas e maiores potencialidade erosiva das chuvas, o posto pluviométrico de Arapongas destaca-se por apresentar em todos os meses do ano a maior ocorrência de pluviosidade igual ou superior a 10,1 mm (Figura 6). No entanto, mesmo com a obtenção dos maiores valores do índice anual de erosividade das chuvas, o posto pluviométrico de Arapongas registrou a menor quantidade de número de dias de chuvas iguais ou superiores a 60,1 mm (Figura 7). Esse diferencial em relação às alturas pluviométricas máximas diárias está relacionado ao provável tipo de gênese das chuvas, uma vez que esta localidade situa-se mais próxima dentre as demais do domínio climático subtropical, que apresenta uma maior participação dos sistemas frontais para a formação de chuvas e, portanto, caracteriza-se por chuvas mais frequentes, mas que não são necessariamente mais intensas.

Inversamente, o posto pluviométrico de Diamante do Norte obteve predominantemente os menores registros de pluviosidade diária igual ou superior a 10,1 mm, o que concorda com a menor média de dias de chuva e os menores valores médios de pluviosidade e de erosividade das chuvas. Entretanto, não foi o posto pluviométrico de menores registros de pluviosidade diária superior a 60,1 mm, uma vez que essa localidade situa-se em uma região de características pluviométricas mais próximas ao clima tropical, de chuvas mais concentradas em 24 horas (Figuras 6 e 7).

Embora apresente menores alturas pluviométricas em relação à estação meteorológica de Paranaíba, o posto pluviométrico de Santo Inácio destaca-se como o de maior ocorrência de pluviosidade diária igual ou superior a 60,1 mm, sobretudo para os meses da estação chuvosa (janeiro, março, novembro e dezembro), conforme indicado pelas figuras 6 e 7. Essa condição explica o porquê Santo Inácio obteve valores de erosividade superiores aos verificados para Paranaíba, mesmo esse último tendo obtido maiores alturas pluviométricas, o que se atribui a uma característica mais evidente de tropicalização, com uma maior concentração das chuvas em menores períodos, dada à predominância da possível gênese das chuvas para a região na qual esta localidade situa-se, de maior proximidade com o clima tropical do Brasil Central e, portanto, de ocorrência maior de chuvas convectivas.

A diferença nas características das chuvas para a área de estudo está em conformidade ao observado por Ribeiro (1987) para a bacia hidrográfica do rio Pirapó. Esse autor indicou que o Alto Pirapó, no qual está situado o posto pluviométrico de Arapongas, apresenta os totais pluviométricos mais elevados e um maior número de dias de chuva, ao passo que a pluviosidade se reduz em aproximadamente 35% em direção à foz, nas proximidades de Santo Inácio, com um aumento significativo das chuvas máximas concentradas em 24 horas, principalmente no verão, resultante do domínio de sistemas atmosféricos tropicais.

Notou-se que as maiores disparidades da ocorrência de pluviosidade diária igual ou superior a 10,1 mm e a 60,1 mm para a estação meteorológica e os postos pluviométricos ocorrem nos

meses de verão, o que pressupõe a caracterização típica de chuvas convectivas, de maiores intensidades e menores extensões espaciais. Contrariamente, os meses de inverno são aqueles em que se verificam as menores disparidades entre as localidades, uma vez que principal sistema atmosférico que caracteriza a geração das chuvas, a frente polar atlântica, atua de forma mais homogênea (Figuras 6 e 7).

Observa-se que a variação mensal da erosividade está relacionada aos registros de pluviosidade igual superior a 10,1 mm e 60,1 mm. O período de setembro a março apresentou os maiores valores de erosividade e, concordante, o maior número de dias de chuva igual ou superior a 10,1 e a 60,1 mm, ao passo que os meses de julho e agosto se destacaram pela maior redução tanto da erosividade quanto dos registros de pluviometria superior ao volume citado anteriormente (Figuras 6 e 7). Destaca-se que o mês de janeiro, com o maior potencial erosivo das chuvas para todas as localidades selecionadas, não necessariamente apresenta os maiores registros de dias de chuva igual ou superior a 60,1 mm (Figura 7).

O aumento da pluviosidade média mensal para os meses de maio e outubro em relação aos meses antecessores e sucessores se deve ao aumento dos registros de pluviosidade igual ou superior a 10,1 mm e 60,1 mm, sobretudo para o posto pluviométrico de Diamante do Norte e a estação meteorológica de Paranaíba, nos quais se verificam de forma mais significativa o acréscimo de pluviosidade e do potencial erosivo das chuvas. Justifica-se que estas localidades mostram de forma mais intensa o aumento pluviométrico nesses meses por situarem-se na porção ocidental da unidade hidrográfica, com características atmosféricas mais próximas às observadas para o Oeste do estado do Paraná, onde se verifica mais firmemente o choque de diferentes massas de ar que caracterizam a transição das sazonalidades, conforme indicam Tommaselli, Baldo e Silveira (2004) (Figuras 6 e 7).

Figura 6. Número de dias de chuva iguais ou superiores a 10,1 mm e inferiores a 60,1 mm para a estação meteorológica e o posto pluviométrico representativos dos grupos homogêneos para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - Paraná.

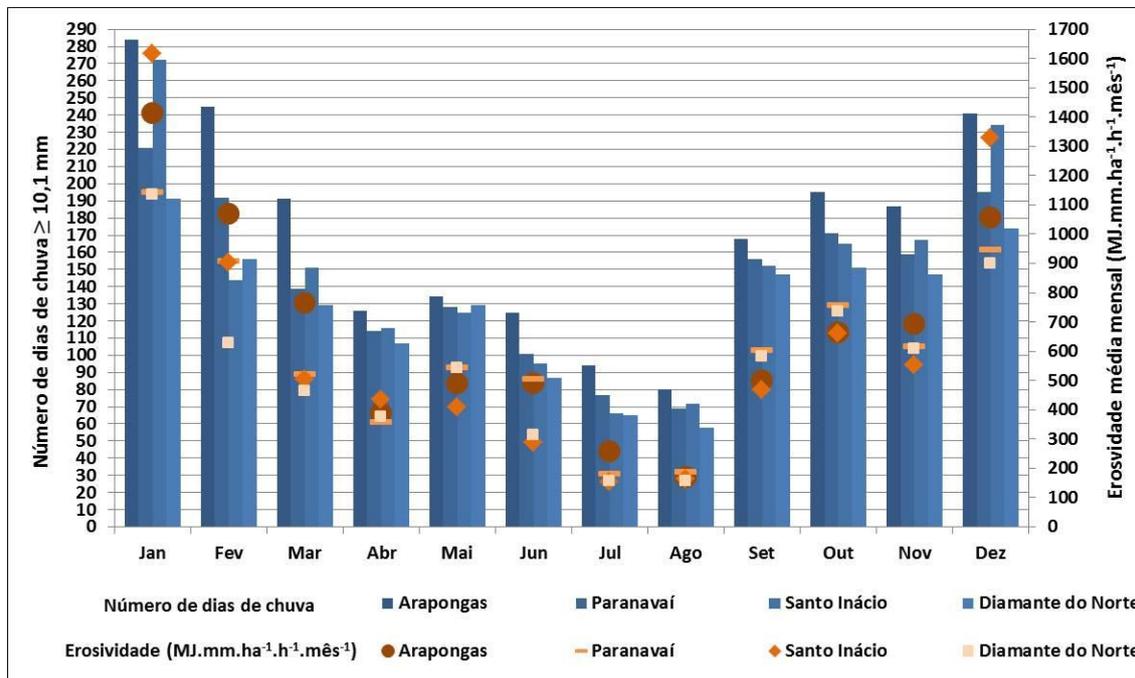
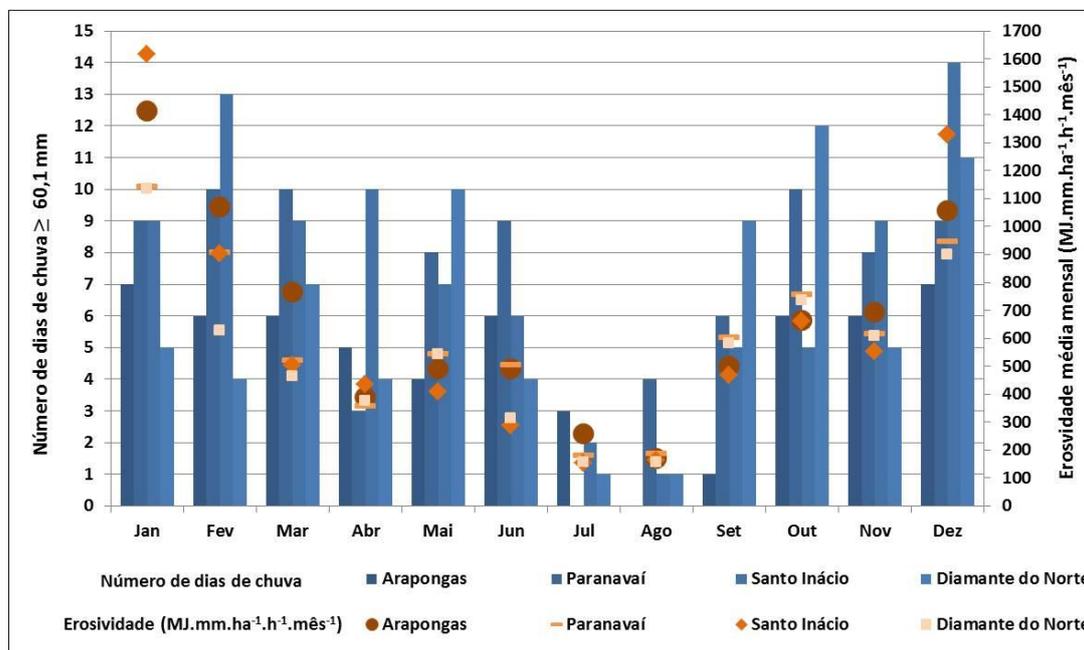


Figura 7. Número de dias de chuva registradas iguais ou superiores a 60,1 mm para a estação meteorológica e o posto pluviométrico representativos dos grupos homogêneos para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - Paraná.



Dados os resultados, ressalta-se que os maiores cuidados com a proteção dos solos para todas as localidades em estudo devem ocorrer no período de setembro a março, nos quais

ocorrem as maiores alturas pluviométricas máximas diárias e, com destaque para Paranaíba e Diamante do Norte, nos repiques de maio e outubro.

A região de Santo Inácio destaca-se como aquela de maiores cuidados no período do verão, tanto pelo indicativo de maior erosividade concentrada no verão quanto pelo maior número de pluviosidade superior a 60 mm em 24 horas. Mormente, essa localidade merece maiores atenções devido à sua cobertura pedológica, predominantemente de solos de textura média a arenosos, de menor coesão e mais susceptíveis aos processos erosivos, e a predominância da utilização intensiva por pastagens (NÓBREGA et al., 2015). Ferreira, Tavares Filho e Ferreira (2010) e Silva Filho, Cottas e Marini (2010), destacam que o deslocamento do rebanho de animais pode compactar o solo, o que dificulta a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial, aumentando as condições de erosões.

Por sua vez, a região de Apucarana se destaca pelo cultivo de lavouras temporárias (soja, milho e trigo), e carece de atenção nos períodos intermediários entre as culturas, nos quais o solo exposto pode ocasionar erosões nos setores de maiores declividades em áreas recobertas pelo Nitossolo Vermelho e Neossolo Litólico/Regolítico, solos muito argilosos oriundos do basalto da Formação Serra Geral (SOUZA; GASPARETTO, 2010).

CONCLUSÕES

A escolha da estação meteorológica e do posto pluviométricos a partir do emprego da Análise Cluster possibilitou a hierarquização da pluviosidade diária para a escala anual e mensal e avaliar a relação desse parâmetro com o número de dias de chuva, a pluviosidade e a erosividade das chuvas e, sobretudo, a compreensão da distribuição espacial e temporal da intensidade pluviométrica diária para os diferentes setores da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV.

Os resultados mostraram que o período que vai de setembro a março apresenta os maiores registros de pluviosidade igual ou superior a 10,1 mm e a 60,1 mm e que essa condição responde essencialmente pelo aumento do potencial erosivo das chuvas durante esses meses. Os registros de pluviosidade diária igual ou superior às alturas mencionadas acima identificou que os meses de julho e agosto se caracterizam pelas chuvas menos intensas e de menor potencial erosivo.

Sobretudo, a análise comparativa entre as classes de pluviosidade permitiu identificar que os valores máximos de pluviosidade diária estão relacionados às prováveis características de gênese da pluviosidade. Observou-se que o posto pluviométrico de Arapongas registrou as maiores alturas pluviométricas acima de 10,1 mm e, no entanto, os menores registros superiores a 60,1 mm, o que se atribui a maior influência do efeito orográfico e a predominância de sistemas frontais para a geração de chuvas, dada a maior proximidade com

o clima Subtropical, de chuvas mais frequentes, mas não necessariamente mais intensas. Por sua vez, o posto pluviométrico de Santo Inácio mostrou as maiores concentrações de chuvas intensas nos meses de verão e os maiores volumes de pluviometria superior a 60,1 mm, o que demonstra uma maior semelhança com o clima tropical e a formação de chuvas convectivas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa para a realização da dissertação de Mestrado intitulada “Variabilidade pluviométrica e a erosividade na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV, Paraná”, de autoria do primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. II Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Maringá, ABGE, ADEA, 1985, 332p.
- BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física Brasileira**. 1ª Edição, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 153-192, 2004.
- BRANDÃO, A.M.P.M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 2ª Edição, Rio de Janeiro: Editora Bertrand, p.47-95, 2004.
- CABEDA, M.S.V. Computation of storm EI values. **West Lafayette**, Purdue University, 1976. 6p.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD ROM.
- CARVALHO, D.F.; MONTEBELLER, C.A.; FRANCO, E.M.; VALCARCEL, R.; BERTOL, I. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.1, p 7-14, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000100002>
- CRUCIANI, D.E. **A drenagem na agricultura**. 1ª Edição. São Paulo. Ed. Nobel, 1986. 337p.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos: EMBRAPA: Solos e Florestas, ISSN 1517-2627, 2007. 95p.
- FERREIRA, R.R.M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V.M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias (Impresso)**, Londrina, v. 31, n.4, p. 913-932, 2010.
- KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Mitt**, v. 64, p. 193-203, 1918.
- GONÇALVES, N.M.S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F.A. **Clima urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2ª Edição, p.65-91, 2011.
- ITCG (Instituto de Terras, Cartografia e Geodésia). **Produtos Cartográficos**. Disponível em: <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>. Acesso em 20 de agosto de 2013.

- JAIN, A.K.; MURTY, M.N.; FLYNN, P.J. Data clustering: a review. **ACM Computing Surveys**, New York, v.31, n.3, p. 264-322, 1999. <http://dx.doi.org/10.1145/331499.331504>
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 4ª Edição. Ponta Grossa: Editora UEPG. 2012. 526p.
- MARTINS, V.M.; GASPARETTO, N.V.L.; CASTRO, S.S.; SANTOS, M.L. O sistema pedológico LV-PV-RQ e a erosão na região noroeste do Estado do Paraná, Brasil. In: BATEIRA, C; SOARES, L.; GOMES, A.; CHAMINÉ, H.I. (Org.). **Geomorfologia**. Porto: Sersilito Empresa Gráfica, v. 7, p. 115-124, 2012.
- MELLO, M.H.A.; ARRUDA, H.V.; ORTOLANI, A.A. Probabilidade de ocorrência de totais pluviiais máximos horários em Campinas, São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo v. 15, n.1/2, p. 59 - 67,1994. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.19940006>
- MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. 2001. Minerais do Paraná, Curitiba. 2001. 125p. CD ROM.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.
- NÓBREGA, M.T.; SERRA, E.; SILVEIRA, H.; TERASSI, P.M.; BONIFÁCIO, C.M. Landscape structure in the Pirapó, Paranapanema 3 and 4 Hydrographic Unit, in the state of Paraná, Brazil. **Brazilian Journal of Biology (Online)**, São Carlos, v. 27, n.4, s. 2, p. 1-13, 2015.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo. Editora. Manole, 1987. 188p.
- RIBEIRO, A.G. Caracterização termo pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 5, n.1, p. 91-135, 1987.
- 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**, v. 17, n.1, p. 439-444,1993.
- SANTOS, G.G.; GRIEBELER, N.P.; OLIVEIRA, L.F.C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.14, n.2, p. 115-123, 2010.
- SERRA, E.; NÓBREGA, M.T.; ANDRADE, J.A. Paisagem, estudo de caso no espaço agrário do Noroeste do Paraná. **Revista da ANPEGE**, Uberlândia, v. 8, n.10, p. 85-99, 2012. <http://dx.doi.org/10.5418/RA2012.0810.0006>
- SILVA, A.M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, Amsterdam, v. 57, n.3, p. 251-259. 2004.
- SILVA, C.B.; SANT'ANNA NETO, J.L.; TOMMASELLI, J.T.G.; PASSOS, M.M. Dinâmica atmosférica e análise geoestatística do clima na área de integração paisagística 'Raia Divisória' SP/PR/MS: uma proposta de tipologia climática. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 2, p. 53-70, 2006.
- SILVA FILHO, E.P.; COTTA, L.R.; MARINI, G.B.S. Avaliação da compactação dos solos em áreas de pastagens e florestas. **Boletim de Geografia (UEM)**, Maringá, v. 28, n.1, p. 115-125, 2010.
- SOUZA, V.; GASPARETTO, N.V.L. Avaliação da erodibilidade de algumas classes de solos no município de Maringá por meio de análises físicas e geotécnicas. **Boletim de Geografia**, v. 13, n. 2, p. 267-278, 2010. <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v28i2.10386>
- TERASSI, P.M.B.; SILVEIRA, H. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. **Formação**, Presidente Prudente, v. 1, n.20, p. 111-128, 2013.
- TERASSI, P.M.B. **Variabilidade pluviométrica e a erosividade na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV, Paraná**. 2015. 185f. Programa de Pós - Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.
- TOMMASELLI, J.T.G.; BALDO, M.C.; SILVEIRA, H. **Caracterização pluviométrica da mesorregião geográfica centro ocidental paranaense**. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Aracajú, p. 1-9, 2004.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3ª Edição. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2004.943p.

VALLE JUNIOR, R.F.; GALBIATTI, J.A.; MARTINS FILHO, M.V.; PISSARRA, T.C.T. Potencial de erosão da bacia do Rio Uberaba. **Engenharia Agrícola (Impresso)**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 897-908, 2010.

WALTRICK, P.C.; MACHADO, M.A.M.; DIECKOW, J.; OLIVEIRA, D. Estimativas da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: Atualização com dados de 1986 a 2008. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.1, p. 256-267, 2015.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. **Agricultural Handbook**, Washington, n. 537, 1978, 58p.

ZANELLA, M.E. Impactos pluviais no Bairro Cajuru - Curitiba - PR. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 1, p. 93-105, 2007.