Regiões pluviométricas homogêneas e a erosividade das chuvas na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - Paraná

Homogeneous rainfall regions and rainfall erosivity in the hydrographic unit Pirapó, Paranapanema III and IV hydrographic unit - Paraná

Paulo Miguel de Bodas Terassi
Doutorando em Geografia Física pela Universidade de São Paulo
pmbterassi@gmail.com

Hélio Silveira
Professor Doutor do Departamento de Geografia e do
Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá
hesilveira70@hotmail.com

Carlos Henrique da Graça
Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá
henriquechg@gmail.com

Artigo recebido para revisão em 03/12/2015 e aceito para publicação em 06/03/2016

Resumo

O presente trabalho objetiva definir regiões pluviométricas homogêneas e investigar a relação entre o regime pluviométrico e o potencial da erosividade para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - Paraná. Foram obtidos os dados de pluviosidade de trinta e cinco postos pluviométricos do Instituto das Águas do Paraná e de cinco estações meteorológicas do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), trabalhados com o segmento temporal de 1976 a 2012. O índice de erosividade da chuva utilizado foi calculado a partir da equação apresentada por Rufino, Biscaia e Merten (1993) para o estado do Paraná. Definiu-se que o método de agrupamento mais adequado é o método aglomerativo de Ward, tendo como medida de proximidade a distância euclidiana. A área de estudo apresenta uma variação espacial da pluviosidade que mostra a influência da orografia principalmente para a distribuição espacial na escala anual, enquanto que a localização dos grupos demonstra uma maior associação à dinâmica atmosférica, conforme consultado pela literatura, para a compreensão da distribuição mensal das chuvas. Sobretudo, a delimitação dos grupos pluviométricos homogêneos permitiu compreender a relação entre o relevo, as alturas pluviométricas e o potencial erosivo das chuvas.

Palavras-chave: agrupamento, pluviosidade, potencial erosivo, bacia hidrográfica.

Abstract

This paper aims to define homogeneous rainfall regions and to investigate the relationship between rainfall and the potential erosivity for Pirapó, Paranapanema III and IV hydrographic unit - Paraná. The rainfall data was collected from thirty five rain gauges at Paraná Water Institute and from five weather stations at Paraná Agronomy Institute (IAPAR), National Weather Institute (INMET) and Paraná Meteorological System (SIMEPAR) and were processed within the temporal segmentation 1976 to 2012. The erosivity index rain used was calculated from the equation presented by Rufino, Biscaia and Merten (1993) for the Paraná State. It was defined that the most appropriate clustering method is the agglomerative method of Ward, with the proximity measure the Euclidean distance. The study area presents a spatial variation of rainfall that shows the orography influence mainly to the spatial distribution in the annual scale, while the location of groups shows a greater association with the atmospheric dynamics, as referred in the literature, for understanding the monthly distribution of rainfall. Above all, the delimitation of homogeneous rainfall groups allowed to understand the relationship between relief, the rain heights and the erosive potential of rainfall.

Keywords: clustering, rainfall, erosive potential, watershed.

1. INTRODUÇÃO

A climatologia utiliza-se de diferentes técnicas para a representação espacial e temporal dos elementos climáticos e a sua relação com os demais componentes da dinâmica climática. Uma das técnicas mais aplicadas para a compreensão da estrutura espacial e temporal dos atributos do clima, a análise de agrupamentos, permite avaliar as características climáticas de determinada região a partir da similaridade de um conjunto de variáveis. Diversos trabalhos têm demonstrado a eficácia da aplicação desta técnica para a avaliação espacial de diversos parâmetros climáticos.

Keller Filho, Assad e Lima (2005) destacam que a análise de agrupamento permite identificar adequadamente regiões pluviométricas homogêneas quanto ao regime de chuvas. Estes mesmos autores obtiveram seis regiões pluviométricas homogêneas e as subdividiram em vinte e cinco zonas homogêneas conforme as especificidades dos regimes pluviométricos para as diferentes características climáticas do território brasileiro.

Souza et al. (2012) identificaram regiões homogêneas quanto ao regime de pluviosidade e temperatura para o estado do Mato Grosso do Sul a partir da utilização da técnica de agrupamentos. Avaliaram que os resultados provenientes deste procedimento mostram de forma satisfatória a relação entre os elementos climáticos e a influência determinante de fatores como a estrutura topográfica, a variação de latitude e longitude, e a passagem de sistemas de massas de ar.

Com ênfase à pluviometria, um dos principais aspectos da influência desse elemento climático para a dinâmica ambiental corresponde ao potencial exercido para a ocorrência da erosão. Denominada de erosividade das chuvas, o fator R da EUPS (Equação Universal de Perdas do Solo) corresponde à atuação das forças ativas da pluviosidade para a desagregação dos solos frente a outros componentes como o grau de uso proteção do solo, às propriedades dos tipos de solos, ao declive do terreno, entre outros (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

Usualmente, a energia cinética da erosividade das chuvas é mensurada diretamente por métodos diretos, com o monitoramento da carga de energia das partículas dos pingos de chuvas, e por métodos indiretos, usualmente calculados a partir de equações, que são ajustadas ao regime de pluviometria e mais apropriadas para áreas mais abrangentes. O cálculo da energia cinética da erosividade das chuvas definidas a partir da pluviometria permite a definição das regiões e dos setores com o maior impacto à atuação das chuvas para a ocorrência da erosão e, dessa forma, subsidiam o planejamento do uso e manejo do solo por indicar medidas preditivas para o setor agrícola e ambiental (MORETI et al., 2003).

O mapeamento da erosividade das chuvas para o Brasil realizado por Silva (2004) indicou que mais de 70% do território brasileiro apresenta um potencial erosivo alto ou muito alto, ressaltando a condição de que esta se trata de uma problemática predominante em regiões de clima tropical, onde

a erosão corresponde a um dos principais fatores para as perdas de solos, que repercutem em assoreamento de cursos d'água, redução da produtividade agrícola, entre outros problemas ambientais.

Dentre os resultados mais recentes, o cálculo da distribuição espacial e temporal da erosividade das chuvas para o estado do Paraná, realizado por Waltrick et al. (2015), indicam um elevado potencial erosivo das chuvas para todas as regiões com significativas variações, entre 6000 a 12000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, revelando uma significativa consonância das isoerodentes com o regime pluviométrico e que todas as regiões do estado do Paraná caracterizam-se por um alto potencial erosivo das chuvas.

O recorte espacial selecionado para esta pesquisa, em diferentes litologias, apresenta significativos problemas com os processos erosivos, sejam eles decorrentes de eventos pluviométricos ou de sua conjugação ao uso e manejo inadequado do solo. Especialmente, os setores recobertos por solos de origem textural arenosa destacam-se pela elevada susceptibilidade aos processos erosivos, principalmente por sua maior erodibilidade. Ainda, as porções recobertas por formações litológicas basálticas mostram vulnerabilidade à erosão em solos com heterogeneidade textural, como o Nitossolo Vermelho, devido a sua ocorrência em setores de maiores declives (NAKASHIMA; NÓBREGA, 2003).

Considerando a eficácia do emprego da técnica de agrupamentos e a importância da compreensão espacial e temporal do cálculo da erosividade das chuvas, o presente trabalho objetiva definir regiões pluviométricas e investigar a relação entre o regime pluviométrico e o potencial da erosividade para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV. Este estudo está alinhado ao projeto de pesquisa institucional "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), com a finalidade de fornecer informações para prover o uso e manejo racional das bacias hidrográficas.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV está situada 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. A área das bacias abrange uma superfície aproximada de 13026 km², sendo que a extensão individual da bacia hidrográfica do Pirapó é de 5067 km², a do Paranapanema III é de 3776 km², e a do Paranapanema IV, 4183 km² segundo o ITCG (2013), como mostra a Figura 1.

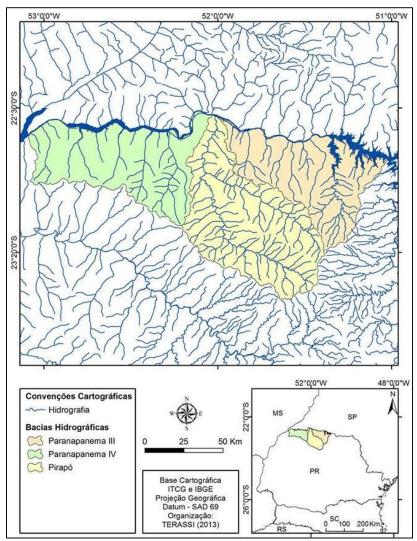


Figura 1 - Localização da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV-PR.

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 Cauiá (MINEROPAR, 2001). Nos setores onde os solos são oriundos da alteração de rochas básicas da Formação Serra Geral são encontrados os Latossolos Vermelho textura argilosa, os Nitossolo Vermelho férrico textura argilosa e os Neossolos Litólicos. Na região das formações areníticas, os solos derivados dessas rochas são predominantemente os Latossolos Vermelhos de textura média e os Argissolos Vermelho de textura arenosa/média (EMBRAPA, 2007).

O Instituto Agronômico 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 Ama (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.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

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 Agronômico do Paraná), uma da rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), e uma da rede do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná), trabalhados com segmento temporal de 1976 a 2012. Os dados dos postos e estações meteorológicas que estão ao entorno das bacias hidrográficas foram utilizados na busca de uma melhor distribuição espacial da precipitação pluviométrica e da erosividade das chuvas e, também, considerando a importância destes para o preenchimento de falhas (Figura 2).

Para a realização do tratamento estatístico das séries históricas de precipitação dos postos pluviométricos procedeu-se o preenchimento das falhas existentes para a escala mensal através da utilização da planilha eletrônica Excel 2010. Os dados faltantes dos postos pluviométricos e estações meteorológicas foram preenchidos seguindo o método de ponderação regional apresentado por Villela e Mattos (1975). Esse método, segundo Oliveira et al. (2010), é amplamente utilizado para fazer esta estimativa e tem como base o registro pluviométrico de três postos localizados o mais próximo possível do posto em que se verifica a falta de dados, com a seleção de postos com características pluviométricas e altitudes semelhantes.

O índice de erosividade da chuva utilizado na presente pesquisa foi calculado utilizando os dados de precipitação média mensal e média anual dos trinta e quatro postos pluviométricos e das cinco estações meteorológicas para a série temporal de 1976 a 2012. Para estabelecer os valores do índice de erosividade (EI_m) foi utilizada a equação do tipo Y = a + bx, onde: Y =indice de erosão ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$); a e b =coeficientes linear e angular, e $x = p^2/P$ (pluviosidade média mensal ao quadrado dividido pela pluviosidade média anual), apresentada por Rufino, Biscaia e Merten (1993) para o Estado do Paraná, que identificaram oito regiões isoerosivas.

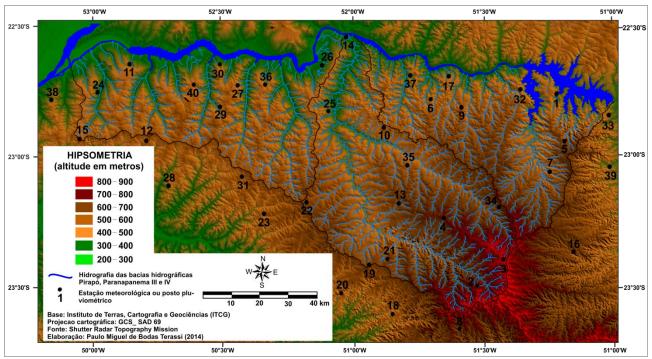


Figura 2 - Localização geográfica dos postos pluviométricos e estações meteorológicas inseridas dentro e no entorno da área de estudo.

Os valores determinados por Rufino, Biscaia e Merten (1993) para a área de estudo encontramse na região isoerosiva três (Y = 22,05 + 4,21) para a estação meteorológica 5 e para os postos pluviométricos 1, 7, 32, 33 e 39 - (Equação 1), enquanto os demais trinta postos pluviométricos e quatro estações meteorológicas situam-se na região isoerosiva quatro (Y = 16,73 + 4,02) - (Equação 2). Estas atribuições que dão parâmetros para as seguintes equações:

$$EI_{m} = 22,05 + 4,21 \left(\frac{p^{2}}{P}\right)^{*9,80665}$$
(1) $EI_{m} = 16,73 + 4,02 \left(\frac{p^{2}}{P}\right)^{*9,80665}$ (2)

Onde: EI_m - Índice mensal de erosividade da chuva (MJ.mm.ha $^{-1}$.h $^{-1}$.m $\hat{e}s^{-1}$); p -Precipitação média mensal em milímetros; P - Precipitação média anual em milímetros; 9, 80665 — Conversão de kgf.m para MJ.

Para o presente trabalho, definiu-se que o método de agrupamento mais adequado para o emprego da análise de agrupamento é o método aglomerativo de Ward, que é um método hierárquico e que possibilita a determinação da distância entre dois grupos a partir da soma dos desvios ao quadrado dos pontos aos centroides, sendo que a atribuição de um elemento a um grupo é feita de modo a minimizar a soma dos quadrados dentro dos grupos.

Utilizou-se como medida de proximidade a distância euclidiana, pois se considera como a mais favorável para a representação da similaridade e dissimilaridade de postos pluviométricos e a mais comumente utilizada para a análise de variáveis quantitativas (JAIN; MURTY; FLYNN, 1999).

A aplicação do método de agregação de Ward e da distância euclidiana enquanto medida de proximidade foi verificada em diversos autores para o agrupamento de postos pluviométricos, entre eles Nery, Martins e Baldo (2002) e Andrade e Nery (2003), entre outros.

Os dados utilizados para essa análise foram os totais anuais de pluviosidade para o período de 1976 a 2012 dos 40 postos pluviométricos e estações meteorológicas. A análise de agrupamento produz um gráfico denominado dendrograma, elaborado pelo aplicativo Statistica versão 7.0, e apresenta um resumo de método aplicado passo a passo, unindo os dois primeiros objetos (postos pluviométricos e totais pluviométricos), até o passo final no qual todos os elementos foram agrupados constituindo um único grupo. Após a análise de dados e do agrupamento, foi realizado um ponto de corte que definiu o número de grupos desejados e os respectivos postos pluviométricos e estações meteorológicas.

O corte em relação à distância de ligação permitiu a interpretação dos conjuntos formados pelas árvores de ligação do dendrograma e possibilitou a identificação de padrões de distribuição anual e mensal das chuvas que permitiram a formação de grupos harmônicos e coerentes. Junto ao padrão de regime das chuvas, foram utilizados como critérios as características do relevo, a proximidade espacial de postos pluviométricos e estações meteorológicas e a proximidade destes em relação às árvores de ligação, formando, desta forma, os grupos homogêneos que apresentam as características climáticas regionais. Estas escolhas de parâmetros para a formação dos grupos homogêneos é subjetiva e atendem às necessidades a serem obtidas pelos objetivos propostos para a presente pesquisa.

A aplicação da técnica de agrupamentos a partir do emprego do método Ward e da distância Euclidiana permitiu a elaboração do dendrograma e a verificação de estações meteorológicas e postos pluviométricos com comportamento similar. Especificamente, o posto pluviométrico 15 foi eliminado do agrupamento, pois apresenta uma hipsometria diferente e está localizado distante do grupo I, o qual deveria estar inserido, conforme indica o dendrograma da figura 3, além de situar-se fora do ponto de corte definido.

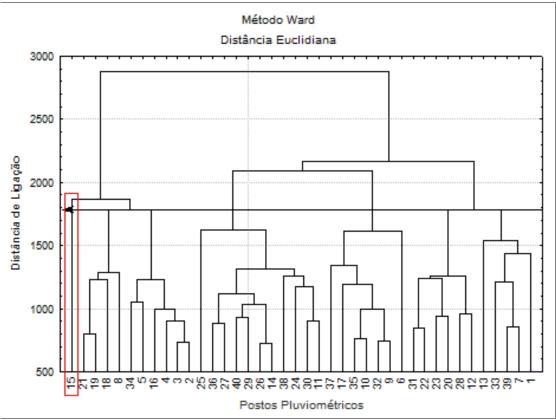


Figura 3 - Dendrograma para os 40 postos pluviométricos e estações meteorológicas para a unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A interpretação das características como a proximidade em relação aos postos de mesmo grupo e semelhantes cotas altimétricas possibilitou identificar e definir quatro grupos homogêneos (Figura 4). Este agrupamento permitiu um estudo das características da pluviosidade e erosividade das chuvas. Destaca-se que a formação dos grupos homogêneos seguiu em partes os resultados provenientes do dendograma (Figura 3), uma vez que a interpretação e a análise de aspectos físicos como a altimetria, a localização e a distribuição mensal da pluviometria foram determinantes para a delimitação espacial deste procedimento.

Os grupos formados seguiram características específicas quanto à altimetria predominante, a pluviosidade e a erosividade das chuvas. A altitude média de 354 metros responde pela menor média da pluviosidade e erosividade anual de toda unidade hidrográfica para o grupo I, para o qual se obteve uma média pluviométrica anual de 1341,2 mm e erosividade média anual de 6882,3 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (Figura 5). Observa-se, ainda, que a sua condição setentrional revela uma característica de tropicalização climática, uma vez que está mais aproximada ao Brasil Central (NIMER, 1989), região onde ocorre uma concentração das chuvas no período de verão e primavera e uma maior dependência de sistemas atmosféricos intertropicais para a geração de chuvas.

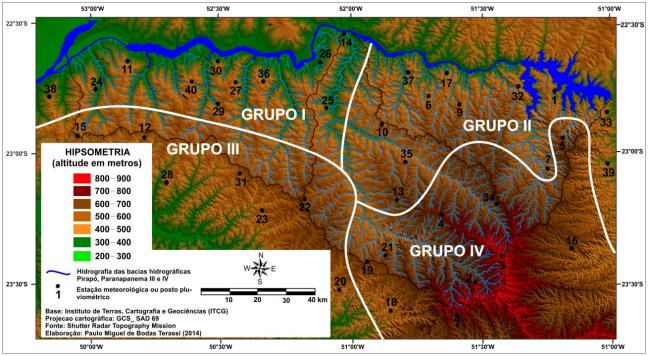


Figura 4 - Distribuição dos grupos pluviométricos homogêneos e respectivas estações meteorológicas e postos pluviométricos representativos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

O grupo II apresentou uma altitude média de 416 metros. Os resultados indicaram uma média de pluviosidade de 1395,9 mm, com uma média anual do potencial erosivo de 7363,9 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Com uma altimetria média de 497 metros, o grupo III obteve uma pluviosidade média anual de 1458,5 mm e erosividade média anual de 7174,9 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (Figura 5). Comparativamente, o grupo II obteve maior erosividade média anual em relação aos grupos I e III, mesmo com menor pluviometria em relação a este último, o que se atribui a sua característica do regime pluviométrico mensal, com uma concentração mais evidente da pluviometria durante os meses de verão e primavera, principalmente pela influência significativa da dinâmica atmosférica do clima tropical do Brasil Central. Por sua vez, o grupo homogêneo II apresenta uma maior distribuição mais igualitária do regime de chuvas, comportamento próximo ao clima subtropical do Brasil Meridional, que repercute em um menor potencial erosivo das chuvas, mesmo que em cotas altimétricas mais elevadas.

O grupo VI apresentou uma média de altitude de 589 metros, compreendendo o setor de maior altimetria da unidade hidrográfica e que representa de forma mais notável a influência do efeito orográfico para o acréscimo do volume de pluviosidade. Obteve-se uma média de pluviosidade de 1589,9 mm, com uma erosividade média anual, correspondente a 7801,5 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ (Figura 5). Destaca-se que essa porção da unidade hidrográfica apresenta as maiores alturas pluviométricas e o maior potencial erosivo das chuvas por conjugar maior hipsometria com a provável atuação mais incisiva a participação de sistemas atmosféricos extratropicais.

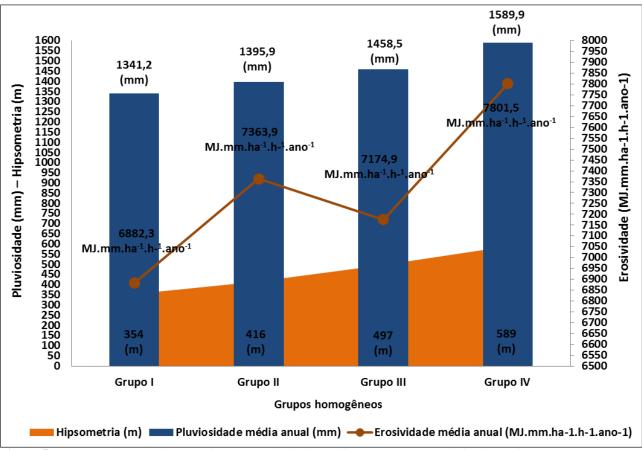


Figura 5 - Características de hipsometria (m), pluviosidade média anual (mm) e erosividade média anual (MJ.mm.ha⁻¹.h-¹.ano⁻¹) para os grupos homogêneos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

Conseguinte, constata-se que o grupo I apresenta os menores valores de pluviosidade e da erosividade das chuvas por sua menor hipsometria aliada a sua localização geográfica, que permite estabelecer características de pluviosidade próximas às regiões de clima tropical. O grupo IV obteve os maiores valores anuais de pluviosidade e da erosividade das chuvas, condição atribuída as maiores cotas altimétricas dos postos pluviométricos e estações meteorológicas e à provável maior participação de sistemas frontais na geração de chuvas. O grupo III caracteriza-se por condições intermediárias aos demais e, embora tenha sido o segundo grupo de maior pluviosidade média anual, obteve menor potencial erosivo em relação ao grupo II por mostrar uma relativa regularidade pluviométrica mensal. O maior potencial erosivo verificado pelo grupo II é justificado pelo seu regime mensal de chuvas em comparação com os grupos I e III, com maiores alturas pluviométricas nos meses de verão.

O agrupamento permitiu identificar alguns padrões espaciais e temporais da pluviosidade média mensal para a unidade hidrográfica. A unidade hidrográfica em estudo caracteriza-se predominantemente pela concentração de chuvas no período que vai de setembro a março, com 72,3% do volume de pluviosidade, uma vez que este período apresenta de forma mais consistente a interação entre sistemas atmosféricos intertropicais e extratropicais, responsáveis pela geração de chuvas (SILVA et al., 2006). Com a redução da participação dos sistemas atmosféricos intertropicais, o

outono e o inverno, destacadamente entre abril a agosto, mostram uma redução significativa de pluviosidade (Figura 6).

Com as maiores elevações, o grupo VI obteve majoritariamente as maiores alturas pluviométricas médias mensais para toda unidade hidrográfica. Com menor altimetria, o grupo I mostrou as menores médias pluviométricas para a maioria dos meses, com exceção de maio, agosto e outubro. Esta condição é refletida pelo cenário que ocorre no grupo II, de menor aumento de pluviosidade em maio e outubro em relação aos meses antecessores e sucessores, o que ocorre habitualmente em grande porção da unidade hidrográfica e mais evidente nos grupos I, II e IV, e a maior redução da pluviosidade no mês de agosto. Ainda, o grupo II é o que se apontou os maiores acréscimos da pluviosidade média mensal para os meses de janeiro e dezembro, além da maior redução pluviométrica nos meses de maio, agosto e outubro, corroborando a existência de uma tropicalização para esta área da unidade hidrográfica (Figura 6).

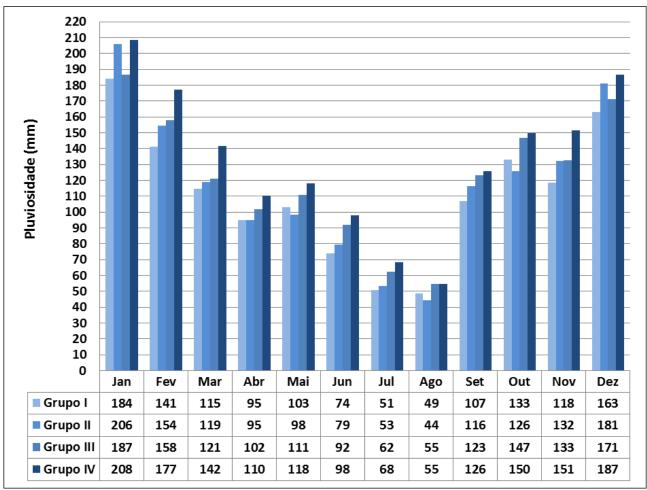


Figura 6 - Distribuição mensal da pluviosidade (mm) para os grupos homogêneos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

A análise mensal possibilitou indicar padrões espaciais e temporais das características de erosividade das chuvas. Mostrou-se que o grupo I e II apresenta de forma mais evidente características de tropicalização, com uma significativa redução dos resultados apresentados para os meses de junho,

julho e agosto. Especialmente, o grupo II apresentou o maior acréscimo do volume de pluviosidade e do potencial erosivo das chuvas para os meses de janeiro e dezembro e o grupo III mostrou o maior acréscimo do potencial erosivo para o mês de outubro. O grupo IV obteve os maiores valores mensais de erosividade, enquanto que o grupo I mostrou majoritariamente os menores valores médios mensais do índice de erosividade (Figura 7).

O comportamento da erosividade média mensal apresentou tendências espaciais verificadas anteriormente por Waltrick et al. (2015). Os grupos homogêneos II e IV, situados a leste da unidade hidrográfica, mostraram maior potencial erosivo especialmente durante alguns meses de verão e primavera, de novembro a março, confirmando uma aproximação aos resultados das isoerodentes obtidas pelo autor supracitado. Situados a oeste, os grupos homogêneos I e III mostraram de forma excepcional maiores incrementos de pluviometria e erosividade para o mês de outubro, que corresponde ao mês de maior potencial erosivo das chuvas para a região oeste paranaense, conforme observado por Silva (2004) (Figura 7).

Entretanto, essas tendências espaciais são delimitadas com mais afinco na unidade hidrográfica a partir das características do relevo regional e a localização geográfica, sendo que esta última define com maior propriedade a definição da atuação espacial dos sistemas atmosféricos e a sua participação na geração de chuvas, enquanto a primeira delimita o papel desempenhado pela orografia para o incremento da pluviometria. A hipsometria corresponde por tendencialmente mostrar os grupos homogêneos de maior pluviosidade e, no entanto, a compreensão do comportamento da erosividade das chuvas permitiu identificar que os resultados obtidos por este índice estão mais associados à distribuição mensal da pluviometria, resultante da dinâmica atmosférica.

O aumento da pluviosidade e, consequentemente, do potencial erosivo das chuvas para o mês de outubro e maio para os meses antecessores e sucessores são consequentes da habitual ocorrência de choques de massas de conteúdos distintos, uma vez que esses meses demarcam a transição sazonal (TOMMASELLI; BALDO; SILVEIRA, 2004). A concentração de 77,5% do potencial erosivo das chuvas para o período que vai de setembro a março para a totalidade da unidade hidrográfica delimitam as características da circulação atmosférica regional, especialmente pela atuação conjugada dos sistemas atmosféricos intertropicais aos extratropicais para a geração das chuvas.

Define-se, portanto, que o grupo homogêneo I apresenta o menor potencial erosivo das chuvas por sua menor orografia e menor participação de sistemas atmosféricos extratropicais para a geração de chuvas, especialmente em meses de inverno. Esta mesma característica é observada para o grupo homogêneo II, que por sua vez apresenta maior hipsometria em relação ao grupo citado anteriormente e os maiores desníveis de pluviosidade e erosividade comparação o período chuvoso e o período seco. Os grupos III e IV mantém uma tendência de maiores potenciais de erosividade das chuvas nos meses de outono e inverno, de abril a setembro, para toda a área de estudo (Figura 7). Contudo, o último

grupo apresenta maior potencial erosivo pela sua condição orográfica associada a provável maior influência de sistemas atmosféricos intertropicais e sua maior participação para a geração de chuvas para os meses de verão e primavera, especificamente entre novembro e março (NIMER, 1989).

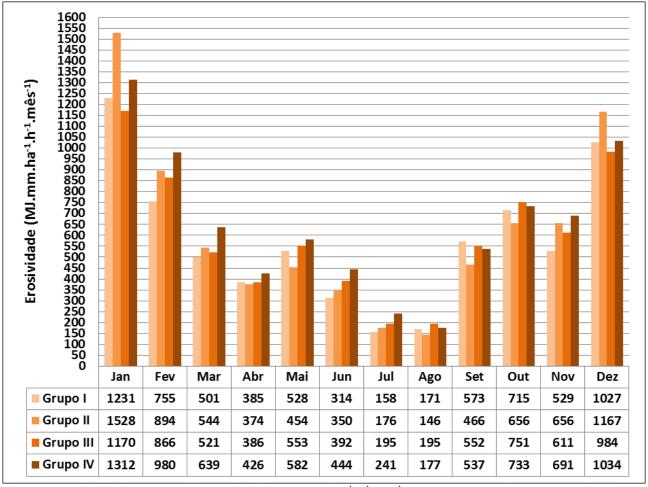


Figura 7 - Distribuição mensal da erosividade (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.mês⁻¹) para os grupos homogêneos da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos resultados mais relevantes, verificou-se que o período que vai de janeiro a março e de setembro a dezembro apresenta as maiores alturas pluviométricas médias e o maior potencial erosivo das chuvas. Em oposição, os meses de junho, julho e agosto obtiveram as menores médias de pluviosidade e de erosividade, com a atuação menor dos sistemas intertropicais e sua interação com sistemas extratropicais, o que caracteriza a tropicalização climática existente nas regiões Norte e Noroeste do Paraná, sobretudo nos setores mais setentrionais e de menores cotas altimétricas da unidade hidrográfica.

Quanto à distribuição espacial, mostrou-se que unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV apresenta uma variação da pluviosidade que mostra o desempenho da orografia para a sua distribuição espacial principalmente na escala anual, enquanto que a localização dos grupos mostra

uma maior associação à dinâmica atmosférica, conforme consultado pela literatura, para a compreensão da distribuição mensal das chuvas. Sobretudo, a delimitação dos grupos pluviométricos homogêneos permitiu compreender a relação entre o relevo, às alturas pluviométricas e ao potencial erosivo das chuvas e, posteriormente, relacioná-los com os aspectos da dinâmica atmosférica. Esperase que os resultados apresentados e discutidos ofereçam informações importantes e significativas para o planejamento e gestão das bacias hidrográficas e, especificamente, para as predições de perdas de solo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. R.; NERY, J. T. Análise da precipitação pluviométrica diária, mensal e interanual da bacia hidrográfica do Rio Ivaí, Brasil. **Investigaciones Geográficas**. Cidade do México, v. 52, n.1, p. 7-30, 2003.

BERTONI, J.C.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 8ª Edição. São Paulo: Editora Ícone, 2012. 355p.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. CD ROM.

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.

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.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E.D.; LIMA, P.R.S.R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v.40, n.4, p.311-322, 2005.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 4ª ed. Ponta Grossa: Editora UEPG. 2012. 526p.

MINEROPAR. **Atlas Geológico do Estado do Paraná.** 2001. Minerais do Paraná, Curitiba. 2001. 125p. CD ROM.

MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L.R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.1, p. 137-145, 2003.

NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M. T. **Solos do Terceiro Planalto do Paraná**. In: I Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, Maringá, p. 67-85, 2003.

NERY, J. T.; MARTINS, M.L.O.F.; BALDO, M.C. Correlação da precipitação do Estado do Paraná com a anomalia da temperatura de superfície do mar no pacífico equatorial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 305-316, 2002.

NIMER. E. **Climatologia do Brasil.** 2ªEdição. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.

OLIVEIRA, L.F.C; FIOREZE, A.P.; MEDEIROS, A.M.M.; SILVA, M.A.S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas em séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1186-1192, 2010.

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.

SOUZA, A.; FERNANDES, W.A.; ALBREZ, E.A.; GALVÍNCIO, J. Análise de agrupamento da precipitação e da temperatura no Mato Grosso do Sul. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v.6, n.12, p.109-124, 2012.

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.

TOMMASELLI, J. T. G.; BALDO, M. C.; SILVEIRA, H. Caracterização pluviométrica da mesorregião geográfica centro ocidental paranaense. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Aracaju, p.1-9, 2004.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

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.