

ANÁLISE ESTATÍSTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE CHUVA NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAQUINÉ, RS

João Vivente Godoy^{1}; Mariá Fischborn Baumbach²; Carla Moreira Melo³ & Masato Kobiyama⁴*

Resumo – A bacia do Rio Maquiné já foi palco de muitos desastres naturais desencadeados por chuvas intensas. Tais eventos vêm trazendo imensos prejuízos ao município de Maquiné, o qual contempla predominantemente esta bacia. À vista disto, a fim de contribuir nos estudos hidrológicos e ambientais, o presente trabalho utilizou dados de séries históricas das sete estações pluviométricas inseridas dentro e ao entorno da bacia. A partir de análises estatísticas, foram apontados maiores acumulados de chuva na região da planície do que no planalto, demonstrando a presença do efeito orográfico sobre a distribuição da chuva. Também foi constatado que os maiores acumulados das estações de planície ocorreram nos meses de verão.

Palavras-Chave – distribuição da chuva, efeito orográfico, bacia do rio Maquiné.

STATISTICAL ANALYSIS OF RAINFALL DISTRIBUTION IN THE MAQUINÉ RIVER BASIN REGION, RS

Abstract – The Maquiné river basin has been already the scene of many natural disasters triggered by intense rainfalls. Those events bring enormous damages to Maquiné city, which predominantly contemplates this basin. In order to contribute to hydrological and environmental studies, the present study used historical series of the seven rain gauge stations inserted within and around the basin. Statistical analysis results showed higher accumulated rainfall in the coast plain region than on the plateau, which implies the presence orographic effect on rainfall distribution pattern. It was also observed that the highest accumulations in the coast plain occurred in the summer season.

Keywords – rainfall distribution, orographic effect, Maquiné river basin

INTRODUÇÃO

O regime pluviométrico influencia o estilo de vida, a economia e o uso de solo de uma determinada região. Por sua vez, o regime pluviométrico é influenciado pela interação dos sistemas atmosféricos e características geográficas da região. Dentro do contexto dos recursos hídricos, a chuva é um dos elementos climáticos fundamentais. O conhecimento sobre ela é de extrema importância para o desenvolvimento social e econômico, sendo aplicado a diversos setores tais como: dimensionamento de estruturas hidráulicas, gestão agrícola, estimativa de seca e cheia e prevenção de desastres naturais/hidrológicos, tais como inundações e escorregamento de encostas. Tucci (2009) mencionou que as principais características da chuva são o seu volume total, duração e distribuição espacial e temporal.

¹Curso de Graduação em Engenharia Hídrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),joao.godoy@ufrgs.br

²Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),maribaumbach@yahoo.com.br

³ Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),carla.mm.melo@gmail.com

⁴Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),masato.kobiyama@ufrgs.br

* Autor Correspondente

Existe uma forte demanda no Brasil quanto à compreensão dos eventos de chuva intensa. Isso ocorre em função ao comum desencadeamento de fenômenos de inundações (graduais e bruscas) e movimentos de massa, que podem deflagrar desastres naturais. Segundo IBGE (2013) no período de 2008 a 2012, 72% dos municípios brasileiros sofreram com prejuízos com pelo menos um destes fenômenos. Segundo registros da Defesa Civil (BRASIL, 2015), o ano de 2007 (janeiro e março) foi marcado por intensas chuvas que repercutiram no decreto de estado de emergência do município de Maquiné, no Rio Grande do Sul. Esse município está situado em uma bacia hidrográfica de acentuada atividade hidrosedimentológica.

Diante disto, a bacia do rio Maquiné foi escolhida para realizar o presente estudo, no intuito de contribuir para o gerenciamento de recursos hídricos e desastres naturais do município. Esta região já possui estudo pluviométrico. Plá e Aquino (2004) estudaram o regime pluviométrico e temperatura na área de estudo com base na série histórica de estações localizadas em planície nos municípios de Maquiné, Imbé, Osório e Torres, todos no Rio Grande do Sul. O presente estudo almeja contribuir a partir de análises estatísticas, embasadas nas séries históricas de sete estações pluviométricas inseridas em distintas unidades geomorfológicas, na caracterização espacial e temporal da chuva da região. A partir destas análises, pretende-se fazer considerações sobre a dinâmica atmosférica da região e características gerais do relevo com o regime pluviométrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Maquiné (510km²), localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 29°29'13" e 29°35'42" de latitude sul e 50°17'27" e 50°10'18" de longitude oeste. Sua formação geológica é, em forma geral, o arenito Botucatu nas cotas mais baixas e sucessões de derrames basálticos da formação Serra Geral nas cotas adjacentes. Ela está inserida predominantemente no município de Maquiné e, em menor abrangência, em São Francisco de Paula/ RS, ao norte da bacia (Figura 1).

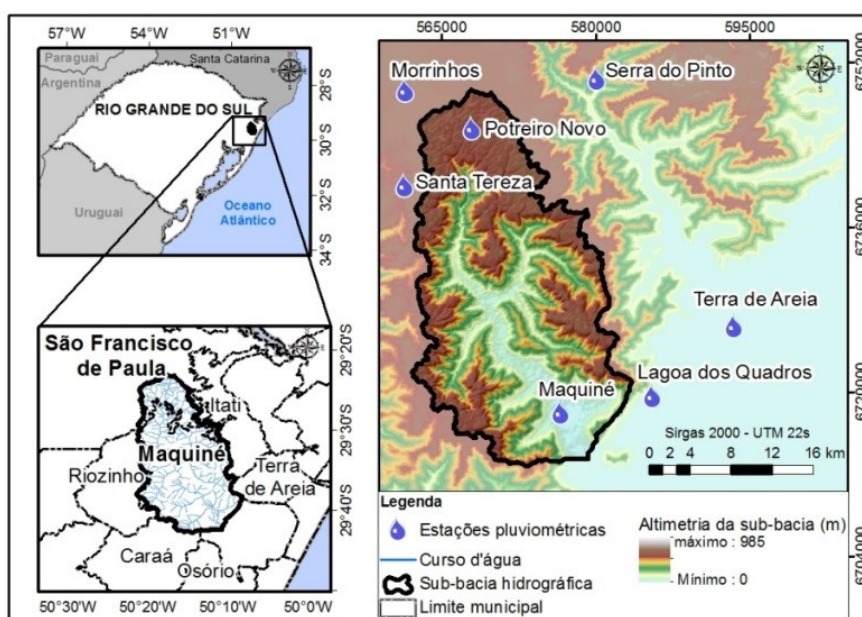


Figura 1 – Mapa de Situação e Localização da bacia hidrográfica do Rio Maquiné

De acordo com a classificação de Köppen, a área de estudo se enquadra no tipo Cfa (clima mesotérmico úmido, sem estação seca definida e com verão quente). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C, e a temperatura do mês mais frio varia de -3°C a 18°C (BECKER *et al.*, 2004). Há na região uma amplitude altimétrica superior a 900 m, o que caracteriza sua paisagem declivosa, que abrange a planície costeira, as escarpas da Serra Geral e os campos de cima da serra.

A bacia do rio Maquiné é caracterizada pelos fortes processos hidrosedimentológicos, com frequentes escorregamentos e inundações. O Rio Maquiné apresenta uma capacidade considerável de arrastar sedimentos (MAQUINÉ, 2013). Em seus depoimentos, moradores locais escutam o barulho das rochas se chocando dentro do rio em períodos de chuvas intensas.

Dados utilizados

Foram utilizadas séries temporais com resolução temporal diária da estação agroclimatológica, cedidas pela FEPAGRO, localizada no município de Maquiné. Também foram utilizadas séries disponíveis no portal HIDROWEB da Agência Nacional de Águas. Estas estações foram escolhidas levando em consideração a série histórica disponível, proximidade com a bacia e a unidade geomorfológica a qual se encontra (Tabela 1). As altitudes são providas das informações do inventário das estações da ANA, com exceção da estação Maquiné, obtida a partir de Plá e Aquino (2004).

Tabela 1 – Características gerais das estações pluviométricas

Estação	Código	Município	Cota (m)	Período analisado	Unidade geomorfológica
Maquiné	-	Maquiné	32	1961 – 2015	Planície
Potreiro Novo	2950024	São Francisco de Paula	860	1946 – 1970	Planalto
Santa Tereza	2950030		840	1946 – 1978	Encosta
Morrinhos	2950020		900	1943 – 1979	Planalto
Lagoa dos Quadros	2950018	Terra de Areia	3	1947 – 1978	Planície
Terra de Areia	2950038		40	1974 – 2006	Planície
Serra do Pinto	2950034	Itati	470	1960 - 2012	Encosta

Análise dos dados

O software Hidro 1.3 (ANA 2017) foi utilizado para análise estatística dos dados, como chuvas médias mensais e anuais e número de dias chuvosos. A intensidade diária média de chuva foi calculada a partir do quociente entre a chuva média mensal e o número de dias chuvosos ao mês. A partir dessas análises estatísticas, buscou-se avaliar a relação entre altitude e chuvas anuais e variações mensais e sazonais dos acumulados, número de dias chuvosos e intensidade média de chuva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no cálculo de todos os dados disponíveis em diferentes períodos, os valores médios da chuva anual das estações Terra de Areia, Lagoa dos Quadros, Maquiné, Santa Tereza, Serra do

Pinto, Potreiro Novo e Morrinhos são, respectivamente, 1756 mm, 1622 mm, 1700 mm, 1714 mm, 1547 mm, 1513 mm, e 1402 mm. A Figura 2 mostra que as estações inseridas na região de planície apresentaram maiores valores de chuvas. Destaca-se a estação Terra de Areia com a maior média anual de 1756 mm de chuva. Por conseguinte, as estações localizadas na encosta apresentaram médias anuais menores que as estações da planície, porém maiores que as estações do planalto. A estação Santa Tereza aponta maior média na encosta, com 1715 mm de chuva. As estações do planalto apresentaram as menores médias anuais. A estação Morrinhos apresentou a menor média, com 1403 mm. Considerando os valores de chuva anual obtidas nas estações e suas localizações altimétricas e geomorfológicas, o presente trabalho conceitualmente apresenta o efeito orográfico na chuva (Figura 3).

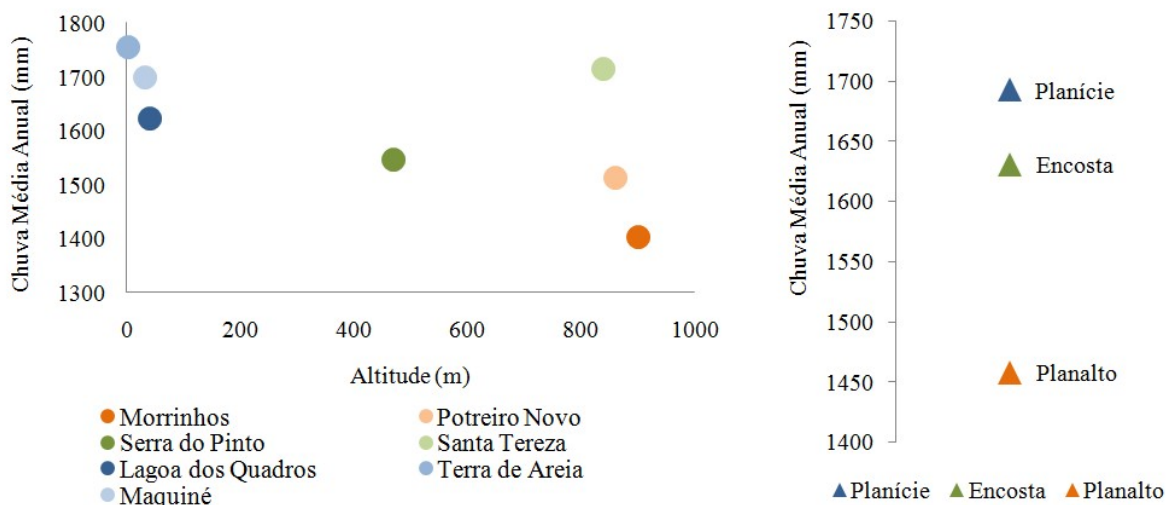


Figura 2 – Chuvas médias anuais das estações pluviométricas: a) Correlação das médias pluviométricas anuais e altimetria; b) Média da chuva anual em cada unidade geomorfológica.

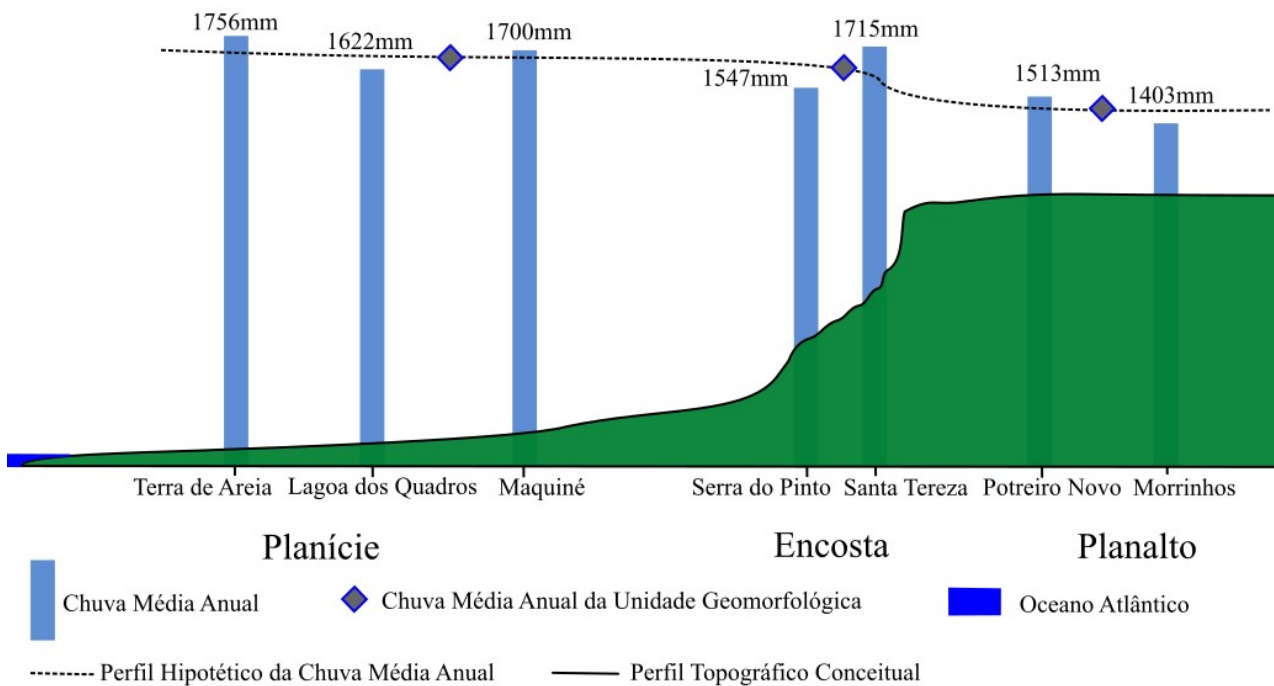


Figura 3 - Modelo conceitual da distribuição espacial da chuva anual ao longo da paisagem.

Quanto à sazonalidade, todas as estações pluviométricas registraram maiores médias pluviométricas na primavera e verão, assim como maior frequência de dias de chuva, oscilando entre 10 e 14 dias ao mês. Os menores registros de chuvas médias foram no inverno e outono, com menor frequência de dias chuvosos, variando de 6 a 10 dias de chuva ao mês. Deste modo, pode ser observado que a intensidade da chuva diária (Figura 4c) tende a aumentar durante outono e inverno, presumivelmente devido à menor frequência registrada nesta época do ano. Entretanto, a resolução temporal dos dados não permite avaliar a intensidade em menor escala. Popularmente é conhecido que as chuvas de verão são mais intensas nesta região, porém, devido à escala temporal adotada, esse conhecimento local não foi verificado.

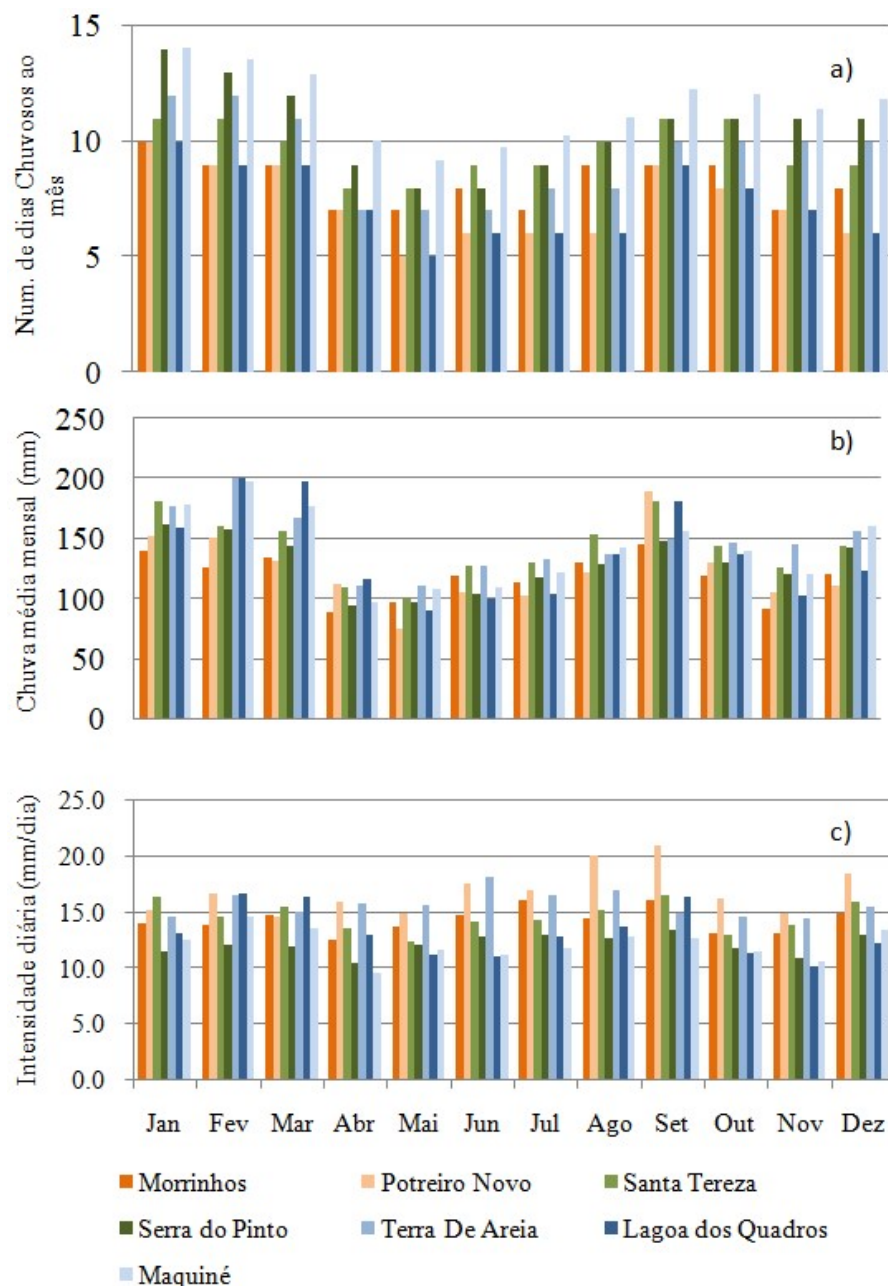


Figura 4 - Características mensais de chuva: a) Número médio de dias chuvosos a cada mês; b) média de chuva mensal; e c) intensidade de chuva diária.

Analisando o acumulado nos meses de verão, observa-se que as estações localizadas na planície possuem maiores acumulados, seguido pelas estações de encosta e com notável diferença em relação ao acumulado das estações do planalto (Figura 4b). Nos meses de verão há a presença dos ventos do Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul (PLÁ e AQUINO, 2004). Esses ventos têm direção NE na costa litorânea, entretanto ao adentrar no vale do Maquiné sua direção passa a ser SE devido à orientação do vale a SE (FERRARO e HASENACK, 2009). O vento em direção sudeste no vale do Maquiné implica em um deslocamento frontal à encosta. A massa de ar que chega à encosta é forçada a ganhar altitude ou contida a barlavento da encosta, que carregada de umidade marinha acaba por precipitar em maior volume na região de planície e encosta. Ao comparar a chuva entre as unidades geomorfológicas, os resultados indicam o mesmo comportamento, onde, principalmente nos meses de verão, há maiores acumulados na região de planície e encosta, caracterizando a influência de efeito orográfico sobre a chuva.

Segundo Moreno (1961), as chuvas no Rio Grande do Sul são acentuadas em função da orografia. Godoy *et al.* (2015) realizaram uma análise estatística de chuva na região da bacia do arroio Forromeco e demonstraram alteração das chuvas anuais em função da cota altimétrica em uma região montanhosa. Em Ferraro e Hasenack (2009) são apresentados valores de chuva média anual para diferentes locais no litoral gaúcho. No mesmo trabalho observa-se que as estações com maior proximidade a Serra Geral possuem maiores acumulados. Em Mostardas, aproximadamente 100 km da Serra Geral, a chuva média anual é de 1121 mm. Em Imbé e Torres, aproximadamente 20 km da Serra Geral são 1294 mm e 1454 mm, respectivamente. Assim, nota-se claramente que há a influência orográfica na chuva.

Enquanto isto, nos meses de outono, inverno e primavera os acumulados apresentam-se de maneira mais homogeneia ao longo da paisagem (Figura 4b), notando-se que todas as estações analisadas mostraram setembro como o mês de maior chuva média mensal no período da primavera. Ainda, analisando a Figura 4b, observa-se a diminuição das chuvas no outono e inverno. Este fenômeno pode estar associado à passagem do Anticiclone Migratório Polar, que além de promover a estabilidade com a Massa de Ar Polar Atlântica, influencia na queda da temperatura. Porém, percebe-se que no final do inverno e início da primavera há tendência de aumento das chuvas, devido, possivelmente, a Frente Polar Atlântica, que marca a transição da massa polar atuante para massa tropical, repercutindo no desencadeamento das chuvas frontais. Estes fenômenos climáticos possuem grande área de abrangência, o que pode explicar maior homogeneidade do regime pluviométrico na região neste período.

Além disso, nas Figuras 4a e 4b, observa-se que os meses de abril e maio apresentam decréscimo na chuva, além do decréscimo de dias chuvosos. As baixas chuvas nos meses de abril e maio também são observadas em outras regiões na faixa leste do estado do Rio Grande do Sul. Este comportamento foi constatado por Godoy *et al.* (2015), Paixão (2015) e Cardoso *et al.* (2015).

A Figura 5 apresenta a média histórica para as máximas diárias a cada mês do ano para todas as estações analisadas. Em média, houve maiores chuvas diárias nas estações de planície, principalmente nos meses de verão. Como já abordado neste trabalho, é possível que este padrão exista decorrente do efeito orográfico e da proximidade com o mar, fornecedor de umidade. Outro mês que apresentou chuvas diárias elevadas foi o mês de setembro. Neste mês costumam ocorrer frentes frias, deflagrando consideráveis acumulados sob grande área de abrangência.

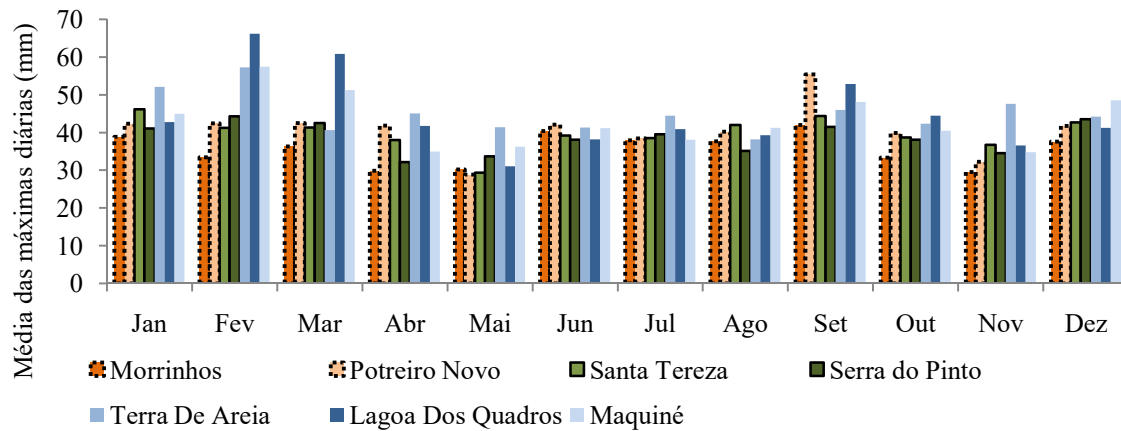


Figura 5 – Média das máximas diárias por unidade geomorfológica.

CONCLUSÃO

Embora apenas três das sete estações pluviométricas apresentassem coincidência temporal, a análise estatística foi apropriada para identificar o panorama geral da distribuição da chuva na bacia do Rio Maquiné. A análise de tendência geográfica da chuva mostrou diferentes padrões da distribuição da chuva desencadeados pela articulação de diferentes sistemas atmosféricos sobre relevo abrupto. As maiores chuvas anuais foram identificadas na planície e encosta e as menores, no planalto. Quanto à distribuição temporal, os resultados exibiram coerência com outros trabalhos realizados na região, tais como Hasenack e Ferraro (1989) e Plá e Aquino (2004), apontando maiores índices nas estações de verão e primavera, enquanto os menores foram registrados no outono e inverno.

O perfil hipotético de chuvas médias anuais (Figura 3) ainda poderá ser melhorado. Para isto devem-se analisar chuvas mais próximas do litoral, onde, segundo Plá e Aquino (2004), ocorre menor acumulado, como o exemplo de Imbé com 1326 mm anuais. Apesar do perfil de chuvas possuir um bom caráter ilustrativo, a análise em perfil pode ser limitada, o que necessita maior dispêndio com a criação de isoietas.

A análise de chuvas intensas na região ainda é necessária. A realização de histogramas de frequência de chuvas intensas observadas, assim como o ajuste de leis estatísticas para chuvas máximas podem gerar benefícios ao entendimento da dinâmica de chuvas na bacia. Para a melhoria de projetos de engenharia e que utilizem os recursos hídricos, uma curva intensidade duração e frequência também é necessária. Estes passos seriam otimizados a partir de um monitoramento mais massivo da região, com medição de chuva em curto espaço de tempo.

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas (2009). *Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb)*. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: Março de 2017
- ANA – Agência Nacional de Águas (2017). *Sistema de Gerenciamento de Dados Hidrometeorológicos (Hidro 1.3)*. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: Março de 2017

- BRASIL. DEFESA CIVIL. (2015). *Sistema Integrado de Informações sobre Desastres*. Disponível em: s2id.mi.gov.br/paginas/series/. Acesso em: 07 jun. 2017.
- BECKER, F.G.; IRGANG, G.V.; HASENACK, H.; VILELLA, F.S.; VERANI, N.F. (2004). Land cover and conservation state of a region in the southern limit of the Atlantic Forest river Maquiné basin, Rio Grande do Sul, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 65, n. 1, p. 569- 582.
- CARDOSO, D.S.; SILVA, J.B.; DINIZ, G.B. (2015). Análise Harmônica das Chuvas Mensais para as Cidades de Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, RS - Brasil. *Scientia Plena*, Aracaju, v. 11, n. 2, p. 1-9.
- FERRARO, L.W.; HASENACK, H. (2009). Clima. In: *Ecossistemas e Biodiversidade do Litoral Norte do RS*. Org. por WÜRDIG, N.L; FREITAS, S.M.F.; PINTO, I.D. ed. Nova Prova, Porto Alegre – RS, pp 26 – 30.
- GODOY, J.,V.Z.; BAUMBACH, M.F.; MICHEL, G.P.; ZAMBRANO, F.C.; BARRAGÁN, M.L.M.; KOBAYAMA, M. (2015) Análise Estatística de Chuva na Região da Bacia do Arroio Forromeco, RS, Brasil. In: *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Brasília-DF. 8p.
- HASENACK, H.; FERRARO, L.W. (1989) Considerações sobre o Clima da Região de Tramandaí, RS. *Pesquisas*, Instituto de Geociências, UFRGS, n.22, p.71 – 88.
- IBGE –INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2014). *Pesquisa de Informações Básicas Municipais 2013*. Rio de Janeiro.
- MAQUINÉ. (2013) *Plano Municipal de Saneamento Básico. Município de Maquiné/RS*. Disponível em http://www.maquine.rs.gov.br/maquine/images/leis/plano_municipal_saneamento_basico.pdf. Acesso 05 Jun. 2017
- MORENO, A.J. (1961) Clima do Rio Grande do Sul. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*, v.6, n.11, pp 49-86.
- PAIXÃO, M.A. (2015). *Relação intensidade-duração de precipitações para desencadear escoamentos na cidade de Porto Alegre - RS*. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PLÁ, R.G.; AQUINO, F.E.(2004). O Regime de Precipitação Pluvial em Maquiné. RS, Brasil, 1959-1990. In: *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Fortaleza. 11p.
- TUCCI, C.E.M.(org.) (2009). *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Porto Alegre, Ed. ABRH/UFRGS. 944p.