

ESTUDO DO REGIME HÍDRICO PLUVIAL E FLUVIAL EM BACIA HIDROGRÁFICA COM PRECIPITAÇÃO HOMOGÊNEA

Flora Würth Simon^{1}, Karine Pickbrenner^{2a} & Francisco F. N. Marcuzzo^{2b}*

Resumo – O perscrutamento do regime hídrico, considerado como o conjunto das variações do estado e das características de uma massa de água, que se repetem regularmente no tempo e no espaço, torna-se importante como base para diversos tipos de estudo, como a regionalização de vazão e o balanço hídrico. O objetivo deste trabalho é o estudo do regime hídrico da sub-bacia 87, visando a determinação de um período com maior disponibilidade hídrica, devido a dificuldade de se estabelecer o início do ano hidrológico em uma região que apresenta distribuição temporal da precipitação homogênea. Localizada na porção leste do estado do Rio Grande do Sul, a sub-bacia 87 divide-se em nove sub-bacias, sendo cinco consideradas principais (Camaquã, Caí, Gravataí, Jacuí e Sinos). Foram utilizados dados de 21 estações pluviométricas e de 25 estações fluviométricas (10 ativas e 15 desativadas). Avaliou-se que a precipitação média para cada região não é menor que 80 mm.mês^{-1} , e também não ultrapassa os 180 mm.mês^{-1} . No estudo detalhado dos fluviogramas foi possível estabelecer um período com maior disponibilidade hídrica na sub-bacia 87 começando no mês de abril e se estendendo até novembro.

Palavras-Chave – Chuva, hidrograma, hietograma.

STUDY OF WATER REGIME IN RIVER BASIN WITH HOMOGENEOUS PRECIPITATION

Abstract – Detailed analysis of the water system, considered as a set of changes of the status and characteristics of a body of water, which are regularly repeated over time and space, it becomes important as the basis for various types of study such as regionalization flow and water balance. The objective of this work is the study of the hydrological regime of sub-basin 87, in order to determine a period with higher water availability, due to the difficulty of establishing the beginning of the hydrological year in a region with homogeneous distribution of the rainfall. Located in the eastern portion of the state of Rio Grande do Sul, the sub-basin 87 is divided into nine sub-basins, with eight main sub-basins (Camaquã, Caí, Gravataí, Jacuí e Sinos). It was used data from 21 rainfall stations and 25 fluviometric stations (10 active and 15 disabled). It was found that the average rainfall for each region is not less than 80 mm.month^{-1} and also not exceed $180 \text{ mm.month}^{-1}$. In the detailed study of fluviograms was possible to establish a period greater water availability in sub-basin 87 beginning in April and extending until November.

Keywords – Rainfall, flood hydrogram, hyetogramm.

1. INTRODUÇÃO

A distribuição de chuvas no Rio Grande do Sul é praticamente homogênea ao longo do ano, havendo pouca distinção entre período seco e úmido. A determinação do ano hidrológico pela precipitação baseia-se na distinção entre estes períodos: o ano começa no início do período

^{1*} Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Av. Bento Gonçalves n° 9.500 – Agronomia – CEP 91501-970, Porto Alegre/RS. Tel. (51) 8467-8416. florawsimon@gmail.com

² CPRM/SGB – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil – Rua Banco da Província, 105 – Santa Teresa – CEP 90840-030, Porto Alegre/RS. ^akarine.pickbrenner@cprm.gov.br; ^bfrancisco.marcuzzo@cprm.gov.br.

chuvoso, terminando no final do período seco, contabilizando um período fixo de 12 meses. Sendo o Rio Grande do Sul uma região com sazonalidade não tão evidente, ocorrem dificuldades na determinação do ano hidrológico pela precipitação e, conseqüentemente, na diferenciação de um período com maior disponibilidade hídrica.

Hidrologicamente de acordo com o DNAEE (1976), para efeitos de estudos e comparações, o ano hidrológico é o período contínuo de doze meses durante o qual ocorre um ciclo anual climático completo escolhido por permitir uma comparação mais significativa dos dados meteorológicos.

Naghetini e Pinto (2007) ressaltam a importância da definição do ano hidrológico para assegurar a independência serial de uma amostra. Os autores também observam que em estudos de amostras de vazões mínimas a abordagem usual da definição do ano hidrológico deve ser utilizada com restrição.

Peralta (2003) considerou o ano hidrológico para seu estudo de regionalização de vazões máximas em pequenas bacias hidrográficas no estado de São Paulo, selecionando de diferentes postos fluviométricos os maiores valores de vazões médias diárias e vazões médias instantâneas de cada ano hidrológico abordado no estudo. Para postos pluviométricos também foram selecionados os totais anuais de precipitação, para cada um dos anos hidrológicos abordados.

Espinoza *et al.* (2012) estudaram o ano hidrológico de 2010-2011 no Rio Amazonas, caracterizado por rápidas transições entre vazões altas e baixas, e mostraram a relação destes eventos com a variabilidade climática regional. Aquino *et al.* (2005) apresentou o comportamento hidrológico e morfo-hidráulico do rio Araguaia utilizando-se, dentre outros embasamentos, de hidrogramas de vazões médias diárias para várias estações localizadas ao longo do rio.

O ano hidrológico do estado de Goiás e no Distrito Federal, que começa em outubro, foi determinada por Cardoso (2011) através da precipitação pluviométrica média anual para utilizar como uma das bases para a caracterização climática nestes locais. Marcuzzo e Cardoso (2013) determinaram o ano hidrológico na sub-bacia 63, no rio Paraná, definindo os períodos úmido e seco, e mapearam a espacialização da sua precipitação pluviométrica em cada um destes períodos.

Xavier *et al.* (2013) basearam-se em hidrogramas de vazão mensal média de estações ao longo do Rio Paraíba para classificar os meses de vazões mais altas e vazões mais baixas, e analisar a influencia de açudes na região para regularização de vazões.

Quanto a questão de precipitação no Rio Grande do Sul, Azevedo (1974) concluiu que no estado não há um mês que possa ser chamado de mês mais seco, com distribuição de chuvas quase que igualmente durante todo o ano.

Buriol *et al.* (1977) concluíram que as chuvas no Rio Grande do Sul não são periódicas ou estacionais, e que em todos os meses apresentam aproximadamente a mesma soma. Berlato *et al.* (1993) avaliaram preliminarmente a tendência temporal da precipitação pluvial anual do Rio Grande do Sul utilizando-se de 29 estações com longos períodos de observação, e concluíram que nos últimos 78 anos o regime de chuvas anual não sofreu alteração.

Becker *et al.* (2011), em um estudo sobre regiões pluviometricamente homogêneas no estado da Paraíba, citam que o contraste entre os totais anuais precipitados entre regiões relativamente próximas exige que os estudos a partir de dados pluviométricos sejam desenvolvidos levando-se em consideração as suas particularidades regionais.

O objetivo deste trabalho é o estudo do regime hídrico, pluvial e fluvial, da sub-bacia 87 (Lagoa dos Patos) que possui precipitação pluvial homogênea, visando estabelecer a separação de um período "mais úmido" e outro "mais seco", utilizando fluviogramas, como base para estudos de regionalização de vazão e balanço hídrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

A sub-bacia 87 (Figura 1) está situada na região leste do estado do Rio Grande do Sul. Corresponde a uma superfície de drenagem da ordem de 58.415 km² e possui como corpo d'água principal a Lagoa dos Patos. Seus principais formadores são as sub-bacias do Lago Guaíba, a noroeste, e do Camaquã, a oeste. O Lago Guaíba, por sua vez, recebe a contribuição das sub-bacias dos rios Gravataí, Caí, Sinos, e Baixo Jacuí. As sub-bacias do rio Tramandaí (Litoral Norte) e Litoral Médio também se inserem na sub-bacia 87, drenando diretamente ao oceano Atlântico.

Para o presente trabalho, serão abordadas as sub-bacias do rio Caí, rio Gravataí, rio dos Sinos, rio Camaquã, sub-bacia da Lagoa dos Patos, sub-bacia do Lago Guaíba e a sub-bacia do rio Tramandaí (ou sub-bacia do Litoral Norte), a qual drena diretamente para o Oceano Atlântico.

Em relação à caracterização altimétrica da sub-bacia 87, de acordo com Tschiedel *et al.* (2012) ocorrem altitudes elevadas no contorno do Rio Camaquã, próximo as fronteiras sul, sudoeste e oeste da sub-bacia 87. As altitudes mais elevadas de toda a sub-bacia ocorrem ao norte, atingindo 1000 metros em determinadas regiões, pois compreende parte da serra do Rio Grande do Sul. O restante da sub-bacia apresenta altitudes mais baixas, próximas ao nível do mar nas regiões litorâneas e no entorno da Lagoa dos Patos.

Quanto aos aspectos climáticos, de acordo com os métodos descritos por Köppen (1936) *apud* Peel (2007), o clima da sub-bacia 87 é composto unicamente pelo tipo Cfa (clima temperado úmido), subdivisão da classificação geral Cf (clima temperado), que resulta de regiões com clima úmido, onde a precipitação é bem distribuída em todos os meses do ano, com inexistência de estação seca definida.

Para a caracterização pluviométrica geral da sub-bacia 87, apresentada a seguir, utilizou-se dos resultados apresentados no Atlas Pluviométrico do Brasil (PINTO *et al.*, 2011), com dados de precipitação compreendidos entre 1977 a 2006.

Segundo Pinto *et al.* (2011) avaliando-se a totalidade da sub-bacia 87, na parte oeste, referente a sub-bacia do rio Camaquã, o mês mais chuvoso é o mês de abril. Entretanto, para o restante da bacia, o mês mais chuvoso é o mês de julho. Em relação ao mês seco, na parte central e oeste da sub-bacia 87 o mês de agosto apresenta as menores precipitações. Entretanto, a noroeste é o mês de março, e a nordeste, na região litorânea, o mês de maio é o mais seco. Os meses que apresentaram as menores precipitações foram dezembro e janeiro, com respectivamente 83 mm e 87 mm, na região leste da sub-bacia 87, próximo ao limite norte da Lagoa dos Patos. Quanto aos meses que apresentaram as maiores precipitações foram julho e outubro, com 185 mm e 191 mm respectivamente, na região norte da sub-bacia 87.

Avaliando-se trimestralmente, o trimestre mais chuvoso corresponde a abril-maio-junho, para o oeste da sub-bacia 87, junho-julho-agosto, para o norte da sub-bacia 87, e julho-agosto-setembro, para o restante da bacia, com destaque para a região central. Quanto ao trimestre mais seco, há uma divisão dentro da sub-bacia 87. A oeste, o trimestre mais seco é novembro-dezembro-janeiro, enquanto a leste, o trimestre mais seco é março-abril-maio. Quanto à precipitação anual total, percebe-se uma variação entre 1300 mm até 1700 mm, sendo a precipitação menor a leste da sub-bacia e maior ao norte e na região central (PINTO *et al.*, 2011).

2.2. Dados utilizados no estudo

O estudo do ano hidrológico para a sub-bacia 87 utilizou 21 estações pluviométricas (Figura 1) distribuídas na sub-bacia, cujos dados foram obtidos de Pinto *et al.* (2011), também disponíveis em Brasil (2013). Quanto as estações fluviométricas (Figura 1), foram utilizados os dados de 25 estações (15 estão desativadas), de Brasil (2013) e da Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul.

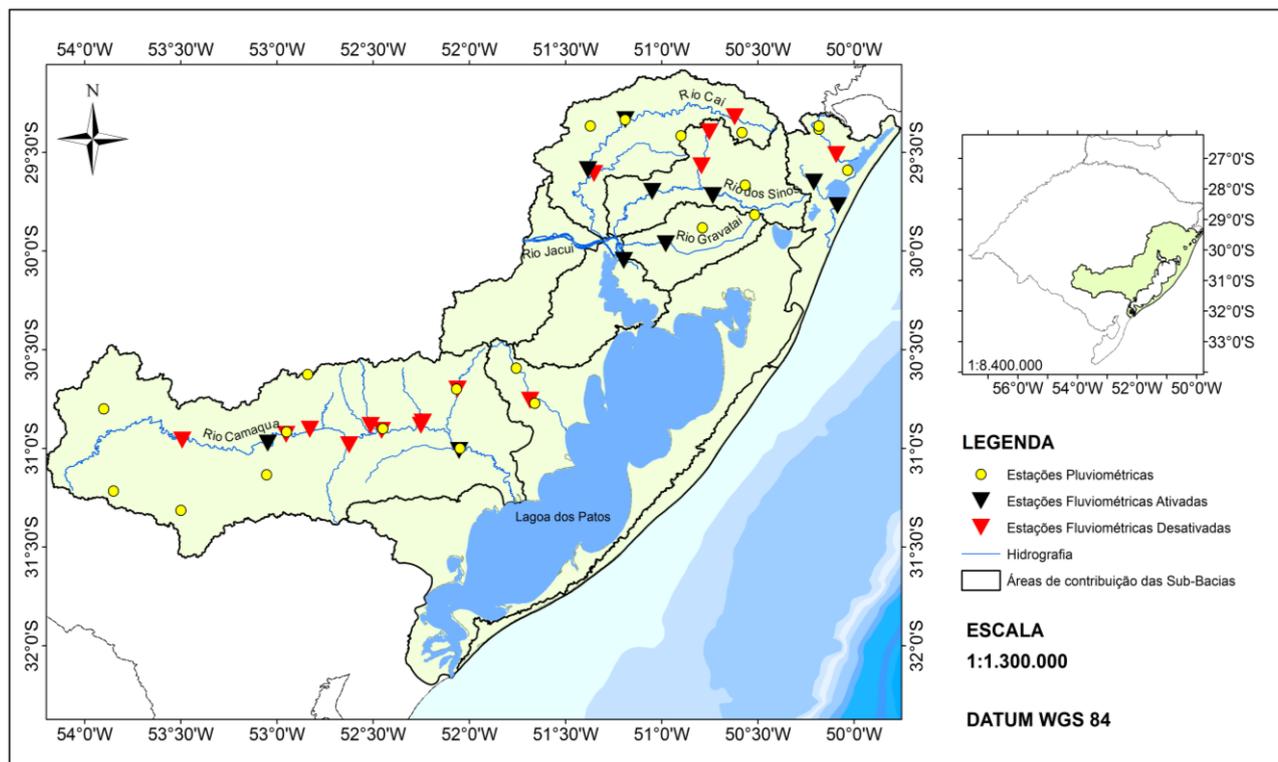


Figura 1 – Localização das estações pluviométricas e fluviométricas na Sub-Bacia 87

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Hietogramas da sub-bacia 87

A partir das áreas de contribuição exibidas na Figura 1, dividiu-se a sub-bacia 87 em quatro regiões que apresentaram precipitação semelhante (Figura 2). O primeiro hietograma apresenta a precipitação média das nove estações da sub-bacia do rio Camaquã e de duas estações na sub-bacia da Lagoa dos Patos (localizadas na região oeste), as quais possuem características pluviométricas bastante semelhantes.

O segundo hietograma apresenta a precipitação média das cinco estações presentes nas sub-bacias do rio dos Sinos e do rio Cai (localizadas na região norte), o terceiro hietograma apresenta a precipitação média das três estações presentes na sub-bacia do rio Tramandaí (localizada na região nordeste) e o quarto hietograma apresenta a média das duas estações presentes na sub-bacia do rio Gravataí (localizada na região centro-norte). O último hietograma representa uma média de precipitação para todas as 21 estações pluviométricas.

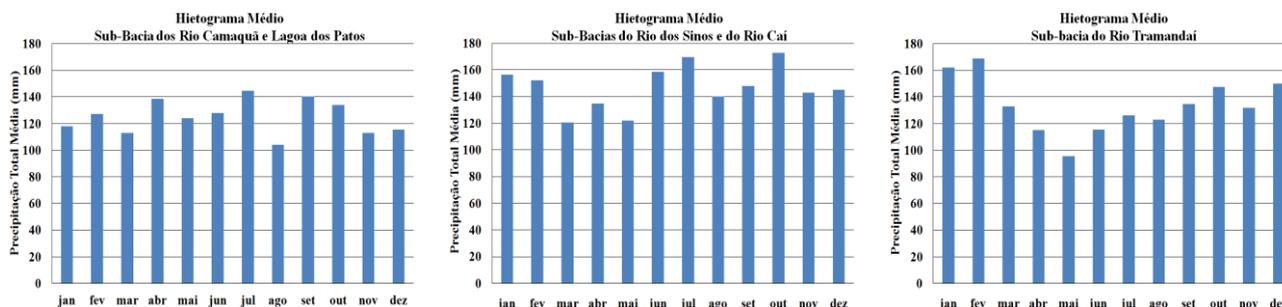
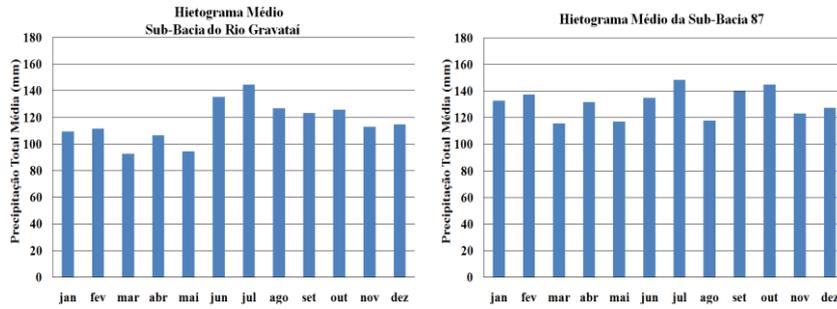


Figura 2 – Hietogramas médios das estações pluviométricas da sub-bacia 87



Continuação da Figura 2 – Hietogramas médios das estações pluviométricas da sub-bacia 87

Através dos hietogramas apresentados, pode-se avaliar que a precipitação média para cada região nunca é menor que 80 mm.mês^{-1} , e também nunca ultrapassa os 180 mm.mês^{-1} . A região que apresentou maior pluviosidade foi a das sub-bacias do rio dos Sinos e do rio Caí, localizadas ao norte da sub-bacia 87, e a região com menor pluviosidade foi a da sub-bacia do rio Gravataí, localizada no centro-norte da sub-bacia 87. Apesar de haver diferenças de precipitação entre os meses, visualiza-se que não há uma distinção clara entre período seco e úmido para nenhuma das regiões apresentadas, não havendo variações bruscas de precipitação de mês para mês. Já se avaliando o hietograma médio da sub-bacia 87, percebe-se a ocorrência de uma precipitação homogênea, com valores entre 100 mm e 160 mm, aproximadamente.

3.2. Fluviogramas da sub-bacia 87

Os fluviogramas das 25 estações fluviométricas da sub-bacia 87 estão apresentados na Figura 3.

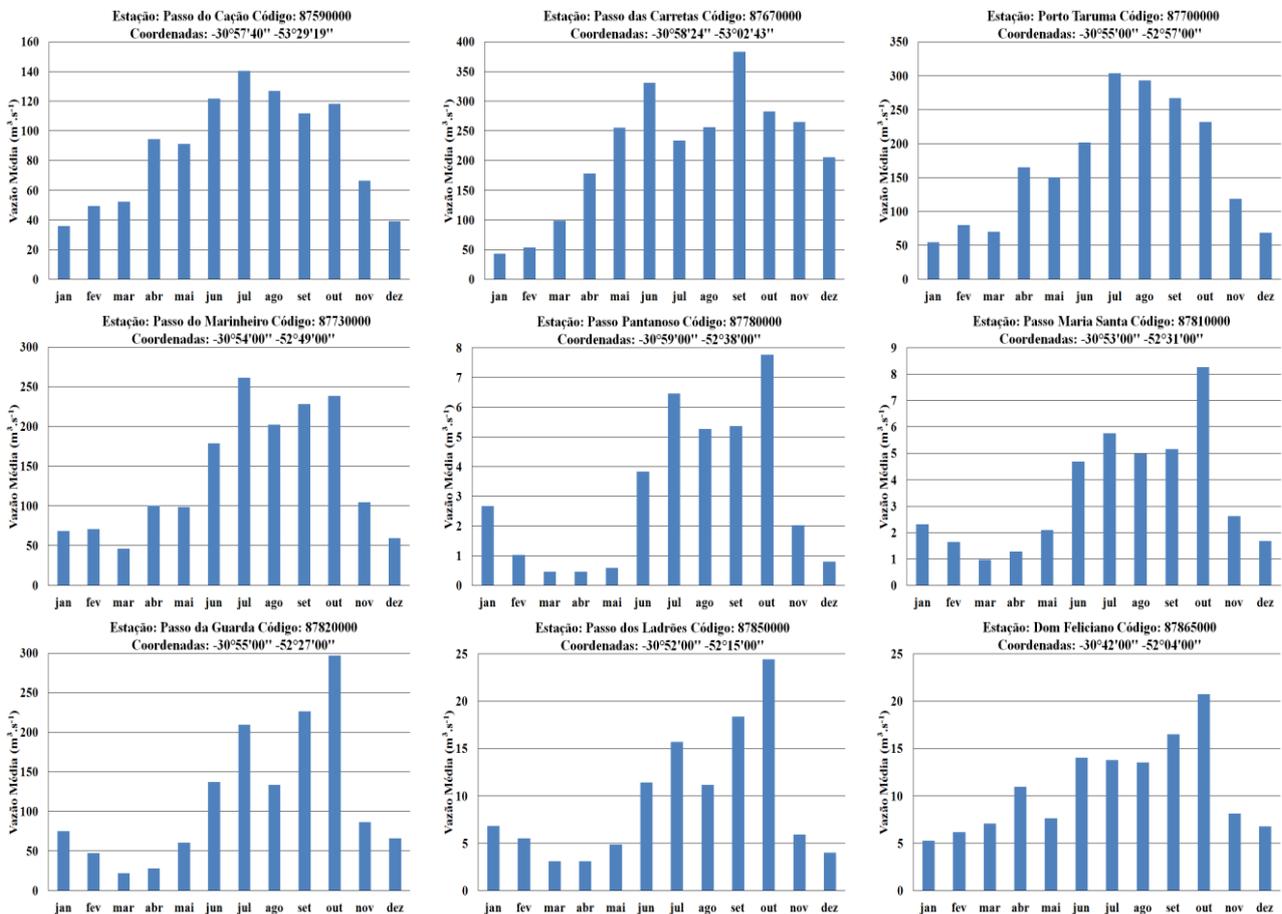
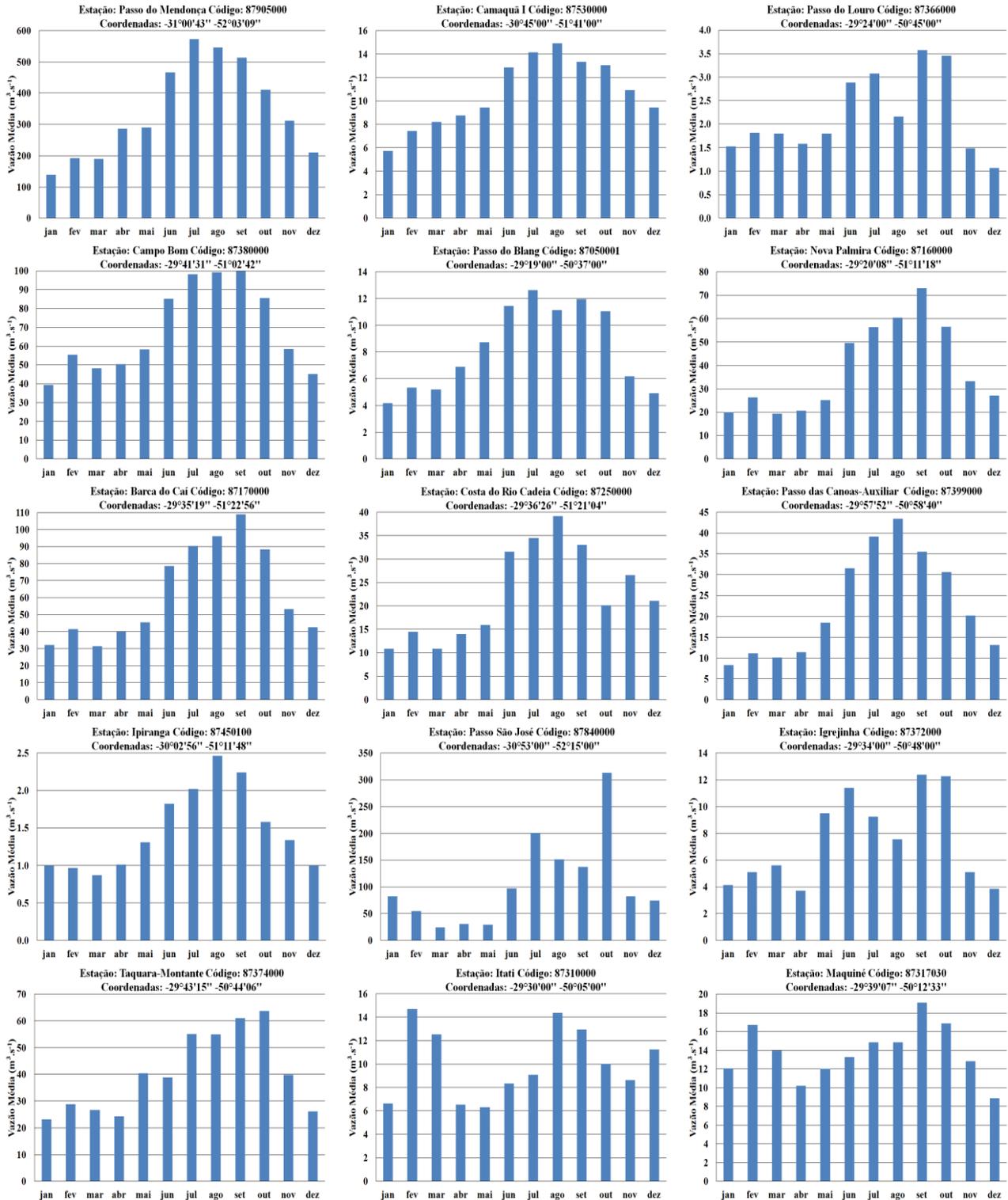
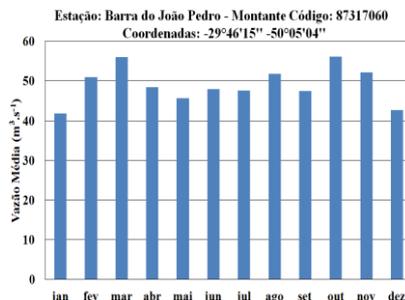


Figura 3 - Fluviogramas médios das estações fluviométricas da sub-bacia 87



Continuação da Figura 3 – Fluviogramas médios das estações fluviométricas da sub-bacia 87



Continuação da Figura 3 – Fluviogramas médios das estações fluviométricas da sub-bacia 87

Analisando-se a Figura 3, foi possível visualizar claramente períodos de maior disponibilidade hídrica devido ao aumento da descarga líquida para um determinado mês em diferentes grupos de estações. Para as estações Passo do Cação e Porto Tarumã, o período de maior disponibilidade hídrica vai de abril a outubro, enquanto que para a estação Passo das Carretas, vai de abril a dezembro. Para as estações Passo do Marinheiro até a estação Ipiranga, o período de descargas líquidas maiores ocorre entre junho e outubro, e é bem definido para a maioria dos fluviogramas destas estações.

A estação Passo São José distingue-se um pouco dos outros fluviogramas por apresentar o período de maior disponibilidade hídrica começando em julho, e estendendo-se também até outubro. Para as estações Taquara-Montante e Igrejinha, este período começa um pouco mais cedo no mês de maio, mas também se estende até o mês de outubro. Para as estações Itati, Maquiné e Barra do João Pedro-Montante, não foi possível definir com clareza o início do ano hidrológico, devido possivelmente à proximidade destas estações com lagoas e o mar, uma vez que todas se localizam no litoral norte do Rio Grande do Sul. Entretanto, pode-se perceber uma tendência em cada uma destas estações.

Na estação fluviométria Itati, de abril a julho há um período de vazões médias menores, após ocorrendo um pico no mês de agosto. Na estação fluviométrica Maquiné, há um aumento nas vazões médias a partir de abril, ocorrendo um pico em setembro. Já na estação Barra do João Pedro-Montante, as vazões médias são similares, sendo relativamente menores nos meses de dezembro e janeiro.

4. CONCLUSÕES

Através da análise de hietogramas médios da sub-bacia 87, foi possível visualizar que as precipitações não possuem grande variação de mês para mês, não sendo explícito um período de maior pluviosidade durante o ano.

Quanto a análise dos hidrogramas, concluiu-se que 16 das 25 estações fluviométricas apresentam um período de maior disponibilidade hídrica devido ao aumento da descarga líquida entre abril e outubro. Para as nove outras estações, este período situa-se entre abril e dezembro, com variações entre as estações. Sendo assim, foi possível separar para a quase totalidade da sub-bacia da Lagoa dos Patos um período com maior disponibilidade hídrica por descarga líquida dos rios, de abril a outubro, de um período com menor disponibilidade hídrica, de novembro a março.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - Empresa Pública do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, S.; STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. (2005). Regime hidrológico e aspectos do comportamento morfohidráulico do Araguaia. *Revista Bras. de Geomorfologia*. v.6, nº2, pp.29-41.
- AZEVEDO, D. C. (1974). Chuvas no Brasil: regime, variabilidade e probabilidades de alturas mensais e anuais. *Dissertação de Mestrado* – Porto Alegre.
- BECKER, C.; MELO, M.; COSTA, M.; RIBEIRO, R. (2011). Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 4, n. 2, p. 286-299.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; BONO, L. (1993). Tendência temporal da precipitação pluvial anual do Rio Grande do Sul. In *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. Imprensa Universitária RS. p. 5.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. Hidroweb: Sistema de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 29 mai. 2013.
- BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M. (1977). Cartas mensais e anual das chuvas do Estado do Rio Grande do Sul. *R. Centros Ciências Rurais*. v. 7. n. 1. pp. 55-82.
- CARDOSO, M. R. (2011). Caracterização e classificação climática do estado de Goiás e distrito federal. *Monografia* – Goiânia, Universidade Federal de Goiás.
- DNAEE. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Glossário de termos hidrológicos. Brasília, Ministério de Minas e Energia, 1976. n.p.
- ESPINOZA, J. C.; RONCHAIL, J.; GUYOT, J. L.; JUNQUAS, C.; DRAPEAU, G.; MARTINEZ, J. M.; SANTINI, W.; VAUCHEL, P.; LAVADO, W.; ORDOÑES, J.; ESPINOZA, R. (2012). From drought to flooding: understanding the abrupt 2010-2011 hydrological annual cycle in the Amazonas River and tributaries. *Environmental Research Letters* 7 024008 (7pp).
- KÖPPEN, W. (1936). Das geographische System der Klimate. In: *Handbuch der Klimatologie*, edited by: Köppen, W. and Geiger, G., 1. C. Gebr, Borntraeger, p. 1–44.
- MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D. (2013). Determinação do ano hidrológico e geoespacialização das chuvas dos períodos úmido e seco da sub-bacia 63. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR)*, 2013, Foz do Iguaçu, PR. São José dos Campos: INPE, p. 5612-5619. 1 DVD.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. (2007). *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM. 552p.
- PERALTA, A. S. (2003). Análise de regionalização de vazão máxima para pequenas bacias hidrográficas. *Dissertação de Mestrado* – Campinas, 2003.
- PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). (2011). *Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos*. Brasília: CPRM, 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Equipe Executora: Andressa Macêdo Silva de Azambuja; Margarida Regueira da Costa; Carlos Eduardo de Oliveira Dantas; José Alexandre Moreira Farias; Érica Cristina Machado; Francisco F. N. Marcuzzo; Vanesca Sartorelli Medeiros; Denise Chistina de Rezende Melo; Jean Ricardo da Silva do Nascimento; Paulo de Tarso R. Rodrigues; André Luis M. Real dos Santos; Adriana Burin Weschenfelder; Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 - atualizada em novembro/2011; Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade.
- TSCHIEDEL, A. da F.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. (2012). Análise hidromorfológica da sub-bacia 87. In: *XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. ABRH. João Pessoa/PB. p. 1-20. CD-ROM.
- XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C.; MACIEL, J. S.; BÚ, J. C. (2013). Caracterização do regime fluvial da bacia hidrográfica do rio Paraíba – PB. *Revista Tamoios*. ano 08 n. 2, p. 15-28.