



## EFEITOS DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA SOBRE VAZÃO MÉDIA DO CORPO HÍDRICO NA BACIA DO IGARAPÉ DA PRATA, CAPITÃO POÇO, PARÁ, BRASIL

**Rodrigo Silvano Silva Rodrigues** – rssr@ufpa.br

Engenheiro sanitarista e ambiental, mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia hídrica.

Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá.

CEP 66075-110. Belém - Pará – Brasil.

**Lindemberg Lima Fernandes** – lberge@ufpa.br

Engenheiro civil, doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, professor da faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental e da Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará.

**Artur Sales de Abreu Vieira** – a-sales@hotmail.com

Engenheiro sanitarista e ambiental, mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia hídrica.

**Diêgo Lima Crispim** – diegolc\_85@hotmail.com

Engenheiro ambiental, mestre em Gestão e Tecnologia Ambiental em Sistemas Agroindustriais, doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia hídrica.

**Thays Valente do Nascimento** – thays\_valente@hotmail.com

Bolsista de iniciação científica, graduanda do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará.

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo analisar as relações hidrológicas entre a chuva e a vazão na bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, localizado no município de Capitão Poço, Pará. Foram utilizados dados, no período de 1993 a 2004, de uma estação pluviométrica próxima e fluviométrica dentro da área da bacia, analisando o comportamento de valores diários e das médias mensais, bem como se estimou o coeficiente de escoamento superficial com base no uso e ocupação do solo. A precipitação pluviométrica na bacia é dividida em dois períodos bem definidos, os meses de maior pluviosidade foram fevereiro, março e abril, e a menor pluviosidade ocorreu entre os meses de setembro a novembro. A vazão possui comportamento semelhante ao da precipitação, porém, com um retardo de cerca de dois meses entre seus picos, indicando uma boa capacidade de retenção de água no solo e na floresta. O coeficiente de escoamento superficial médio da bacia no período de 1994-2004 foi estimado em 0,40, ou seja, estima-se que 40% da precipitação esco superficialmente. Chuvas diárias com altura igual ou superior a 50 mm impactam diretamente sobre a vazão do corpo hídrico. Chuvas inferiores a 50 mm, porém, com frequência diária, não impactam diretamente sobre a vazão média diária, mas elevam a tendência de aumento de vazões. Outra influência possivelmente está diretamente ligada aos usos da bacia, pois embora predominantemente rural, é muito comum o uso da água do corpo hídrico para atividades como agricultura, pecuária e piscicultura.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica. Precipitação. Vazão. Escoamento superficial.



## PRECIPITATION EFFECTS ON THE FLOW IN PRATA CATCHMENT, CAPITÃO POÇO, PARÁ, BRAZIL

**Abstract:** *This work had the objective of analyzing hydrological relations between the rain and the flow in the catchment of Igarapé da Prata, located in the Capitão Poço city, Pará. Data were used, from 1993 to 2004, of rainfall and flow measuring station within the basin area, analyzing the behavior of daily and monthly averages values, and estimated the runoff coefficient based on soil use and occupation. Daily rainfall with height greater than or equal to 50 mm directly impact on the flow of the river. Lower rainfall of 50 mm, but with daily, not directly impact on the average daily flow, but increase the tendency to increase flows. The runoff coefficient of the basin for the period 1994-2004 was estimated at 0.40, in other words, it is estimated that 40% of the precipitation flows on the surface. Another possibly influence is directly linked to basin uses, although predominantly rural, it is very common to use the water of the water body for activities such as agriculture, livestock and fish farming.*

**Keywords:** *Catchment. Rainfall. Flow. Runoff.*

### 1. INTRODUÇÃO

Conhecer o ambiente físico é essencial para subsidiar o processo de ocupação e manejo das bacias hidrográficas, reconhecendo áreas de fragilidade natural e potencializadas pelo antropismo, sendo assim, conhecer as características morfológicas e físicas de uma unidade geoambiental permite o planejamento da ocupação do espaço de maneira mais sustentável (ALVES et al., 2014).

A bacia hidrográfica é definida como o conjunto de terras limitadas por divisores de águas contendo uma rede de drenagem que drena a água para um único ponto denominado exutório. O sistema de drenagem da bacia é composto de nascentes dos cursos de água, principais e secundários, denominados afluentes e subafluentes (TARGA et al., 2012; TUCCI, 2001; WATRIN; GERHARD; MACIEL, 2009).

As bacias hidrográficas são unidades fundamentais para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o planejamento ambiental, sendo identificadas como unidades de planejamento administrativo para fins de conservação dos recursos naturais (PEGADO, 2010; VITTALA; GOVINDAIAH; GOWDA, 2008). Os componentes das bacias hidrográficas coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais e àquelas de natureza antrópica, o que afeta os ecossistemas como um todo (SOUZA; FERNANDES, 2000; SOUZA; SILVA; DIAS, 2012). Segundo a Lei 9.433 de 08/01/1997 da Política Nacional dos Recursos Hídricos a bacia de drenagem é o instrumento de gestão nos planos de recursos hídricos elaborados para bacias, estados e para o país e serve para o planejamento das intervenções humanas.

Na Amazônia apenas as grandes bacias são monitoradas. Esta exclusão de inúmeras pequenas bacias limita o planejamento e gestão dos recursos hídricos na região. Na verdade, as pequenas comunidades da Amazônia não têm meios de utilização dos recursos hídricos de forma sustentável, o que dificulta o desenvolvimento socioeconômico da região (BLANCO et al., 2008).

Blanco et al. (2013) informa que a bacia hidrográfica do Igarapé da Prata é a única bacia hidrográfica na região que tem longa série de dados de fluxo, no entanto, não possui em sua área dados de precipitação.

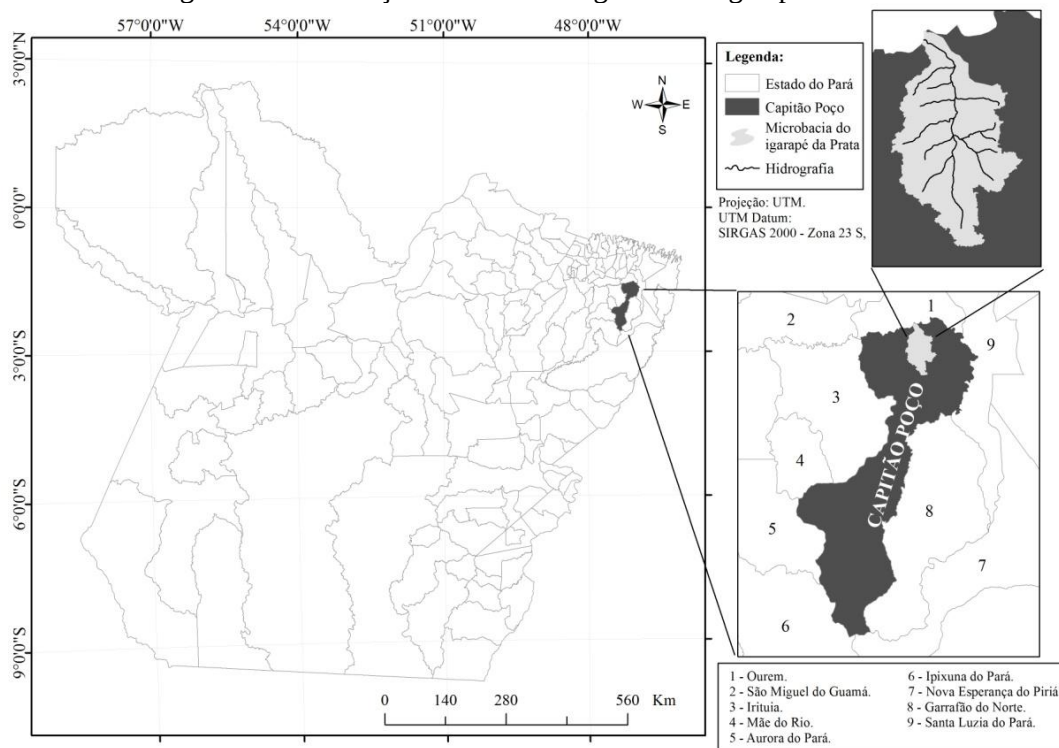
Compreendendo a importância de se alcançar informações a respeito das áreas na Amazônia Legal, o objetivo deste trabalho foi compreender como as precipitações diárias, no período

de maior pluviosidade, influenciam no deflúvio médio do corpo hídrico na bacia hidrográfica do igarapé da Prata.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do igarapé da Prata, localizada no município de Capitão Poço no Estado do Pará, situada entre as coordenadas: latitude  $01^{\circ}33'34''$  S, longitude  $47^{\circ}07'55''$  W e latitude  $01^{\circ}43'40''$  S, longitude  $47^{\circ}06'09''$  W, no sentido Norte-Sul. O município está inserido na mesorregião do Nordeste Paraense e microrregião do Guamá. A bacia hidrográfica está localizada a 154 km a leste da capital do Estado, Belém, sua descarga é junto ao Rio Guamá, com seu exutório localizado nas coordenadas: latitude  $01^{\circ}33'53,8''$  S, longitude  $47^{\circ}8'21,5''$  W e latitude:  $01^{\circ}43'40''$  S. A bacia hidrográfica do igarapé da Prata possui forma alongada e cerca de 115 km<sup>2</sup>. Na Figura 1 apresenta-se o mapa de localização da área de estudo.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata.



O clima do município de Capitão Poço enquadra-se nos tipos climáticos Am, da classificação de Köppen, caracterizado como chuvoso, apresentando pequena estação seca entre setembro e novembro (SANTOS, 2013). A temperatura média anual é de 26,9° C. A precipitação pluviométrica normal anual é de 2.449 mm, com os meses mais chuvosos entre janeiro a junho, com o pico em março. Pacheco e Bastos (2004) destacam que a umidade relativa do ar em Capitão Poço apresenta comportamento inverso da temperatura do ar durante o ano.

No que concerne à hidrografia do município, IDESP (2014) ressalta que o rio Guamá é o de maior importância, servindo de limite entre Capitão Poço e o município de Ourem, em toda sua porção norte e leste. Para o rio Guamá, converge toda a trama de pequenos rios e igarapés que se inserem no Município, incluído o igarapé da Prata.



A vegetação é caracterizada pela cobertura de Floresta Densa de platô, terraços e vegetação aluvial. Estando a área inserida na condição de frente pioneira, há incidência muito grande de desmatamentos e áreas de capoeira (IDESP, 2014).

A bacia do igarapé da Prata encontra-se quase que totalmente inserida na região de solos latossólicos caracterizados pelo tipo latossolo amarelo (CARRIELO et al., 2014; GOMIDE 2012; ROCHA, 2013). São solos muito comuns nas planícies sedimentares amazônicas, sendo antigos, muito intemperizados, profundos, quimicamente pobres e com baixa diferenciação de horizontes (LEPSCH, 2010; SANTOS, 2013). Na área próxima à foz do igarapé verifica-se a predominância de solo tipo gleissolo hápico.

Em relação ao aspecto geológico a bacia hidrográfica é composta por quatro tipos de sedimentos diferentes, sendo eles Aluviões Holocênicos, Granito Jonasa, Granito Ourém, Barreiras. Para Rapp Py-Daniel (2007) os Aluviões Holocênicos são depósitos que acompanham os cursos d'água que fazem parte da Planície Amazônica. Estudos realizados por outros autores (GOMIDE, 2012; ROCHA, 2013; SANTOS, 2013) corroboram com os resultados obtidos nesta pesquisa.

## 2.1. Precipitação atmosférica total

A estação pluviométrica Ourém (código ANA 00147016) localizada na latitude 1°33'02''S e longitude 47°07'01''W, conforme recomendado por Blanco et al. (2013) foi utilizada como referência para estimativa da precipitação na área de estudo. A série histórica foi adquirida na base de dados da Agência Nacional de Água (ANA), no sistema de informações hidrológicas Hidroweb.

## 2.2. Vazão

As vazões foram definidas com base nos dados da estação fluviométrica Marambaia (código 31600000) da ANA, operada pelo CPRM, com área de drenagem de 32,7 km<sup>2</sup> no Igarapé da Prata, ou seja, inserida na bacia em estudo. As séries históricas foram adquiridas na base de dados da Agência Nacional de Água (ANA), no sistema de informações hidrológicas Hidroweb.

Foi estabelecido para o local do aproveitamento, conforme orientado pela Eletrobrás (2000), uma série de vazões médias diárias derivada de uma série histórica de um posto localizado no mesmo curso d'água ou na mesma bacia, por correlação direta entre áreas de drenagem, limitada à diferença entre áreas de 3 a 4 vezes, sendo a correlação definida pela Equação (1).

(1)

$$Q_1 = (A_1 / A_2) \cdot Q_2$$

Em que A<sub>1</sub> é a área de drenagem do local do aproveitamento, em km<sup>2</sup>; A<sub>2</sub> é a área de drenagem do posto existente, em km<sup>2</sup>; Q<sub>1</sub> é a vazão do local do aproveitamento, em m<sup>3</sup>/s; e Q<sub>2</sub> vazão do posto existente, em m<sup>3</sup>/s.

## 2.3. Uso e ocupação do solo e estimativa do Coeficiente de escoamento superficial

Para GENZ e TUCCI (1995) o recobrimento da superfície do terreno por obras de engenharia implica em uma maior quantidade e velocidade do escoamento superficial em um tempo menor, resultando no aumento da vazão de cheia, redução do tempo de concentração e diminuição da vazão de base, o que acarreta no aumento das inundações. Surge assim, a necessidade de estudos mais detalhados que visem compreender a variação do regime hidrológico causado pelo processo de adensamento urbano em bacias hidrográficas.

Para estimativa do coeficiente de escoamento superficial foram delimitadas as superfícies utilizando as seis bandas (b5, b4 e b3) da imagem do sensor TM/Landsat 5. Após, foram exportadas para o software ArcGis 10.1, no qual realizou-se a confecção das composições coloridas em RGB (Red, Green, Blue) com diferentes combinações de bandas. Esta composição de bandas foi utilizada por se tratar de uma bacia hidrográfica predominantemente rural, com atividades agropecuárias. Os arquivos (dados) utilizados foram referentes aos anos de 1994 e 2004. Estas áreas foram classificadas em floresta, terras de cultivo e pastagem, atribuindo coeficientes de escoamento superficial médio, respectivamente, de 0,30, 0,35 e 0,60.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise direta dos dados foi considerado o período de maior pluviosidade, compreendendo que neste período, em uma análise de balanço hídrico, o solo está saturado, destacando as variáveis: precipitação, escoamento superficial e vazão do corpo hídrico. O período de maior pluviosidade compreende os meses de fevereiro, março e abril.

Estimou-se o coeficiente de escoamento superficial médio da bacia para o período de 1994-2004 em 0,40, ou seja, 40% da precipitação escoou superficialmente.

A visualização gráfica dos dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata (Figura 2 e 13) permitiu alcançar os seguintes resultados:

- A chuva diária influencia na vazão do corpo hídrico diretamente quando a altura pluviométrica do dia é igual ou superior a 50 mm, desde que haja chuvas frequentes nos dias anteriores;
- O acumulo semanal de chuvas diárias com alturas inferiores a 50 mm não possui impacto direto no aumento da vazão diária média, porém intensificam a tendência de aumento destas vazões;
- Em períodos com chuvas diárias iguais ou superiores a 50 mm, não há impactos diretos de aumento na vazão média diária, porém, a resposta da vazão se dá com aumento contínuo;
- A análise direta destes dados possibilita a indicação de erros em alguns dados, principalmente quando chuvas extremas não tem nenhum impacto sobre a vazão, onde já constou-se *in loco* que as chuvas de longa duração no dia, aumentam o nível do curso d'água.

Figura 2 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 1993.

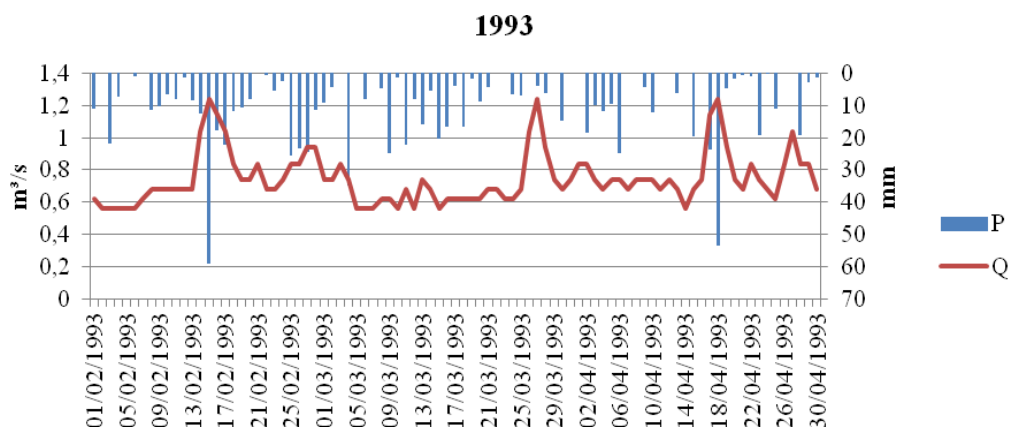


Figura 3 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 1994.

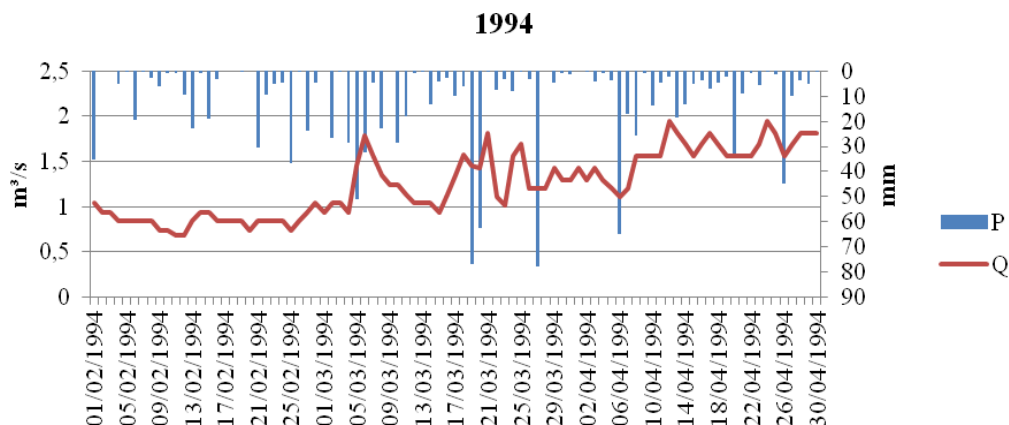


Figura 4 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 1995.

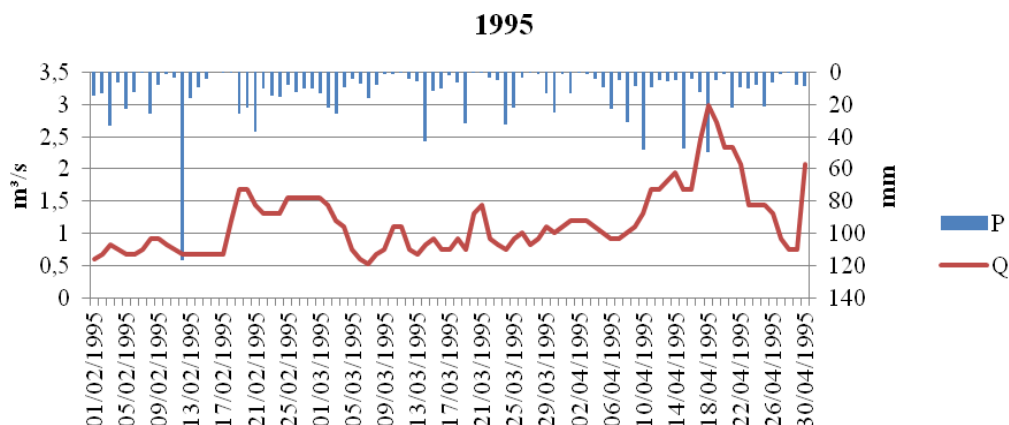


Figura 5 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 1996.

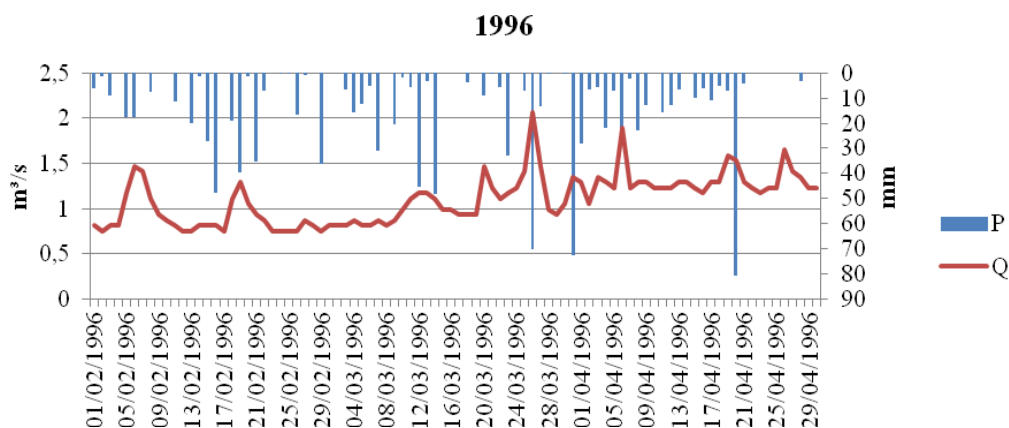


Figura 6 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 1997.

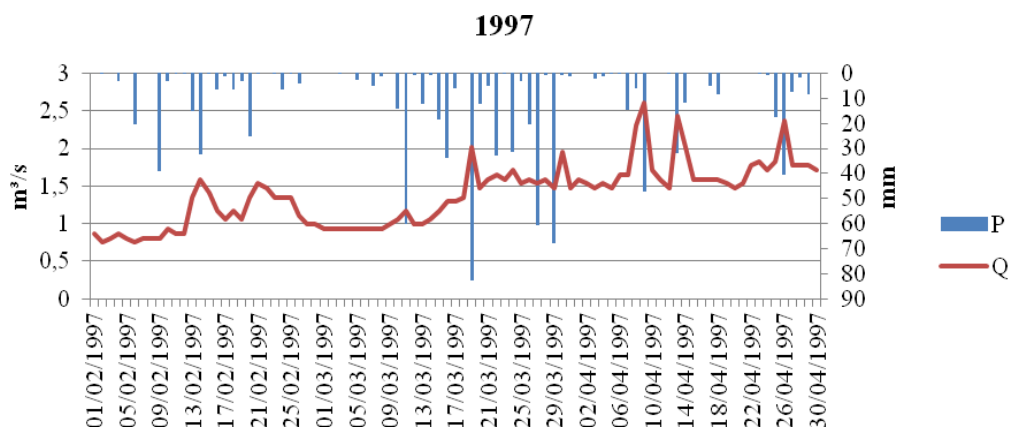


Figura 7 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 1998.

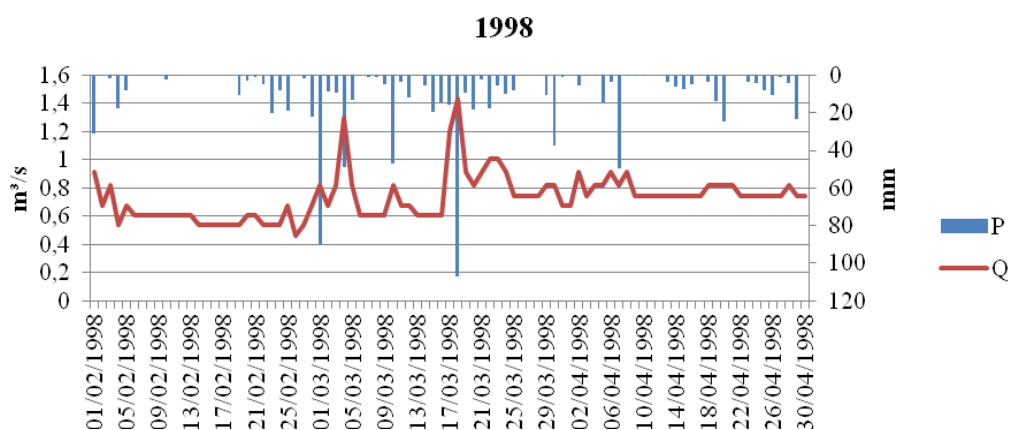


Figura 8 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 1999.

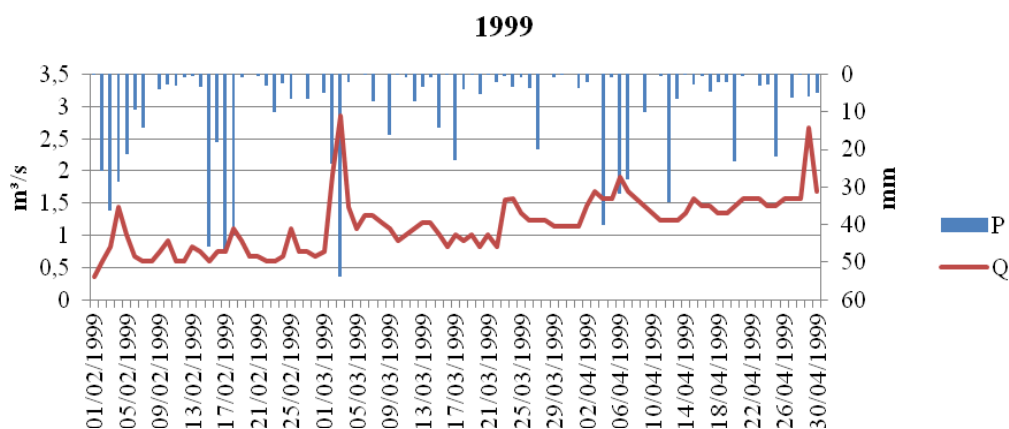


Figura 9 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 2000.

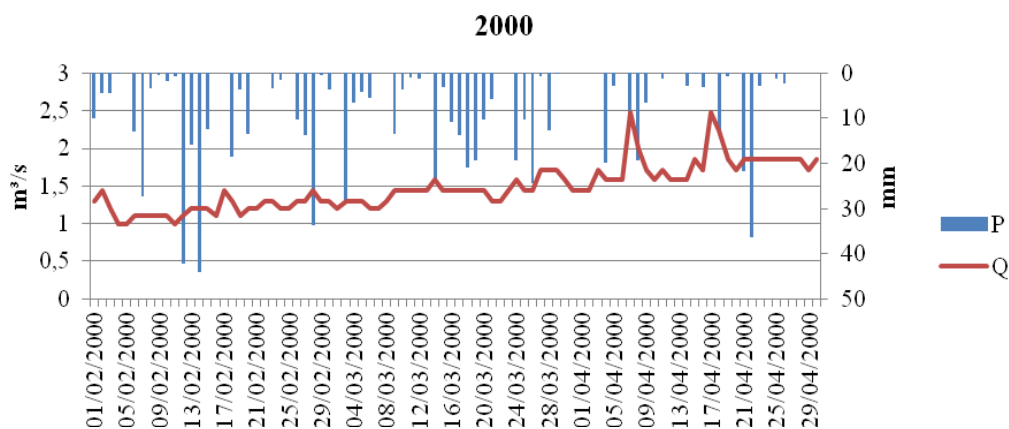


Figura 10 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 2001.

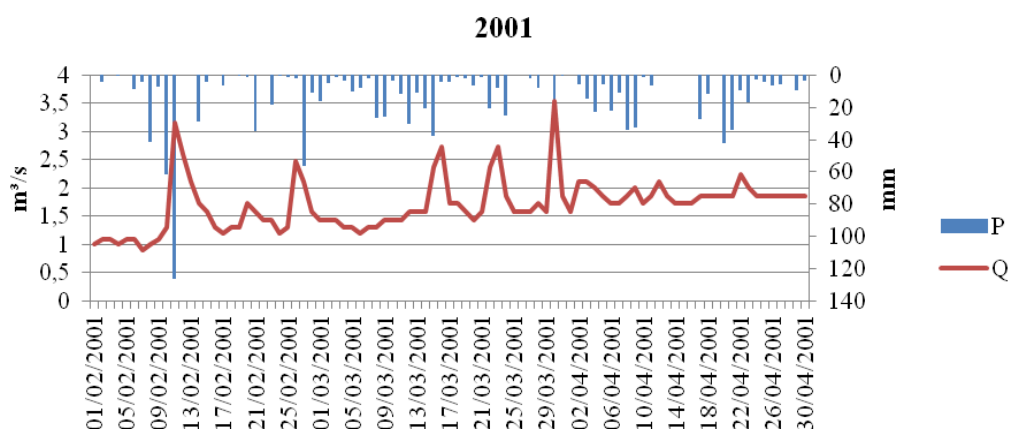


Figura 11 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 2002.

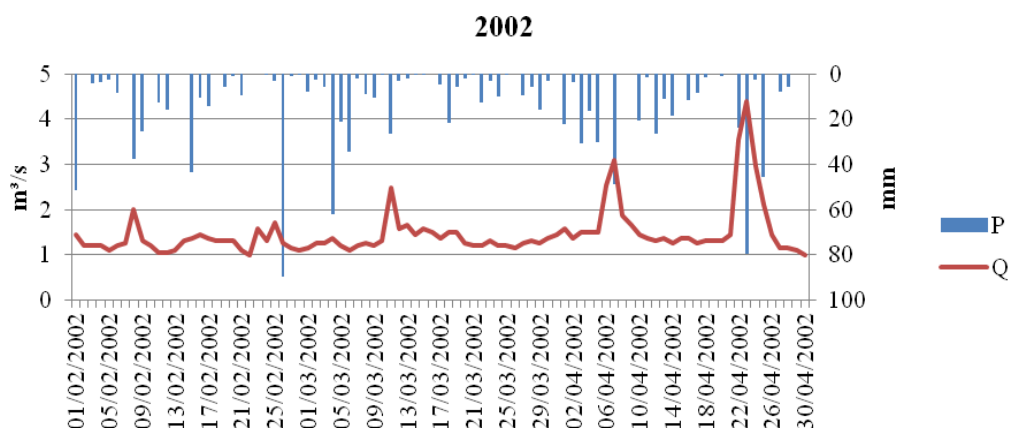


Figura 12 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 2003.

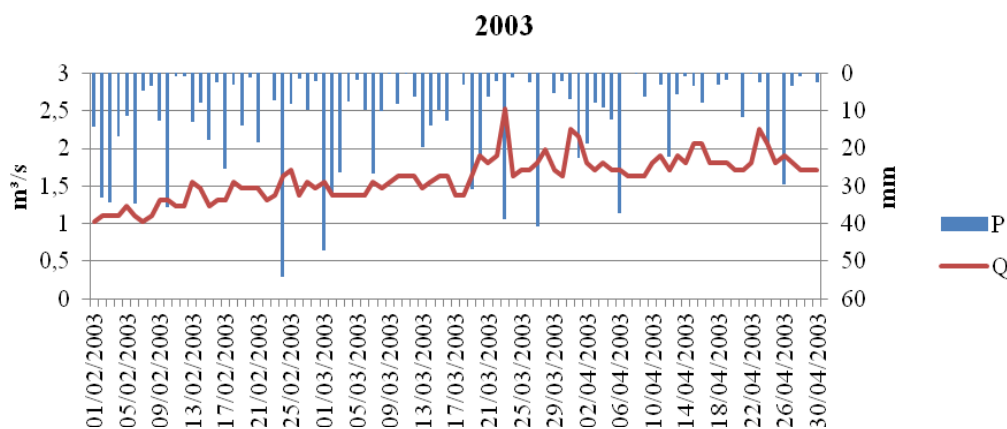
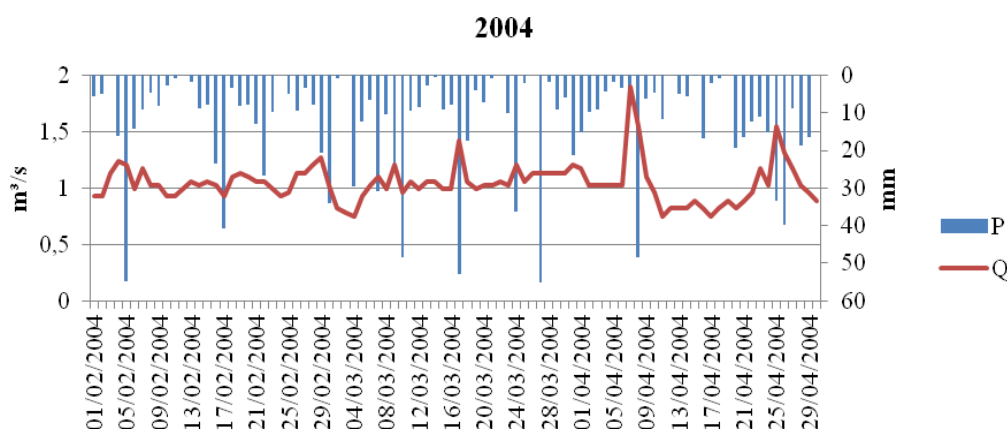


Figura 13 - Dados diários de precipitação pluviométrica e vazão média do igarapé da Prata, nos meses de fevereiro, abril e maio, no ano de 2004.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Lima (1984), em bacias com vegetação alta e densa a interceptação da água da chuva pela copa das árvores, o processo dinâmico da evapotranspiração e a capacidade de infiltração da água no solo são fatores importantes, que explicam a pouca variação do nível da água nos cursos.

Uma análise mais complexa da relação precipitação e vazão pode ser viabilizada com dados horários, porém, não existem pluviógrafos na área de estudo, bem como os dados de vazões são disponibilizados como médias.

A chuva diária influencia na vazão do corpo hídrico diretamente quando a altura pluviométrica do dia é igual ou superior a 50 mm, desde que haja chuvas frequentes nos dias anteriores, porém, o acumulo semanal de chuvas diárias com alturas inferiores a 50 mm não impacta diretamente no aumento da vazão diária média, porém intensifica a tendência de aumento destas vazões, bem como, em períodos com chuvas diárias iguais ou superiores a 50



mm, não há impactos diretos de aumento na vazão média diária, porém, a resposta da vazão se dá com aumento contínuo.

A bacia possui boa capacidade de retenção de água no solo e na floresta, além da estimativa de que somente 40% da precipitação escoar superficialmente na bacia, e do de concentração do curso água devido a forma alongada da bacia.

A bacia hidrográfica possui características rurais com atividades de agricultura (plantio de laranjais, predominantemente), pecuária e piscicultura, em grandes propriedades e forte presença de atividades familiares. Estas atividades indicam consumo de água para sustentabilidade, assim, indicando outra influência que liga diretamente o manejo da bacia aos usos da água do corpo hídrico.

## REFERÊNCIAS

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, M. T. Análise morfométrica da bacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 31, n. 3, 2014.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.

BLANCO, C. J. C.; SANTOS, S. S. M.; QUINTAS, M. C.; VINAGRE, M. V. A.; MESQUITA, A. L. A. Contribution to hydrological modelling of small Amazonian catchments: application of rainfall-runoff models to simulate flow duration curves, **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, n.7, p. 1423-1433. 2013.

BLANCO, C. J. C.; SECRETAN, Y.; MESQUITA, A. L. A. Decision support system for micro-hydro power plants in the Amazon region under a sustainable development perspective. **Energy for Sustainable Development**, v. 12, n.3, p. 25–33. 2008.

CARRIELO, B. L.; BLANCO, C. J. C.; GOMIDE, I. S.; BARBOSA, A. J. S.; SANTOS, D. B. O. **Analysis of the Modified Universal Soil Loss Equation to estimate the sediment yield in a small Amazon catchment**. SYLWAN, vol. 158, p. 347-359, 2014.

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S. A. **Diretrizes para estudos e projetos de PCH**, Ed. Eletrobrás, RJ. 2000.

GENZ, F. ; TUCCI, C. E. M. Infiltração em Superfícies Urbanas. **Revista Brasileira de Engenharia Caderno de Recursos Hídricos**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 01, p. 77-104, 1995.

GOMIDE, I. S. **Modelagem de perda de solo de pequenas bacias hidrográficas da Amazônia via modelo USLE**. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

IDESP. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. **Estatística Municipal – Capitão Poço**. Governo do Estado do Pará, Belém, 2014.

INPE/CPTEC. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **El Niño e La Niña**. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 22 jun. 2016.



- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- LIMA, W.P. The hidrology of eucalipt forests in Austrália – **A review**. **IPEF**, v. 28, p. 11-27, 1984.
- PACHECO, N. A.; BASTOS, T. X. **Caracterização climática do Município de Capitão Poço-PA**. Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, n. 79, 20p. Belém, 2001.
- PEGADO, R. S. **Geotecnologia como instrumento de gestão de recursos hídrico**: estudo da Bacia do Tucunduba – Belém (PA). 2010. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.
- RAPP PY-DANIEL, L. 2007. Capítulo 3. Caracterização da área amostrada. p. 35-42. In: Rapp PyDaniel, L.; Deus, C.P.; Henriques, A.L.; Pimpão, D.M.; Ribeiro, O.M. (orgs.). Biodiversidade do Médio Madeira: Bases científicas para propostas de conservação. INPA.
- ROCHA, D. D. N. da. **As territorialidades das pequenas empresas de mineração no Nordeste Paraense: O caso do município de Capitão Poço (PA)**. 2013. 104f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas , Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.
- SANTOS, D. B. O. **Aplicação da RUSLE a uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia**. 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.
- SOUZA, A. C. M.; SILVA, M. R. F.; DIAS, N. S. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). **Irriga**, Botucatu, Edição especial, p. 280-296, 2012.
- SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Revista Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 15-20, 2000.
- TARGA, M. S. *et al.* Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.7, n.2, p. 120-142, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.905>>. Acesso em: 25 abr. 2015.
- TUCCI, C. E. **Apreciação do plano nacional de recursos hídricos e visão prospectiva dos programas e ações**. Documento de apoio às ações de planejamento da Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2001.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. Ed.: Mc Graw Hill, São Paulo 245p. 1975.
- VITTALA, S. S.; GOVINDAIAH, S.; GOWDA, H. H. Prioritization of sub-watersheds for sustainable development and management of natural resources: Na integrated approach using remote sensing, GIS and sócio-economic data. **Current Science**, Índia, v.95, n.3, 2008.
- WATRIN, O. dos S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. N. M. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no Nordeste do estado do Pará. **Revista Geografia**, Rio Claro, v.34, n.3, p. 455-472, 2009.