

## **Morphometric, hydrological and pluviometric analysis of the Piriá- PA river basin**

Bruna R. P. Lira<sup>\*</sup>, Aline A. Andrade<sup>\*</sup>, David F. Ferreira Filho<sup>\*</sup>, Francisco C. L. Pessoa<sup>\*\*</sup>, Lindemberg L. Fernandes<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará (PPGEC/ITE/UFPA). E-mails: bruna.lira@itec.ufpa.br, aline\_andrade91@hotmail.com, davydferreira@gmail.com

<sup>\*\*</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará (FAESA/ PPGEC/ITE/UFPA). E-mails: fclpessoa@ufpa.br, lberge@ufpa.br.

Received 11 March 2020; accepted 14 May 2020

### **Abstract**

Hydrographic Basins are important for the management of water resources, to know each other as physical, hydrological, climatic characteristics and a tendency for the contents, as they are necessary. In this context, an analysis of the morphometric characteristics and the hydrological behavior of the Piriá - PA river basin was carried out, through the Elaboration of the Digital Elevation Model; Evaluation of morphometric variables; and treatment of the rainfall and flow data of the station, near the exutory. A basin has an area of 5,430.78 km<sup>2</sup>, with a large variation of level quotas, with results of compactness coefficient, circularity index and form factor, with an elongated shape, favoring the flow. In the ranking was classified as 4th grade, it shows that the drainage network has low capacity. In addition, the volume of water data provided has a mean annual precipitation volume of 2,297 mm, with the average devalued original result of 395.6 m<sup>3</sup> / s and the area-flow ratio has a mean flow rate of 159 m<sup>3</sup>/s, a percentage difference of 56%.

Keywords: morphometric characteristics, digital elevation model, hydrology.

### **Análise morfométrica, hidrológica e pluviométrica da bacia do rio Piriá-PA**

#### **Resumo**

As Bacias Hidrográficas são importantes para gestão e planejamento de recursos hídricos, conhecer as características físicas, hidrológicas, climáticas e a tendência a fenômenos, como enchentes, são necessários. Neste contexto, realizou-se a análise das características morfométricas e do comportamento hidrológico da bacia do rio Piriá-PA, através da: Elaboração do modelo digital de elevação do terreno; Avaliação das variáveis morfométricas; e tratamento dos dados de chuva e vazão da estação, próxima ao exutório. A bacia tem área de 5.430,78 km<sup>2</sup>, com grande variação das cotas de nível. Os resultados do coeficiente de compactidade, índice de circularidade e do fator de forma, indicam um formato alongada, favorecendo o escoamento. No ordenamento foi classificada como de 4<sup>o</sup> ordem, demonstra que a rede de drenagem possui baixa capacidade. Além disso, com os dados hidrológicos disponíveis obteve-se volume médio precipitado ao ano de 2.297 mm, com esse resultado estimou-se vazão mensal média de 395,6 m<sup>3</sup>/s e pela relação área-vazão tem-se 159 m<sup>3</sup>/s de vazão média, logo, diferença percentual de 56%.

Palavras-chave: características morfométricas, modelo de elevação digital, hidrologia.

#### **1. Introdução**

O crescimento populacional tem aumentado a demanda por água de quantidade adequada e qualidade suficiente, em virtude da vida, de atividades antrópicas e econômicas. Portanto, a proteção dos recursos hídricos é prioritária e deve assegurar os diversos usos da água. No Brasil, a Lei n<sup>o</sup> 9.433 de 1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRS) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos (BRASIL, 1997). Estabelece a bacia hidrográfica como unidade

territorial de gerenciamento dos recursos hídricos, considerando os diversos usos da água e garantindo o uso da água de forma sustentável. E a outorga dos direitos de usos de recursos hídricos como um dos instrumentos de gestão, para assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água.

De acordo com Moreira e Silva (2014), na análise de concessão de outorga, o conhecimento de disponibilidade de água é a informação básica para a tomada de decisão. Logo, na gestão e planejamento dos usos múltiplos da água é necessário estimar a disponibilidade hídrica, através de vazões ecológicas.

Conceituada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) na Instrução Normativa nº 4 de 2000, anexo I, artigo 2º como: vazão mínima necessária para garantir a preservação do equilíbrio natural e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos. (MMA, 2000). Esta indicará o limite para o uso sustentável do recurso hídrico e cabe ao estado determinada na legislação o tipo de vazão.

No Pará, a Lei Estadual nº 6.381 de 2001 instrui a Política de Recursos Hídricos Estadual (SEMAS, 2001). Atribui ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) a definição de critérios de outorga de direito de uso de recursos hídricos em corpos d'água de domínio do Estado. Estabelece no Art. 14 da Resolução Nº 10 quando deve realizar a avaliação de disponibilidade hídrica nos pedidos de outorga. No terceiro parágrafo, assim como nas resoluções da Agência Nacional de Águas (ANA), define a vazão com 95% de permanência (Q95) como a vazão de referência padrão para análise de disponibilidade hídrica superficial. Limitando a 70% da Q95 o volume total captado a ser outorgados para os diversos usos, sendo que o limite outorgável por usuário é de 20% da Q95 (CERH, 2010)

Estão sendo aperfeiçoados estudos com utilização de tecnologias que possam verificar as influências das ações antrópicas no meio ambiente e em bacias hidrográficas (Gonçalves et al., 2011). Entre, técnicas de geoprocessamento utilizadas para diversas finalidades, inclusive na delimitação de bacias hidrográficas pelos Modelos Digitais de Elevação (MDE). Fonseca et al. (2013) e Paula et al. (2012) os MDE são dados precisos, de abordagem múltipla e de rapidez na formação dos resultados, possibilita a análise ambiental e do território. A utilização de MDE constitui-se uma importante ferramenta que auxilia na gestão e planejamento hídrico, para alcançar informações por meio da

análise espacial de bacias hidrográficas, bem como o uso de curvas de nível para representação da superfície (Rodrigues et al., 2016).

O conhecimento do ambiente físico é essencial para subsidiar o processo de ocupação e manejo das bacias hidrográficas, reconhecendo áreas de fragilidade natural e potencializadas pelas ações antrópicas, sendo assim, conhecer as características morfométricas e físicas permite o planejamento da ocupação do espaço de maneira mais sustentável (Alves et al., 2014). Procedimento necessário para análises ambientais e hidrológicas (Marinho, 2011). Ademais, estudos recentes dos autores: Alves et al. (2016), Rodrigues et al. (2016), Ribeiro et al. (2015), Ocha et al. (2014) e Santos et al. (2012), realizaram a estudo sobre caracterização da morfometria em diversas bacias hidrográficas.

Deste modo, conhecer as características das bacias hidrográficas são necessárias para gestão e planejamento não só dos recursos hídricos, mas para diversas atividades, pois o bom uso e a conservação dos recursos hídricos estão diretamente relacionados à conservação dos solos e a possibilidade de diversos usos. Assim, o objetivo deste artigo é analisar as características morfométricas, hidrológicas e pluviométricas da Bacia Hidrográfica formada pelo Rio Piriá, na mesorregião do estado do Pará, a fim de, verificar a susceptibilidade da mesma a enchentes e contribuir para que as informações extraídas deste artigo possam auxiliar a gestão e planejamento dos recursos hídricos desta região.

## 2. Metodologia

Para o desenvolvimento deste artigo foi realizada seguiu-se a metodologia disposta em quatro etapas, conforme a Figura 1.

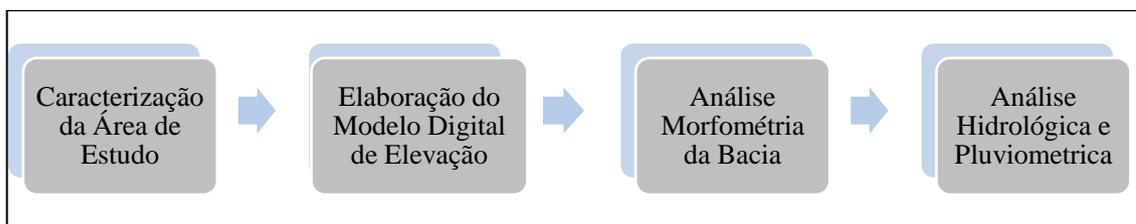


Figura 1- Esquema metodológico para análise da bacia do Piriá.

Em um primeiro momento buscou-se fazer a caracterização da área de estudo, de forma a limitar a mesma. Posteriormente com a área delimitada aplicou-se, em ambiente SIG, a espacialização à elaboração do Modelo de Elevação Digital, e como conseguinte analisar as características da área, de forma a compor o estudo da morfometria e hidrologia.

### Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Piriá (Figura 2), compreende uma das 44 Unidades de Planejamentos Hídricos (UPH) do Estado do Pará, nascendo no município de Nova Esperança do Piriá, abrangendo municípios vizinhos de Bragança, Viseu, Santa Luzia e Cachoeira do Piriá. Está situada na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, como sub-bacia Litoral PA01 (MMA, 2006). O rio Piriá

desempenha papel socioeconômico importante no Nordeste Paraense, é navegável por pequenas embarcações em todo o seu percurso, além de servir para o comércio, lazer, pesca, entre outras atividades.

Conforme a ANA (2017), a rede de drenagem do rio Piriá é básica, não apresentando uso energético, sua captação é para o uso geral e a qualidade da água é Classe 2.

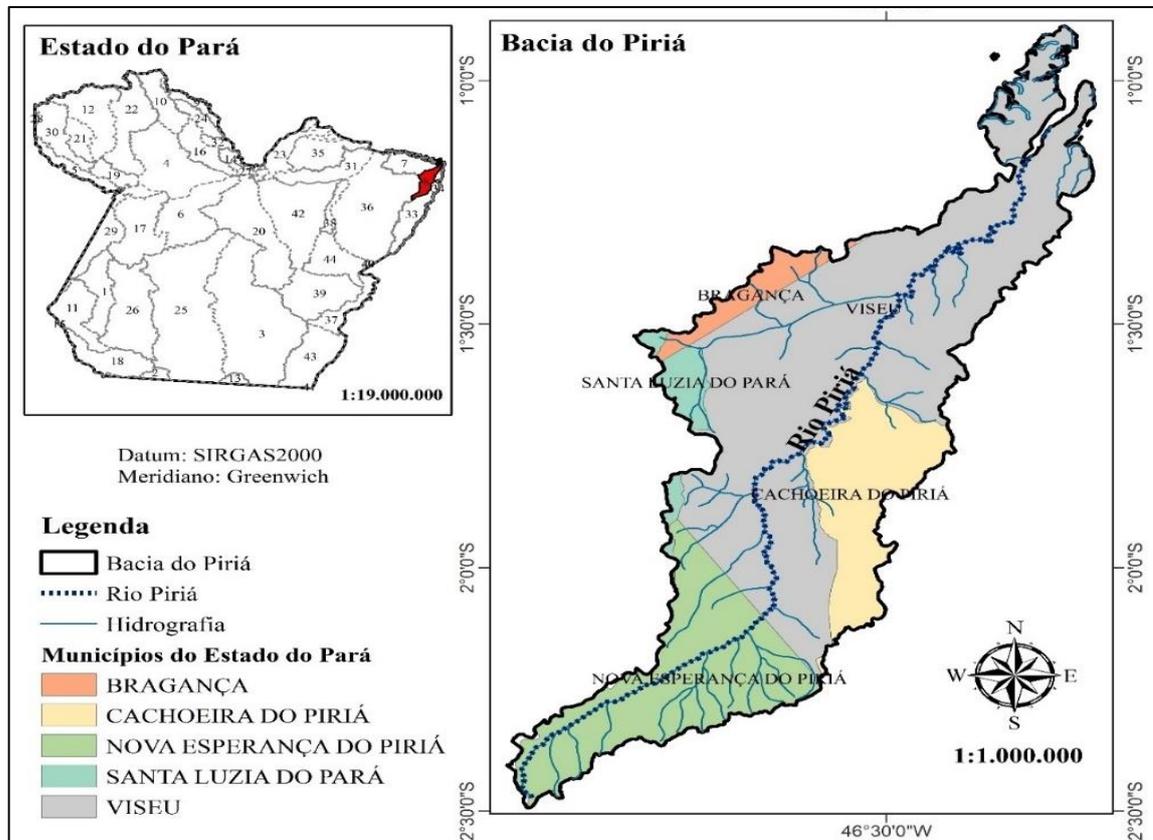


Figura 2- Localização da bacia hidrográfica do rio Piriá-PA.

Segundo a classificação de Köppen-Geiger (1928), a bacia está na região de clima do tipo “A”, na subclasse de clima tropical seco e úmido (Aw) caracterizado pelo inverno seco e verão úmido, com temperatura média de 27 °C, com máxima de 32 °C e mínima de 22 °C. Devido a localização geográfica a região tem forte influência de processos atmosféricos e hidrodinâmicos (MMA, 2006). Para Rêgo e Gama (1997), a região apresenta relevo, solo e vegetação bastante diversificados, com planícies pluviomarinhas e planalto rebaixado.

#### Modelo Digital de Elevação (MDE)

Para delimitar a Bacia Hidrográfica elaborou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE), com imagens de satélite da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Os dados são disponibilizados na base de dados do Serviço Geológico dos EUA (USGS) na plataforma *Earth Explorer*, imagens com resolução espacial de 30 x 30 metros. Após, os dados espaciais foram processados utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), bem como a elaboração do MDE. Conforme Rodrigues et al. (2016) diversos estudos já comprovam a proximidade do valor obtido

experimentalmente por MDE e o valor real.

#### Análise morfométrica

Utilizada como suporte para definição e elaboração de indicadores físicos, obtidas através de programas de SIG ou de equações específicas e servem como subsídio para gestão territorial. Neste, utilizou-se a divisão das características: geométricas, relevo e rede de drenagem.

##### - Características geométricas

Nessa análise, estão englobados índices de medições lineares e planimétricas, como área total (A) e perímetro (P), além do coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (KF) e índice de circularidade (IC), descritos a seguir na

Tabela 1.

A classificação de Villela e Mattos (1975) indica que quanto mais irregular for a bacia, maior será o IC. O coeficiente de compacidade quanto mais próximos de um, maior será a tendência de ocorrer enchentes e o índice de circularidade quando tende a um, a bacia se aproxima da forma circular (Cardoso et al., 2006). Estas características podem ajudar no planejamento de medidas mitigatórias, pois indicam possibilidade de ocorrência de inundações.

Tabela 1- Características geométricas.

Variável	Descrição	Métodos	Fonte
A	Superfície total da bacia	Definido no SIG	Horton (1945)
P	Comprimento do divisor topográfico	Definido no SIG	Smith (1950)
Kc	Relação entre P e a circunferência da A	$Kc = 0,28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$	Horton (1945)
KF	Razão entre a área e o quadrado do comprimento axial da bacia	$KF = \frac{A}{L^2}$	Horton (1945)
IC	Tende a um, à medida que se aproxima da forma circular e diminui ao alongar	$IC = 12,57 * \frac{A}{P^2}$	Villela e Mattos (1975)

- Características de relevo  
O relevo é um fator que influencia no escoamento. Envolve as cotas do terreno, como

altitude máxima (A<sub>max</sub>), mínima (A<sub>min</sub>) e amplitude média (Hm), além da declividade média da bacia (S), descritos na Tabela 2.

Tabela 2- Características de relevo.

Variável	Descrição	Métodos	Fonte
A <sub>max</sub>	Cota de nível de maior valor	Definido no SIG	-
A <sub>min</sub>	Cota de nível de menor valor	Definido no SIG	-
Hm	Diferença entre a maior e a menor cota	$Hm = A_{max} - A_{min}$	Strahler (1952)
S	Declividade, altimetria dividida comprimento rio	$S = Hm / LR$	Villela e Mattos (1975)

- Características da rede de drenagem

Primeiro realizou-se o ordenamento dos cursos d'água, para conhecer a medida da ramificação dentro da bacia, através do SIG pela classificação proposta por Strahler (1952), onde tem-se a hierarquização das classes conforme o valor referente ao grau de ordenação a que pertenciam os canais dispostos na carta-base. Pelas Leis de Horton (1945), um canal sem ramificações é um curso de água de primeira ordem, um canal formado por dois

ou mais cursos de água de 1ª ordem é de segunda ordem e um canal formado por dois ou mais cursos de água de 2ª ordem é terceira ordem, e assim sucessivamente (Silveira, 2001).

As variáveis de drenagem são comprimento do Rio (LR), N° de cursos d'água (Nc), rede de drenagem (Rd), densidade de drenagem (Dd), densidade de rede de drenagem (Dr) e o tempo de concentração (Tc), apresentadas na Tabela 3, fundamentais em análises hidrológicas.

Tabela 3- Características da rede de drenagem.

Variável	Descrição	Métodos	Fonte
LR	Comprimento do rio (Nascente ao exutório)	Definido pelo SIG	-
Nc	Número total de cursos d'água	Definido pelo SIG	-
Rd	Comprimento total dos cursos d'água	Definido pelo SIG	-
Dd	Divisão da Rd pela área da bacia	$Dd = Rd/A$	Horton (1945)
Dr	Relação entre Nc e a área da bacia	$Dr = Nc/A$	Horton (1945)
Tc	Tempo que água leva do ponto mais distante até o exutório da bacia	$tc = 0,364 * \left(\frac{A^{0,41}}{S^{0,17}}\right)$	Dooge (1973)

#### Análise hidrológica e pluviométrica

No Brasil, a Rede Hidrométrica Nacional através da ANA, é responsável pela regulação dos recursos hídricos, monitoramento hidrometeorológico

e disponibilidade de informações através do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb), ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH).

Para análise hidrológica e pluviométrica selecionou-se uma estação fluviométrica e outra pluviométrica dentro da bacia do rio Piriá. Seguindo as recomendações da Organização Mundial de Meteorologia (OMM, 1984), que estabelece que para os cálculos dos padrões climatológicos é necessário período com abrangência de no mínimo três décadas

consecutivas. Portanto, a partir da análise dos dados selecionou-se as estações descritas na Tabela 4. Destaca-se que ambas as estações estão no município de Viseu no estado do Pará e apresentaram dados em um período comum de abrangência das séries históricas, que foi de janeiro 1981 a dezembro de 2014, correspondendo a 34 anos de dados.

Tabela 4- Descrição das estações utilizadas no estudo.

Tipo	Código	Nome	Latitude	Longitude
Pluviométrica	146009	Viseu	-01:13:53	-046:11:16
Fluviométrica	32450002	Tararua - Ponte	-01:44:07	-046:35:29

### 3. Resultados e discussões

Assim, na Figura 3 tem-se o MDE que delimitou a bacia hidrográfica do rio Piriá, apresentando uma área de 5.430,78 km<sup>2</sup>, perímetro de 733,52 km e comprimento axial de 150,36 km, além de altitude mínima de 10m e altitude máxima de 190

m, resultando em uma amplitude de 180 m. Vale destacar que estas variáveis são importantes para a caracterização morfométrica, haja vista, suas influências diretas nas quantidades de águas produzidas como escoamentos, e ainda destaca-se que a forma e o relevo da bacia também auxiliam na caracterização do regime da rede drenagem.

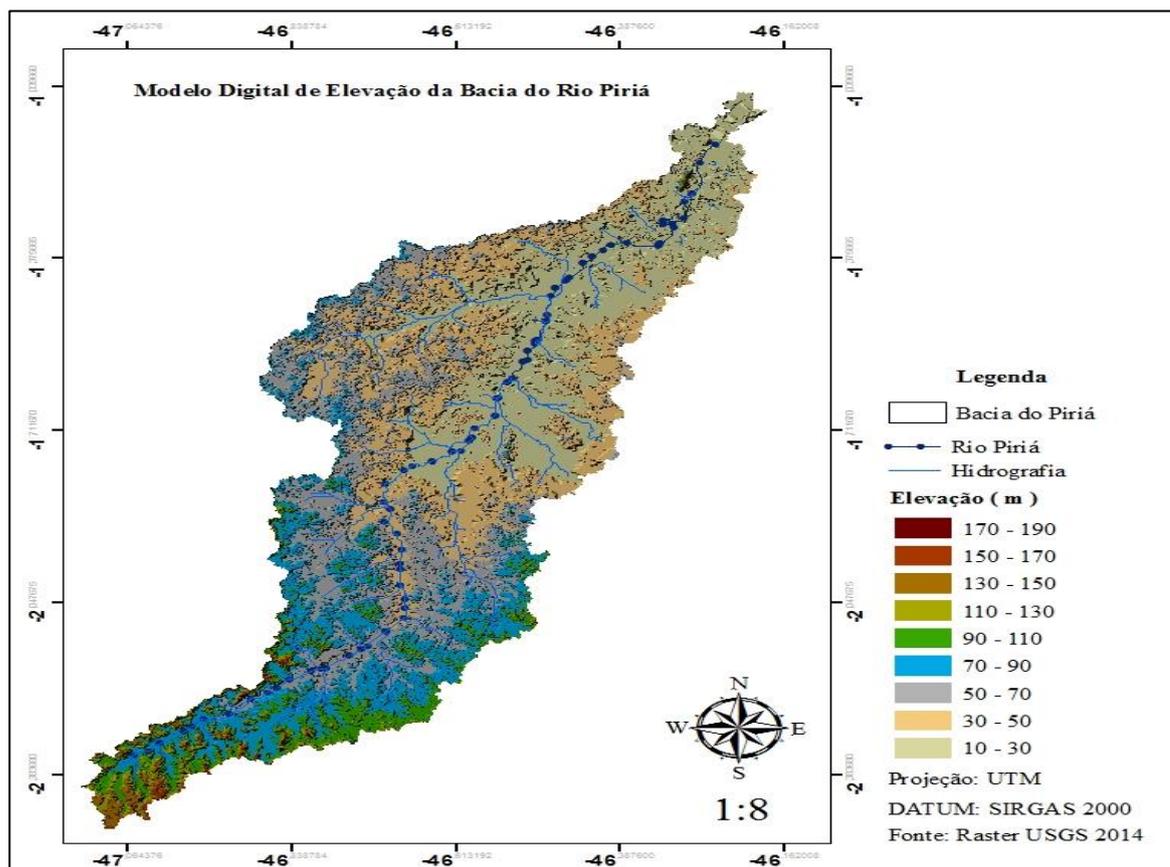


Figura 3- Modelo Digital de Elevação da bacia do rio Piriá-PA.

Na Tabela 5 apresenta-se os resultados das variáveis da caracterização morfométrica da bacia do rio Piriá, segregadas em características geométricas,

de relevo e de rede de drenagem que auxiliam nas análises hidrológicas e no grau de vulnerabilidade da bacia hidrográficas.

Tabela 5- Resultado da Caracterização morfométrica da bacia do Rio Piriá-PA.

Características	Variáveis	Unidade	Resultado
<b>Geométricas</b>	Área total (A)	km <sup>2</sup>	5430,78
	Perímetro (P)	km	733,52
	Comprimento Axial (L)	km	150,36
	Coefficiente de compacidade (Kc)		2,79
	Fator de forma (KF)		0,24
	Índice de circularidade (IC)		0,13
<b>Relevo</b>	Altitude Máxima (A <sub>max</sub> )	m	190,00
	Altitude Mínima (A <sub>min</sub> )	m	10,00
	Amplitude Altimétrica (Hm)	m	180,00
	Declividade Média (S)	m/km	0,001
<b>Rede drenagem</b>	Comprimento do Rio Piriá (LR)	km	190,86
	Número de cursos d'água (Nc)		570,00
	Rede de drenagem (Rd)	km	1821,39
	Densidade de drenagem (Dd)	km/km <sup>2</sup>	0,34
	Densidade de rede de drenagem (Dr)		0,10
	Tempo de concentração (Tc)	h	40,53

Na caracterização geométrica foi obtido coeficiente de compacidade (Kc) de valor 2,79, considerado um valor alto, indicando menor potencialidade de produção de picos de enchentes. Os valores resultantes foram de 0,24 de fator de forma (KF) e de 0,13 de índice de circularidade (IC), ambos distante de uma unidade, indicam tendência de a bacia ter um formato alongado, confirmado com o MDE (Figura 2). Conforme Stipp et al. (2010), valores de KF próximo de 0, podem inferir que a bacia tem pequeno risco de inundações e cheias instantâneas. Assim, é possível afirmar que a bacia analisada tem uma boa geometria, de tal forma que em condições normais de precipitação, não está sujeita a grandes enchentes, tão pouco suscetível a cheia.

As cotas altimétricas apresentam ampla variação, resultando na amplitude altimétrica de 180 m, já que a altitude máxima (A<sub>max</sub>) é de 190 m e a mínima (A<sub>min</sub>) é de 10 m. Este grande desnível, entre a cabeceira e o exutório da bacia do Piriá, influencia diretamente sobre o resultado da declividade média (S), que foi de aproximadamente 0,001 m/m, que é amenizada pelo comprimento do rio do Piriá de 180 Km.

Na bacia foram encontrados 570 cursos d'água (Nc), sendo considerados apenas os ordenados pela classificação proposta por Strahler (1952), resultando em 1.821,39 km de rede de drenagem (Rd), de 0,10 de densidade da rede de drenagem (Dr) e de 0,34 km/km<sup>2</sup> de densidade de drenagem (Dd). A classificação proposta por Villela e Mattos (1975), densidade de drenagem pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup> em bacias de drenagem pobre a 3,5 km/km<sup>2</sup> em bacias de drenagem ricas. Sendo assim, a bacia do rio

Piriá caracteriza-se com baixa capacidade de drenagem, que se dá pela divisão do comprimento total dos cursos d'água pela área da bacia.

Outro parâmetro muito importante é o tempo de concentração (Tc), que é de 40,53 horas, isso quer dizer a bacia leva cerca de 40 horas e 30 minutos para que toda água precipitada chegue ao exutório, para Mamédio et al. (2018), o Tc permite compreender o comportamento do escoamento superficial na bacia hidrográfica, o qual está associado a diversos fenômenos que podem trazer prejuízos socioeconômicos e ambientais no meio em que ocorrem.

Os valores encontrados nas características da rede de drenagem da bacia do Piriá podem ser justificados pelo número de ordens considerados no método de ordenamento de Strahler (1952). Portanto, neste foram os cursos d'água de até 4° ordem para classificação hierárquica. Conforme Ribeiro et al. (2015), bacias com ramificações até a 4° ordem são consideradas como pequenas bacias hidrográficas, quanto mais ramificações houverem, mais eficaz será a rede de drenagem. Utilizando a mesma metodologia de MDE, para a caracterização morfométricas de bacias hidrográficas, os estudos de Rodrigo et al. (2016), na bacia do Igarapé da Prata, e Ribeiro et al. (2015) no Igarapé do Una, ambos no estado do Pará, corroboram com o resultado.

Na análise da pluviométrica da bacia do Piriá, utilizou-se a estação pluviométrica Viseu. A Figura 4 apresenta a precipitação anual acumulada no período de 1981 a 2014, com precipitação média de 2.297,66 mm/ano, equivalente a 6,29 mm/dia. Nota-se ampla variação, o menor índice pluviométrico foi de 1.179,80 mm e o maior de 4.023,00 mm, com

amplitude de 2.844 mm. Sugere-se que a combinação da grande disponibilidade hídrica e de energia solar influenciam aos altos volumes precipitados. E que a

variabilidade pluviométrica está diretamente relacionada aos sistemas e fenômenos atmosféricos atuantes na região (Sousa et al., 2015).

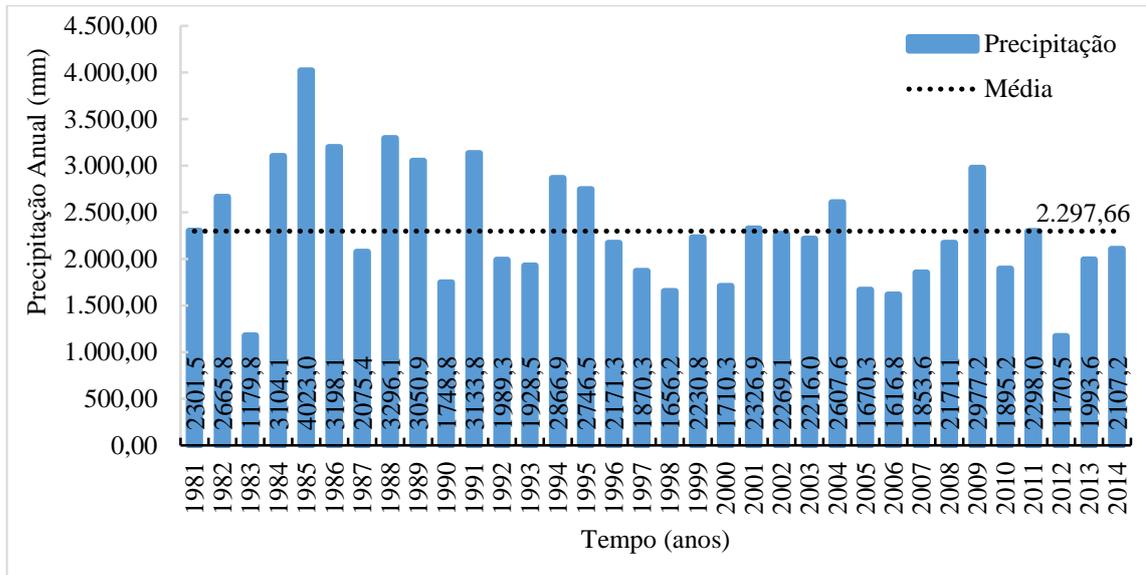


Figura 4- Comportamento da precipitação anual da bacia do rio Piriá-PA (1981 a 2014).

Os sistemas atmosféricos também influenciam na variação sazonal da precipitação, sendo que a área apresentou duas estações bem definidas na climatologia anual, a estação chuvosa dos meses de janeiro até junho e estação seca dos meses de julho até dezembro, apresentadas na Figura 5, com precipitação mensal média de 191,50 mm.

Destaca-se que quatro meses apresentaram altos índices pluviométricos maiores que 320 mm, tendo o maior índice no mês de março com média de 468 mm, e três meses tem índices menores que 8 mm, caracterizando-se como um período de quase estiagem na região do Piriá.

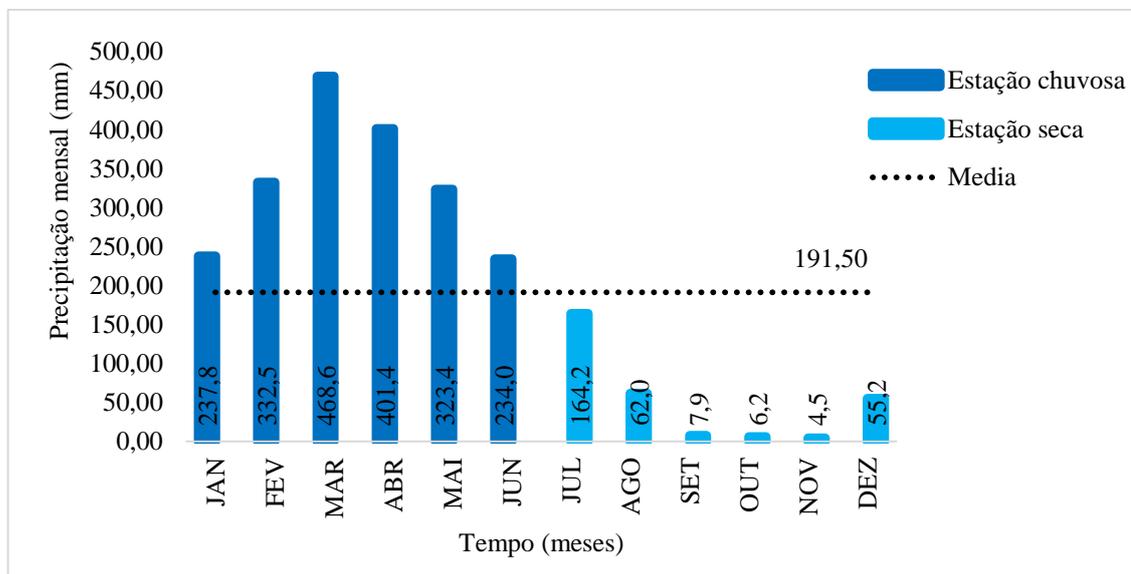


Figura 5- Comportamento sazonal da precipitação da bacia do Piriá-PA (1981 a 2014).

Na análise hidrológica da bacia do Piriá utilizou-se os dados da estação fluviométrica Tararua – Ponte, pois está mais próxima do exutório da bacia, apresenta maior área de drenagem e possui o maior período com dados diários registrados. A Figura 6 apresenta o comportamento sazonal da vazão da estação, que teve vazão média de 76,9 m<sup>3</sup>/s, com

variação sendo a mínima no mês novembro de 5 m<sup>3</sup>/s e a máxima no mês de abril de 211 m<sup>3</sup>/s. Comparando com a precipitação é possível constatar que o comportamento da vazão é proporcional e que esse efeito é cumulativo, pois a água precipitada na bacia escoou para o rio, contribuindo com a vazão.

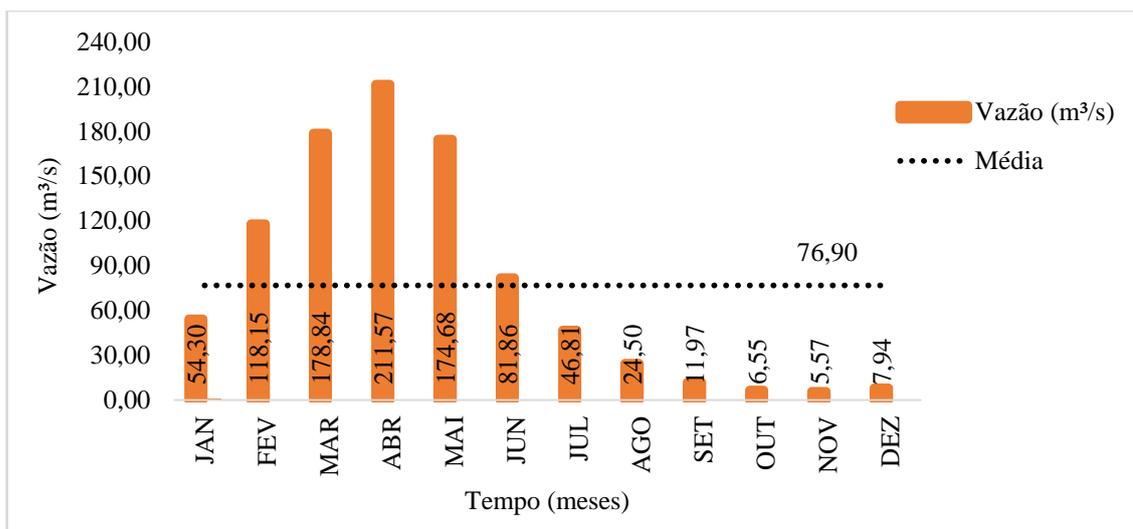


Figura 6- Comportamento sazonal da vazão da estação fluviométrica (1981 a 2014).

A área de drenagem é a variável que mais influência na vazão (Lopes et al., 2016). Logo, através da relação área-vazão estimou-se a vazão média da bacia do Piriá, utilizando a área de drenagem da estação fluviométrica que segundo a ANA é de 2.630 km<sup>2</sup>, equivalente a cerca de 48,4 % da área da bacia. A Figura 7 apresenta o comportamento da vazão estimada para a bacia do Piriá, com média mensal de 158,76 m<sup>3</sup>/s, nota-se que segue o mesmo comportamento da estação, tendo mínima no mês novembro de 11,5 m<sup>3</sup>/s e máxima no

mês de abril de 436,82 m<sup>3</sup>/s. Se considerar que toda a precipitação se transforma em vazão estima-se a vazão através da multiplicação da precipitação média de 2.297,66 mm/ano pela área da bacia e 5430,78 km<sup>2</sup>, ajustando as unidades. Assim, estima-se vazão média de 395,67 m<sup>3</sup>/s, porém este método desconsidera as perdas por evapotranspiração, infiltração, interceptação da vegetação e de usos consuntivos, como: irrigação, dessedentação de animais, abastecimento público, entre outros.

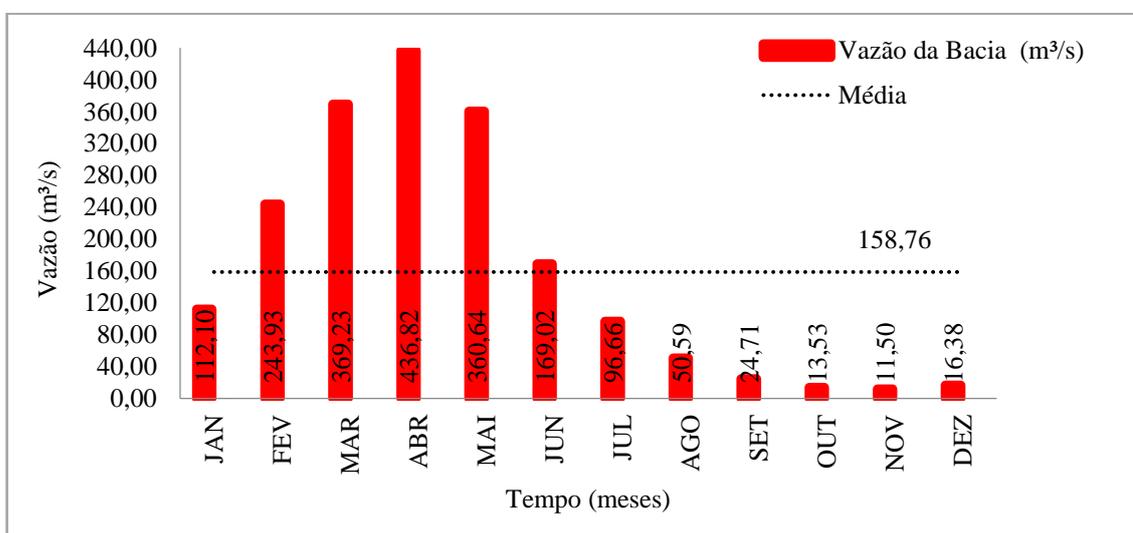


Figura 7- Comportamento sazonal da vazão estimada para a bacia do Piriá-PA (1981 a 2014).

Considerando-se que a diferença entre as vazões estimadas são as perdas na bacia, logo, pode-se sugerir que dos 100% (395,67 m<sup>3</sup>/s) do volume precipitado apenas 40% (158,76 m<sup>3</sup>/s) escoam pelo rio Piriá, a vazão do rio, o restante cerca de 60% (236,91 m<sup>3</sup>/s) podemos considerar as perdas no sistema, seja por infiltração, evapotranspiração, interceptação da vegetação e de usos consuntivos na bacia do rio Piriá. Destaca-se que o conhecimento de variáveis

hidrológicas é de fundamental importância para a gestão dos recursos hídricos (Lopes et al., 2016).

Outro ponto importante é que na análise de concessão de outorga no estado do Pará, utiliza-se a vazão com 95% de permanência (Q95), obtida através da curva de permanência hidrológica, que relaciona a vazão com a sua probabilidade de ocorrência ao longo do tempo e pode ser elaborada a partir de dados diários, mensais ou anuais de vazão.

Segundo Pessoa et al. (2011), o conhecimento das vazões de permanência de um curso d'água é importante para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Portanto, com os dados das séries histórica da estação fluviométrica elaborou-se a curva de permanência que é o complemento da função densidade cumulativa de probabilidade (FCP) das

vazões médias diárias. A Figura 8 apresenta curva de permanência para o rio Piriá, a partir destas pode-se verificar a vazão de referência com 95% de permanência (Q95) de 2,2m<sup>3</sup>/s. Deste modo, a probabilidade de que 95% do tempo de um ano, cerca de 347 dias terão vazões maiores ou igual a Q95. Sendo que o maior valor da vazão foi de 579 m<sup>3</sup>/s e o menor foi de 0,014 m<sup>3</sup>/s.

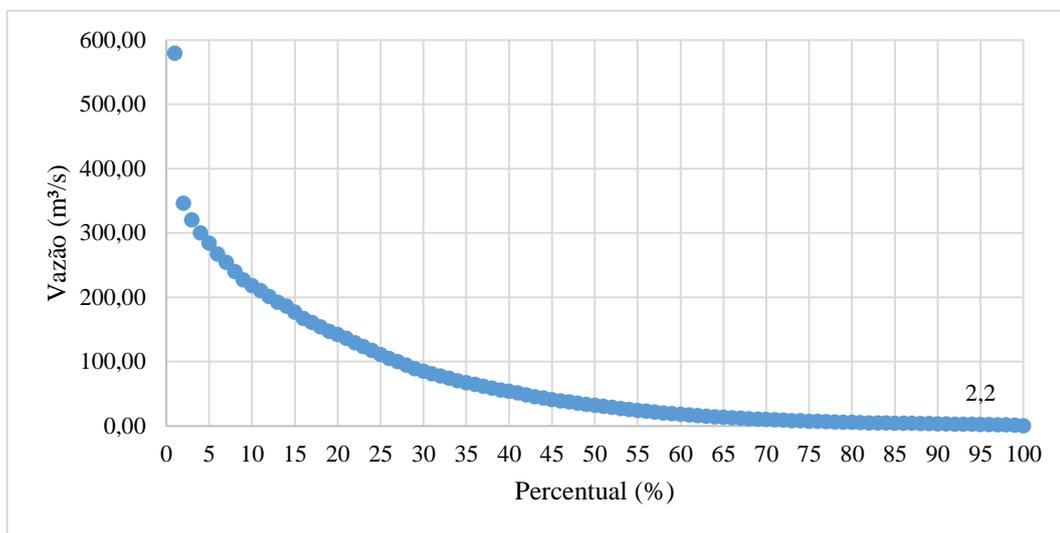


Figura 8- Curva de permanência hidrológica do rio Piriá-PA.

#### 4. Conclusão

A caracterização morfométrica demonstra que a bacia hidrográfica formada pelo rio Piriá, tem a tendência a um formato alongado, nos quais, o índice de circularidade, coeficiente de compactidade e fator de forma demonstraram que esta bacia favorece ao bom escoamento, o que torna a bacia pouco suscetível a possíveis fenômenos com inundações e enchentes.

Devido aos dados disponíveis pelas séries históricas, pode-se aferir que os resultados apresentados por este trabalho podem ser confiáveis, tornando-os como auxílios à futuras pesquisas. Os mesmos apresentaram uma redução de vazão de junho a dezembro, o que significa a redução de vazão média até o início da estação chuvosa, tendo como período crítico de estiagem em novembro.

A partir das Curvas de Permanência chegou-se ao resultado que cerca de 347 dias terão vazões maiores ou igual a Q95, o que torna a região com boa disponibilidade hidrológica.

O resultado das características morfométricas, hidrológicas e pluviométricas são instrumentos importantes para a gestão dos recursos hídricos da bacia do rio Piriá, podendo auxiliar ao planejamento de medidas mitigadoras.

#### Referências

- Alves, T.L.B., Azevedo, P.V., Silva, M.T, 2014. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica riacho namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. *Revista de Geografia (UFPE)* 31, 130-148.
- Alves, W.S, Scopel, I., Martins, A. P., Morais, W. A., 2016. Análise morfométrica da bacia do Ribeirão das Abóboras–Rio Verde (GO). *Geociências* 35, 652-667.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2017. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. Brasília
- BRASIL, 1997. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro.
- Cardoso, C.A., Dias, H.C.T., Soares, C.P.B., Martins, S.V., 2006. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista árvore* 30, 241-248.
- CERH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2010. Resolução nº 10, de 03 de setembro .
- Dooge, J., 1973. Linear theory of hydrologic systems . Agricultural Research Service, US Department of Agriculture, Washington. (Technical Bulletin, 1468).
- Fonseca, S.D., Santos, D., Hermano, V.M., 2013. Geoprocessamento aplicado a análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do Bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG. *Revista de Geografia (UFPE)* 30, 178-191.

- Gonçalves, G.G.G., Daniel, O., Comunello, É., Vitorino, A.C.T., Arai, F.K., 2011. Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. *Floresta* 41, 797-808.
- Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin* 56, 275-370.
- Köppen, W., Geiger, R., 1928. *Klimate der Erde*. Verlag Justus Perthes, Gotha.
- Lopes, T.R., Prado, G., Zolin, C.A., Paulino, J., Antoniel, L.S., 2016. Regionalização de vazões máximas e mínimas para a bacia do rio Ivaí-PR. *Irriga* 21, 188-188.
- Mamédio, F.M.P., Castro, N.M.D.R., Corseiul, C.W., 2018. Tempo de concentração para bacias rurais monitoradas na região do planalto basáltico no sul do Brasil. *Rega: Revista de Gestión del Agua de America Latina* 15.
- Marinho, C.F.C.E., 2011. Caracterização hídrica e morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba. Monografia (Especialização). Campina Grande, UEPB.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2006. Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental. Secretaria de Recursos Hídricos. MMA, Brasília.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2000. Instrução Normativa n. 4, de 21 de junho de 2000.
- Moreira, M.C., Silva, D.D., 2014. Análise de métodos para estimativa das vazões da Bacia do Rio Paraopeba. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 19, 313-324.
- OMM. Organização Mundial de Meteorologia, 1984. Guia de Practicas Hidrológicas. 4. ed. v. 1, Genebra. (Aquisicion y Proceso de Datos, 168).
- Paula, M.R., Cabral, J.B.P., 2012. Uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na caracterização do uso da terra da bacia hidrográfica da UHE Caçu-GO. *Revista Geonorte* 3, 127-139.
- Pessoa, F.C., Blanco, C.J., Martins, J.R., 2011. Regionalização de curvas de permanência de vazões da região da Calha Norte no estado do Pará. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 16, 65-74.
- Rêgo, R.S., Gama, J.R.N.F., 1997. Solos, aptidão agrícola, cobertura vegetal e uso atual do Município de Viseu-PA. Programa de Integração Mineral em Municípios da Amazônia/PRIMAZ. CPRM, Área Nordeste do Pará. Belém
- Ribeiro, E., Ferreira, B., Maciel, M., Pereira, B., Soares, J., 2015. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé do Una por meio de geotecnologias. *Enciclopédia Biosfera* 11, 2960-2974.
- Rocha, R.M., Lucas, A.A.T., Almeida, C.A.P.D., Neto, M., Leal, E., Netto, A.D.O.A., 2014. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. *Revista Ambiente & Água* 9, 276-287.
- Rodrigues, R.S.S., Fernandes, L.L., Crispim, D.L., Vieira, A.S.A., Pessoa, F.C.L., 2016. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 11, 143-150.
- Santos, A.M.D., Targa, M.D.S., Batista, G.T., Dias, N.W., 2012. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água* 7, 195-211.
- SEMAS. Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Pará, 2001. Política de Recursos Hídricos do estado do Pará Lei Estadual n° 6.381, de 25 de julho de 2001.
- Silveira, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica, in: Tucci, C.E.M. (Org.), *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2. ed. UFRGS, ABRH, Porto Alegre. (Coleção ABRH, 4).
- Smith, K.G., 1950. Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science* 248, 655-668.
- Sousa, M.L.D.S., Rocha, E.J.P.D., Vitorino, M.I., Souza, P.J.O.P.D., Botelho, M.N., 2015. Variabilidade espaço-temporal da precipitação na Amazônia durante eventos ENOS. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 15-29.
- Stipp, N.A.F., Campos, R.A., Caviglione, J.H., 2010. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara-Uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. *Portal de Cartografia das Geociências* 3, 105-124.
- Strahler, A.N., 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin* 63, 1117-1142.
- Villela, S.M., Mattos, A., 1975. *Hidrologia Aplicada*. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo.