

## **GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA DE CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAUPEBAS, PA**

### **Geoprocessing as a morphometric characterization tool of the hydrographic basin of Parauapebas River, PA**

José Danilo Santana Pereira  
Universidade do Estado do Pará  
[danilo.uepa@live.com](mailto:danilo.uepa@live.com)

Hilton Pereira Oliveira  
Universidade do Estado do Pará  
[hiltonoliveira@outlook.com](mailto:hiltonoliveira@outlook.com)

Emanoelen Bitencourt e Bitencourt  
Universidade do Estado do Pará  
[manuhbitencourt13@outlook.com](mailto:manuhbitencourt13@outlook.com)

Glauber Epifânio Loureiro  
Universidade do Estado do Pará  
[epifanio@uepa.br](mailto:epifanio@uepa.br)

**RESUMO:** A bacia hidrográfica permite integrar dados interdisciplinares para um melhor gerenciamento dos recursos da área, e uma das ferramentas utilizadas para essa finalidade é o geoprocessamento. Portanto, o uso de geotecnologias contribui para a melhor elaboração e execução de projetos, como na mesorregião Sudeste do Pará, a qual abriga projetos de mineração, possui forte atuação na pecuária e na prestação de serviços. Isso justifica o estudo, que objetiva caracterizar os componentes físicos da bacia hidrográfica do Rio Parauapebas e extrair informações do sistema hidrológico e de indicadores de enchente. O método empregado foi o dedutivo, a abordagem da pesquisa foi quantitativa, de natureza aplicada e forma exploratória, realizada a partir o *software* ArcGIS 10.1, com associação da pesquisa bibliográfica, no período de 2005 a 2014 e autores pioneiros. Os dados obtidos indicaram que a bacia possui baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação, baixa drenagem, ainda que seja de quinta ordem e condução de sedimentos variada, assim como a altitude e a declividade da bacia.

**Palavras-chave:** Morfometria; SIG; Bacia.

**Abstract:** A hydrographic basin allows to integrate interdisciplinary data to better manage its resources, and one of the tools used for this purpose is geoprocessing. Thus, the use of geotechnologies contributes to an improved elaboration and execution of projects, such as in the Southeast Mesoregion in Pará, which houses mining projects, strong performance in livestock and services provision. This justifies the study, which aims to characterize the physical components of the Parauapebas River basin and extract information about its hydrological system and flood indicators. The method used was the deductive with a quantitative approach, applied nature and exploratory form. The software used was ArcGIS 10.1, with association of the bibliographic research, from 2005 to 2014 and pioneer authors. The data indicated that the basin has low susceptibility to flooding under normal conditions of precipitation, low drainage, even though it is a fifth order drainage basin with a varied sediment conduction, as well as the altitude and slope of the basin.

**Keywords:** Morphometry; GIS; Basin.

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica, definida topograficamente como o espaço delimitado por áreas de maiores altitudes, com uma rede de drenagem que leva o afluente a um único ponto, possibilita vincular estudos de diversas vertentes, a partir das relações bióticas e abióticas no ecossistema, para uma melhor administração do espaço. Portanto, pode proporcionar a agregação de dados do meio físico, biótico e antrópico, de forma a garantir uma perspectiva sistemática da unidade (TUNDISI, 2006).

Nesse sentido, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são utilizados para o favorecimento da compreensão de representações gráficas em estudos geomorfológicos de áreas, como bacias hidrográficas, a fim de contribuir para o ordenamento de dados e integração dos elementos formadores da paisagem, o que permite o desenvolvimento de múltiplas técnicas manejáveis para subsidiar projetos (MESSIAS; FERREIRA, 2014).

Analogamente ao desenvolvimento dos SIG's, desenvolveram-se e são amplamente utilizados em análises morfométricas os Modelos Digitais de Elevação – MDE's (ALVES SOBRINHO et al., 2010). Um MDE, segundo Lemos (2006), constitui qualquer representação digital de uma variável contínua do relevo no espaço, em que são implementados diversos algoritmos utilizados em módulos específicos de SIG, os quais permitem a obtenção automática das características físicas das bacias hidrográficas.

Nesse contexto, as informações de relevo são representadas por uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da altitude e superfície do terreno, o MDE. Esse é utilizado no delineamento de redes de drenagem, limites de bacias hidrográficas, cálculo de declividade, altitude, verificação da direção de fluxo do escoamento superficial e como parte integrante de modelos hidrológicos (BARROS et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2010).

Os MDE's, são resultantes da interpolação de curvas de nível extraídas de uma carta topográfica ou por meio de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), as quais mostram-se uma alternativa para suprir a carência de informações relativas ao relevo. Além disso, permite a produção de elementos fundamentais para a delimitação automática de bacias hidrográficas, com vantagem de velocidade, redução de intervenções manuais, menor subjetividade e, portanto, a possibilidade de representação paramétrica (COSTA et al., 2007; VALERIANO et al., 2006).

Nessa perspectiva, com o objetivo de viabilizar estudos e projetos, os produtos de geoprocessamento são importantes ferramentas na detecção de danos ambientais, monitoramento de impactos e planejamento da exploração de recursos naturais (ORTIZ; FREITAS, 2005).

Portanto, o uso do geoprocessamento pode integrar dados e contribuir para a melhor elaboração e execução de projetos, como na mesorregião sudeste do Pará, uma área de expressiva relevância econômica, pois abriga projetos de mineração, possui forte atuação na pecuária e na prestação de serviços. Isso justifica o estudo, o qual objetiva

caracterizar os componentes físicos da bacia hidrográfica do Rio Parauapebas e extrair informações do sistema hidrológico e de indicadores de enchente.

## **CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA**

De acordo com Antoneli e Thomaz (2007), na caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica a combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas, em que a importância é evidenciada por permitir estudos sobre vulnerabilidade ambiental.

Dentre os vários parâmetros morfométricos, alguns são aplicáveis à bacia como um todo, enquanto outros são relativos a apenas algumas características do sistema. O essencial é reconhecer que nenhum dos parâmetros deve ser entendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia hidrográfica, a qual inclusive tem magnitude temporal (LIMA, 2008).

### **Área e Perímetro**

Em relação a esses parâmetros, Lima (2008) denominou que a área equivale ao espaço de maior elevação que o exutório da bacia, porém dentro dos limites de separação topográfica de duas bacias adjacentes. E Cruz (2010) definiu perímetro de uma bacia hidrográfica como a extensão referente aos pontos ligados às extremidades do divisor de águas, sendo que este normalmente é expresso em quilômetros (km).

### **Coefficiente de Compacidade**

Villela e Mattos (1975) definem o coeficiente de compacidade como a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, ambos em quilômetros. Esse coeficiente é um valor adimensional, que apresenta variação de acordo com a forma da bacia e ostenta grande relevância quando analisado em conjunto com outros parâmetros morfométricos (BIER, 2013).

Sobre este valor, quanto mais próximo de 1,0 estiver menor será o tempo de concentração e, portanto, maior tendência a enchentes terá a bacia. Ou seja, quanto mais irregular a bacia for, maior será o índice de compacidade, e em contrapartida, um índice mínimo (1 unidade) representara uma bacia circular, que resulta em uma área mais sujeita a enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975).

### **Índice de Circularidade**

O índice de circularidade foi proposto por Müller (1953) como uma equação que relaciona a área de uma bacia com a área de um círculo dotado de mesmo comprimento da linha de contorno em planta, isto é, o perímetro da bacia hidrográfica. Conforme Oliveira et al. (2010), concomitantemente ao coeficiente de compacidade,

o índice de circularidade tende para a unidade à medida em que a bacia se aproxima da forma circular e diminui sempre que a forma se torna alongada.

### Fator de Forma

Cardoso et al. (2006) define o fator de forma com a relação da forma da bacia com a geometria de um retângulo, de maneira a corresponder à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia. O fator de forma pode ser obtido da relação expressa pela divisão da área de drenagem da bacia em  $\text{km}^2$  pelo comprimento do eixo da bacia em km.

Uma bacia com fator de forma baixo é menos propícia a enchentes que outra com a mesma área, mas com fator de forma maior, em virtude de que em uma bacia estreita e longa (fator de forma baixo) tem menor probabilidade de eventos de precipitação demasiada cobrirem toda a área desta (Figura 1) (OLIVEIRA et al., 2010).

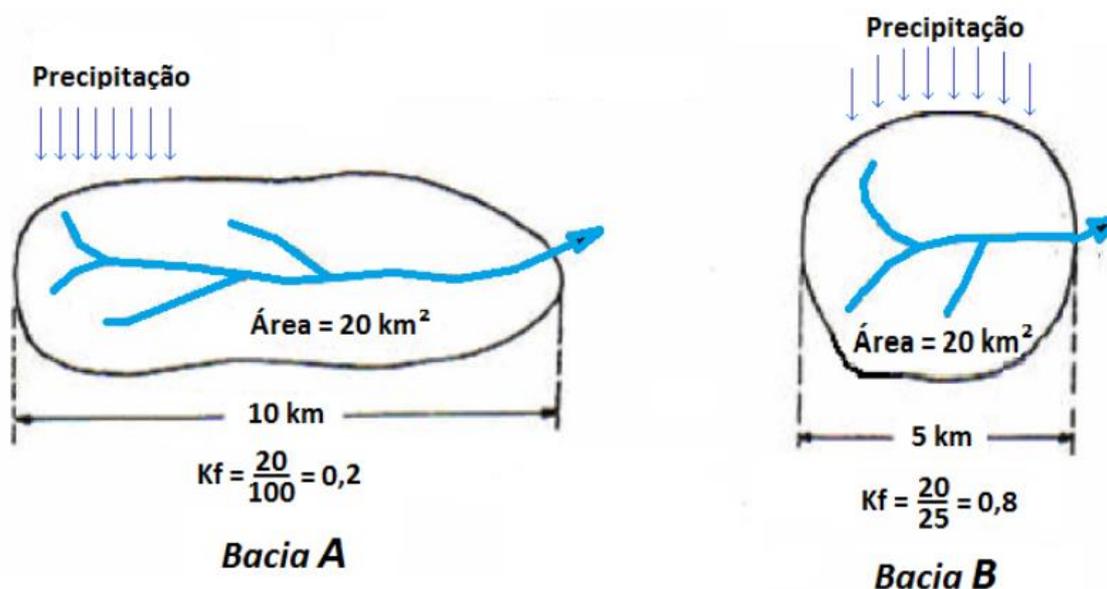


Figura 1: Representação da influência do fator de forma nas bacias.  
Fonte: Bier, 2013.

Essas duas bacias (Figura 1) são de igual área e diferentes fatores de forma. Mas, na bacia B a contribuição dos tributários e escoamento atingem o curso de água principal em vários pontos com uma concentração mais rápida, e na bacia A o escoamento direto da precipitação não se concentra tão rapidamente, logo, há menor probabilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo a extensão na totalidade (LIMA, 2008).

### Índice de Sinuosidade

Teodoro et al. (2007) define o índice de sinuosidade como a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal. Sendo que, este índice é opostamente proporcional a velocidade de escoamento, com interferência quanto às enchentes e a retenção de água no interior da bacia

hidrográfica. Já Marcuzzo et al. (2012) define o índice de sinuosidade como a relação entre a distância da desembocadura do rio e a nascente mais distante, medida em linha reta, e o comprimento do canal principal.

### **Densidade de Drenagem**

A densidade de drenagem indica o nível de evolução do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica, propiciando uma certa determinação da eficiência (OLIVEIRA et al., 2010). Em relação a isso, Rodrigues (2011) descreveu a densidade de drenagem como a relação entre o comprimento total dos canais, em km, pela área da bacia hidrográfica, em km<sup>2</sup>. A variável retrata a disponibilidade de canais para o escoamento linear dos afluentes e o grau de dissecação do relevo, resultante da atuação da rede de drenagem, além de refletir diretamente as consequências do uso do solo da bacia.

### **Hierarquia de Canais**

Cardoso et al. (2006) descreve que a ordem dos cursos d'água da bacia foi sugerida por Arthur N. Strahler, em 1952, aonde: os menores canais sem tributários são os de primeira ordem; os canais de segunda ordem são decorrentes da convergência de dois canais de primeira ordem, com contribuição somente de primeira ordem; os canais de terceira ordem derivam do encontro de dois canais de segunda ordem, podendo receber cursos de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de canais de terceira ordem, e podem receber tributários de ordens inferiores, e assim sucessivamente.

De acordo com Coelho (2007), a classificação baseada na proposta de Strahler permite melhor analisar a morfometria das bacias hidrográficas, a exemplo da seleção de sub-bacias mais representativas do ponto de vista físico (vazão, número de canais), como também possibilita auxiliar na gestão física e econômico destas.

### **Declividade do Rio Principal**

Segundo Medeiros, Ferreira e Ferreira (2009), a declividade do rio principal de uma bacia é a medida representativa do relevo e é muito utilizada em estudos hidrológicos. A velocidade de escoamento em um curso hídrico está associada a declividade da calha fluvial ou álveo, isto de forma proporcional. Os métodos utilizados para a obtenção da declividade podem se dar pelo estabelecimento da média aritmética e harmônica, sendo esse último o mais usual para o estabelecimento da declividade do talvegue.

## **METODOLOGIA**

O método utilizado, segundo Lakatos e Marconi (2017), foi o dedutivo, porque o uso de geoprocessamento pode auxiliar em projetos, e na bacia hidrográfica do rio

Parauapebas existem diversos projetos relevantes, no sentido econômico e ambiental. A pesquisa foi desenvolvida pela abordagem quantitativa, de natureza aplicada e forma exploratória, de acordo com Prodanov e Freitas (2013). Associou-se ao método a pesquisa bibliográfica, a qual abrangeu o período de 2005 a 2014 e autores pioneiros.

### Caracterização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Parauapebas está localizada na mesorregião do Sudeste Paraense, entre as coordenadas de latitude  $05^{\circ} 36' 00,06''$  e  $07^{\circ} 14' 23,97''$  S e as longitudes  $49^{\circ} 42' 36,05''$  e  $50^{\circ} 25' 03,57''$  W. Os municípios que estão inseridos no limite geográfico são Água Azul do Norte, Canaã dos Carajás, Curionópolis, Marabá, Parauapebas e Xinguara (Figura 2).



**Figura 2:** Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Parauapebas  
**Fonte:** IBGE, 2015; SEMAS, 2015.

O Sudeste Paraense é caracterizado, a nível nacional, pela expansão econômica e social, advinda do aproveitamento dos recursos ambientais, principalmente a partir do agronegócio e de projetos de extração de minério, atividades que levam ao desmatamento. Em relação ao clima, no Pará, é o Equatorial com subseca, com umidade considerável e baixa amplitude térmica no decorrer do ano (BRASIL, 2009).

### Processamento Vetorial dos Dados

O processamento vetorial dos dados dividiu-se em pré-geoprocessamento, e geoprocessamento (VIEIRA; SILVA; MIRANDOLA, 2013). No pré-geoprocessamento ocorreu a obtenção de metadados e informações vetoriais dos dados físico-ambientais

referentes a área de estudo, por meio de catálogos e plataformas digitais da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará – SEMAS (2015) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2015).

Nesta fase também houve aquisição de imagens orbitais SRTM, do tipo MDE, com resolução de 30 metros, para caracterização topográfica do terreno, as quais foram disponibilizadas pela *United States Geological Survey* (USGS, 2015) e permitiram a extração das caracterizações físicas com o suporte da ferramenta SIG ArcGIS 10.1 (ESRI, 2012), em sistema de orientação geográfica UTM WGS1984 fuso 22 e zona sul, mesma orientação geográfica das imagens SRTM.

Já na etapa de geoprocessamento foi procedido o tratamento dos dados obtidos na etapa anterior, a partir do uso do mesmo *software*, com a delimitação geográfica da bacia do rio Parauapebas, a elaboração das modelagens morfométricas e as representações gráficas.

Os procedimentos de tratamento dos metadados e das imagens SRTM foram: articulação de imagens SRTM, correção de depressões, direção de fluxo, fluxo acumulado e delimitação automática da bacia hidrográfica, além da geração dos temas morfométricos, obtidos por meio de parâmetros morfométricos, como área de drenagem, perímetro, comprimento e declividade média do rio principal, alturas e outros (Tabela 1).

**Tabela 1:** Definição dos parâmetros morfométricos.

Parâmetro	Abreviação	Definição	Unidade
Índice de Compacidade	$K_C$	$K_C = \frac{P}{P_C}$	-
Índice de Circularidade	$I_C$	$I_C = \frac{4 \times A \times \pi}{P^2}$	-
Coeficiente de Forma	$K_F$	$K_F = \frac{A}{L_{ax}^2}$	-
Densidade de Drenagem	$D_D$	$D_D = \frac{L_T}{A}$	km/km <sup>2</sup>
Índice de Sinuosidade	$I_S$	$I_S = \frac{L_{RP}}{D_V}$	-
Declividade Média do Talvegue	$S_{TV}$	$S_{TV} = \frac{H}{L_{TV}}$	%
Declividade da Bacia Hidrográfica	$D_B$	EMBRAPA, 1979	%
Hierarquia dos Canais	$H_C$	Strahler, 1953	

Legendas: P = Perímetro da bacia [km];  $P_C$  = Perímetro de um círculo de mesma área da bacia [km<sup>2</sup>]; A = Área da bacia [km<sup>2</sup>];  $L_{ax}$  = Comprimento do eixo da bacia [km];  $L_T$  = Comprimento total de canais [km];  $L_{RP}$  = Comprimento do canal principal [km];  $D_V$  = Distância vetorial do canal principal [km]; H = Altura altimétrica no divisor de água [km],  $L_{TV}$  = Comprimento do talvegue [km] e  $H_C$  = Hierarquia dos canais.

**Fonte:** Adaptado de Bier, 2013.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos indicaram que a bacia do rio Parauapebas possui uma área de drenagem de 9.982,98 km<sup>2</sup>, perímetro de 811,12 km e comprimento do rio principal de 286,25 km (Tabela 2).

**Tabela 2:** Dados dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Parauapebas.

Parâmetros Morfométricos	Mensurações
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	9.982,98
Perímetro (km)	811,12
Comprimento do Rio Principal (km)	286,25
Coefficiente de Compacidade (Kc)	2,27
Fator de Forma (Kf)	0,27
Índice de circularidade (Ic)	0,19
Índice de Sinuosidade (Is)	1,5
Densidade de Drenagem (km/km <sup>2</sup> )	0,26
Ordem da bacia	5
Altura Mínima (m)	150
Altura Média (m)	325
Altura Máxima (m)	900
Declividade Média do Rio Principal (%)	1,53
Declividade da Bacia Hidrográfica (%)	0 - >75

Fonte: Autores, 2019.

De acordo com os dados obtidos, pode-se afirmar, conforme Silva e Tonello (2014), Andrade et al. (2008) e Lorenzon et al. (2015), que a bacia do rio Parauapebas possui formato alongado, que está atrelado ao coeficiente de compacidade (2,27), valor distante de um; índice de circularidade (0,19) inferior a 0,51; e fator de forma (0,27), valores baixos (Tabela 2).

Isso possibilita afirmar, conforme Oliveira et al. (2010) e Villela e Matos (1975), que a bacia possui baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação, uma vez que necessita de mais tempo para acumular água pluvial.

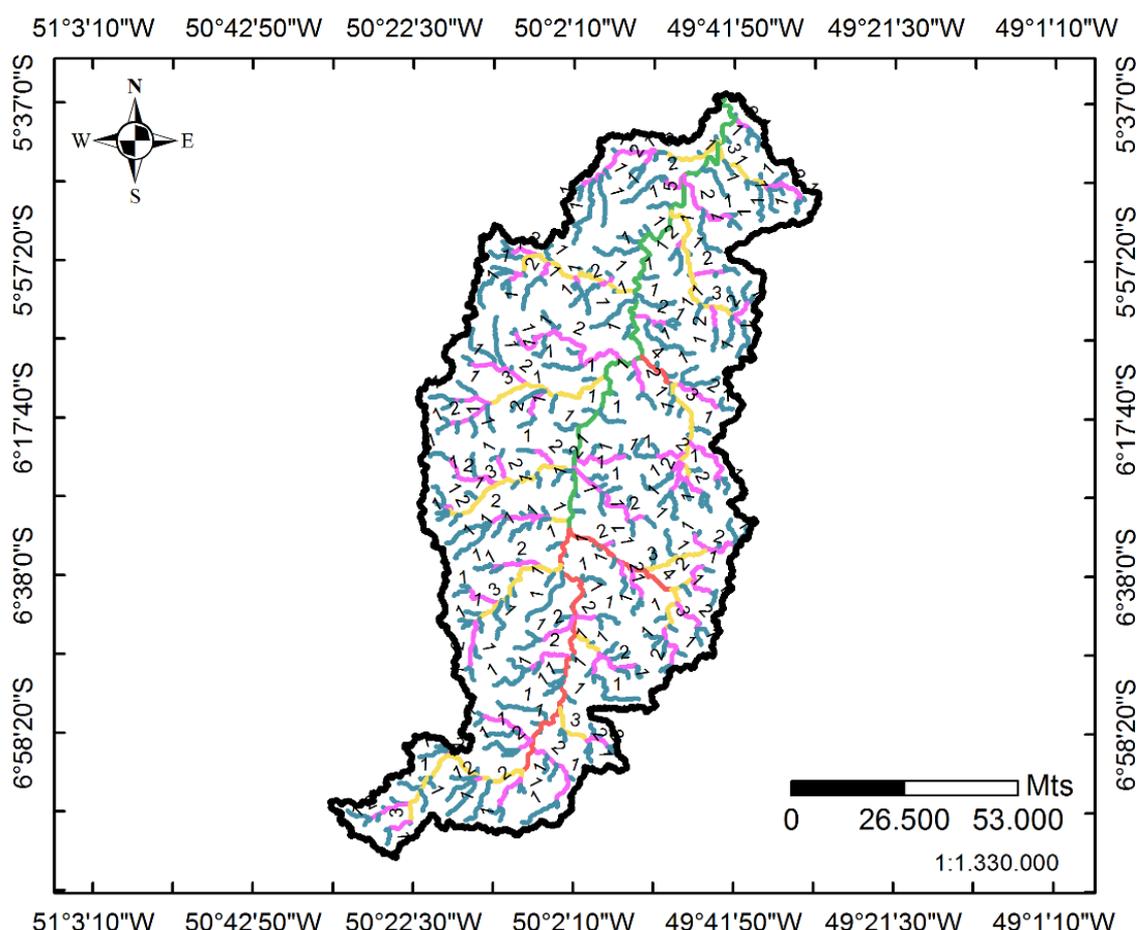
Em relação ao índice de sinuosidade, de 1,5 (Tabela 2), os dados indicaram formas de canais em transição, visto que valores aproximados de 1 caracterizam canais com propensão a serem retos, valores que ultrapassam 2 indicam canais com tendência a terem mais curvas, e o intermediário configura uma transição de formas, apontam Teodoro et al. (2007).

A partir disto, infere-se que as cargas de sedimentos, que estão ligadas a este índice, são conduzidas de maneiras distintas, e variam em granulometria, visto que a elevação da granulometria e carga de sólidos implicam na diminuição da sinuosidade, salientam Pinto Junior e Rossete (2005).

No que se refere a densidade de drenagem, a bacia do rio Parauapebas apresentou valor de 0,26 km/km<sup>2</sup> (Tabela 2), valor considerado baixo. Villela e Mattos (1975) afirmam que esse índice pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup>, para bacias de baixa drenagem, a 3,5 km/km<sup>2</sup>, para bacias de melhor drenagem. Assim, o valor obtido pode estar

associado à região, com presença de rochas permeáveis e chuvas menos intensas, influenciando na disponibilidade hídrica nos sistemas naturais (CRUZ, 2010; TONELLO et al., 2006).

Entretanto, o sistema de drenagem, de acordo com a hierarquia fluvial de Strahler (1957), constitui uma unidade fisiográfica de quinta ordem (Tabela 2) no período de cheia (Figura 3).



**Hierarquia de Canais (Classificação de Strahler)**

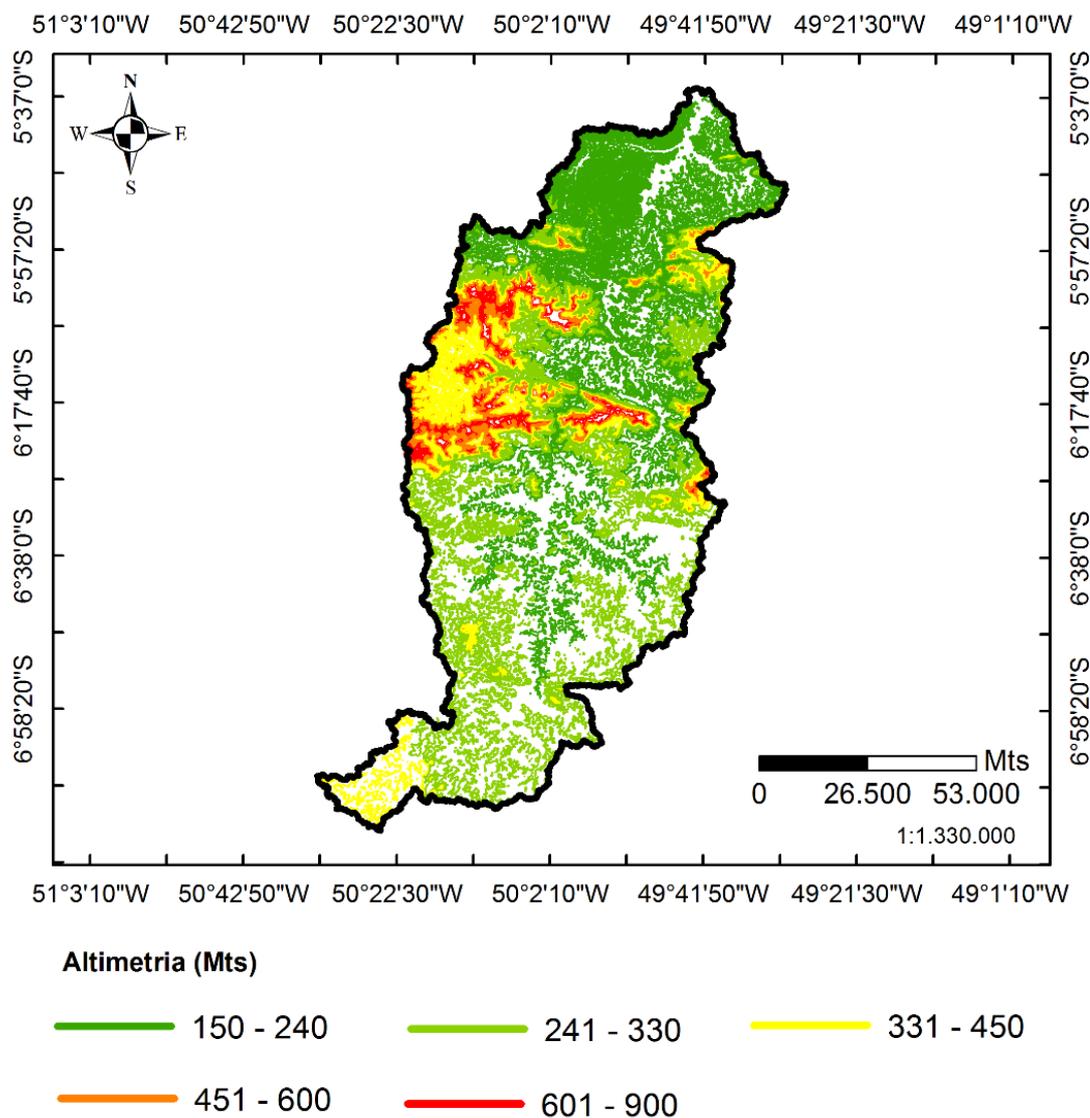
- Primeira Ordem
- Segunda Ordem
- Terceira Ordem
- Quarta Ordem
- Quinta Ordem

**Figura 3:** Hierarquia de canais da bacia hidrográfica do rio Parauapebas.

**Fonte:** Autores, 2019.

Segundo Tonello et al. (2006), a quantidade de segmentações no sistema de drenagem também se relaciona ao nível de drenagem na bacia, em que uma classificação de até 4 é geralmente para pequenas bacias, e quanto maior o número de bifurcações melhor a drenagem do sistema. Isto posto, este é um dado divergente ao da densidade de drenagem, possivelmente por haver apenas uma ramificação de quinta ordem na bacia.

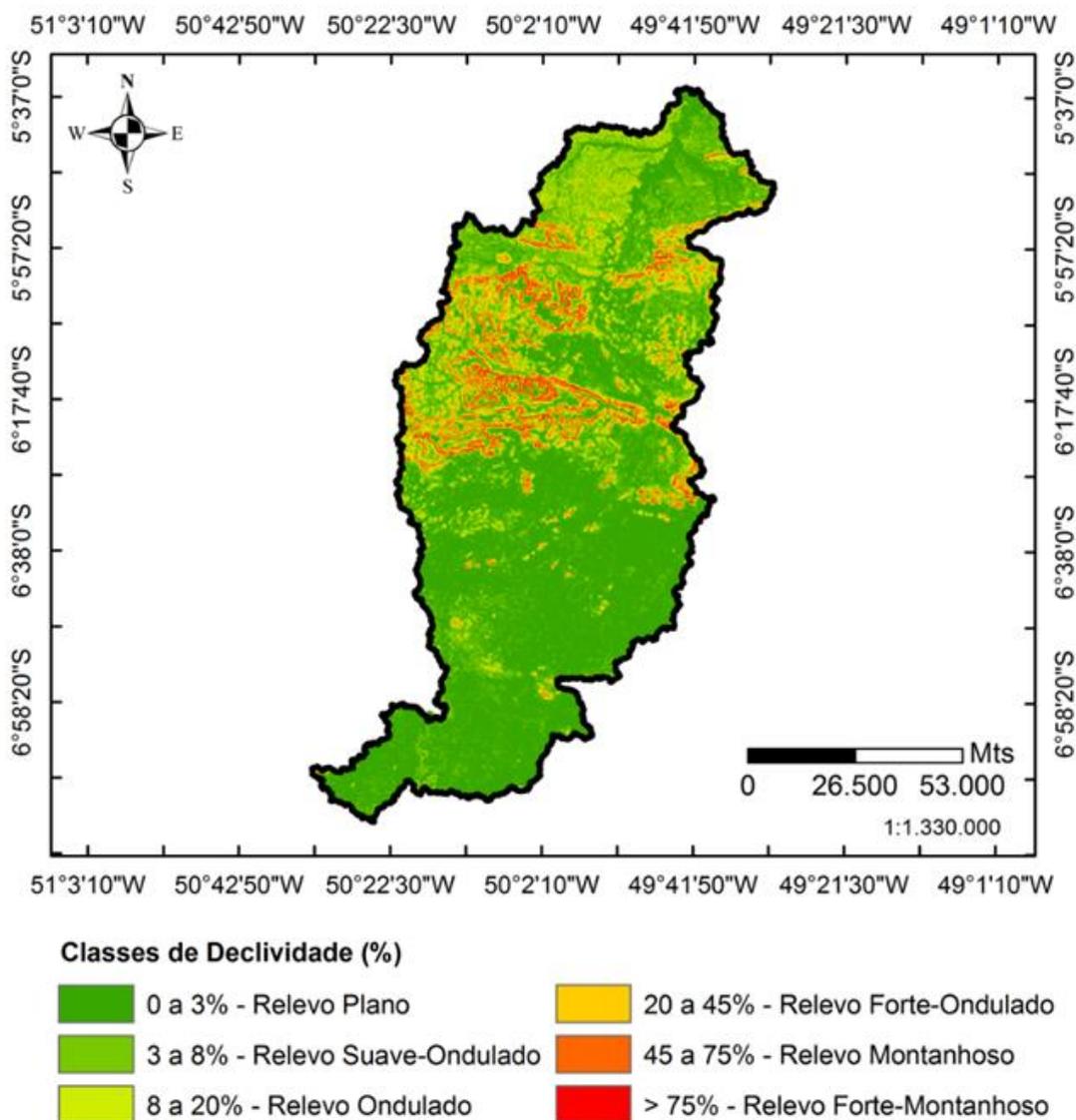
Já os valores relacionados à altitude, estes variaram de 150 a 900 m, sendo a altura média 325 m (Tabela 2). Apesar dos altos valores de altitude obtidos, estes se concentram apenas no eixo centro-oeste da mesma (Parauapebas e Canaã), sendo que, no geral, predominaram valores baixos (Figura 4).



**Figura 4:** Altimetria da bacia hidrográfica do rio Parauapebas.  
**Fonte:** Autores, 2019.

Além disso, em estudo realizado na bacia do rio Tapacurá – PE, Duarte et al. (2007) concluíram que a altitude média da bacia está associada a radiação recebida, e, portanto, energia utilizada para a ocorrência de trocas biogeoquímicas no ambiente, relacionadas aos fenômenos de precipitação e evapotranspiração, além da relação com a temperatura. Dessa forma, altitude e quantidade de energia usada são inversamente proporcionais, portanto Parauapebas e Canaã dos Carajás necessitam de menos energia para a ocorrência dos fenômenos.

No que concerne à declividade, o valor encontrado para a declividade média do rio principal foi 1,53% (Tabela 2). Em termos de declividade da bacia, de acordo com EMBRAPA (1979) a maior área corresponde a valores de 0 a 3% (Figura 5).



**Figura 5:** Classificação de declividade da bacia hidrográfica do rio Parauapebas.  
**Fonte:** Adaptado de EMBRAPA,1979.

A declividade no rio principal é considerada elevada, segundo Lorenzon et al. (2015), e na maioria da área da bacia (Água Azul do Norte, Xinguara e parte de Canaã dos Carajás e de Marabá), representa relevo plano, conforme classificação da EMBRAPA (1979). A outra parte de Marabá está classificada como relevo suave-ondulado, e a concentração de relevo forte-montanhoso correspondente a Parauapebas e parte de Canaã dos Carajás.

Segundo Elesbon et al. (2011), a velocidade de escoamento de um rio, e conseqüente variação na vazão instantânea, dependem diretamente da declividade dos canais fluviais. Tucci e Clarke (1997) indicam que o grau desta medida está correlacionado ao escoamento superficial, e conseqüente erosão no solo, além de elevar as chances de enchentes em áreas de alta declividade, como no rio principal.

Essa premissa é confirmada por Cruz (2010), pela afirmação de que nas formações rochosas da “Serra dos Carajás” há maior potencial de escoamento superficial, haja vista o terreno mais acidentado. Porém, o elevado nível de cobertura vegetal do mosaico de unidades de conservação na área, atenua, pelo efeito tamponador da vegetação, eventuais prejuízos oriundos de enxurradas e enchentes.

## CONCLUSÃO

Assim sendo, a utilização de técnicas de geoprocessamento mostrou-se de relevante utilidade para integrar dados sobre os componentes físicos da bacia hidrográfica do rio Parauapebas, os quais possibilitaram gerar informações acerca do sistema hidrológico e de indicadores de enchente.

A bacia hidrográfica do rio Parauapebas foi caracterizada pela baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação, e baixa drenagem, com conduções de sedimentos distintas pelos canais, ainda que classificada de quinta ordem. Além de altitude e declividade variadas na bacia. Estes dados podem, portanto, facilitar o desenvolvimento de projetos e gestão dos recursos utilizados em atividades antrópicas de significativa importância econômica para a região, como o agronegócio e a mineração.

## REFERÊNCIAS

ALVES SOBRINHO, T. et al. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 46-57, jan./fev. 2010.

ANDRADE, N. L. R. et al. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do Rio Manso – MT. *Geociências*, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 237-248, 2008.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46-58, jun. 2007.

BARROS, R. S. et al. Avaliação do modelo digital de elevação do SRTM na ortorretificação de imagens. Landsat 7 – Área de aplicação: Angra dos Reis – RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia, 2005. *Anais...* Goiânia: INPE, 2005. p. 3997-4004.

BIER, F. B. *Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis – SC*. 2013. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Reserva Biológica do Tapirapé: plano de manejo*. Brasília: ICMBio, 2009.

CARDOSO, C. A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

COELHO, A. L. N. Modelagem hidrológica da bacia do Rio Doce (MG/ES) com base em imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 8, n. 22, p. 116-131. set. 2007.

COSTA, C. A. G. et al. Comparação do uso do SRTM para delimitação e caracterização fisiográfica de uma micro-bacia hidrográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., Florianópolis, 2007. *Anais...* Florianópolis: INPE, 2007. p. 4833-4840.

CRUZ, F. M. *Avaliação geoambiental e hidrológica da bacia do rio Itacaiunas, PA*. 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal do Pará. Belém, 2010.

DUARTE, C. C. et al. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Tapacurá - PE. *Revista de Geografia*. Recife, v. 24, n. 2, p. 50-64, mai./ago. 2007.

ELESBON, A. A. A. et al. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do braço norte do rio São Mateus – Brasil. *Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, v. 64, n. 3, p. 281-288, jul./set. 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Reunião Técnica de Levantamento de Solos*. 10. súmula. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. 83 p.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. Inc. *ArcGIS Professional GIS for the desktop*. Versão 10.1. Software, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Downloads, geociências*. 2015. Disponível em: <[https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 23 set. 2015.

LAKATOS, M. E.; MARCONI, A. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LEMOS, A. F. *Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia hidrográfica do rio São Francisco, a montante do reservatório de Três Marias*. 2006. 142 f. Dissertação (Magister Scientiae em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2006.

LIMA, W. P. *Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas*. 2. ed. Piracicaba: USP, 2008.

LORENZON, A. S. et al. Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 10, n. 1, p. 195-206, jan./mar. 2015.

MARCUZZO; F. F. N. et al. Detalhamento hidromorfológico da bacia do Rio Paraíba. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 11., João Pessoa, 2012. *Anais...* João Pessoa, 2012.

MEDEIROS, L. C.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G. Avaliação de modelos digitais de elevação para delimitação automática de bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Cartografia*. v. 61, n. 2, p. 137-151, 2009.

MESSIAS, C. G.; FERREIRA, M. M. Estudo geomorfológico de bacias hidrográficas do Reservatório do Funil, alto Rio Grande (MG), por meio de imagens estereoscópicas ALOS/PRISM. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, São Paulo, v. 28, p. 237-262, 2014.

MÜLLER, V. C. A quantitative geomorphology study of drainage basin characteristic in the Clinch Mountain Area. New York: Virginia and Tennessee. *Dept. of Geology*. n. 3, 1953.

OLIVEIRA, P. T. S. et al. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n. 8, p. 819-825, 2010.

ORTIZ, J. L.; FREITAS, M. I. C. Mapeamento do uso da terra, vegetação e impactos ambientais por meio de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Geociências*, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 91-104, 2005.

PINTO JUNIOR, O. B.; ROSSETE, A. N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, MT-Brasil. *Geoambiente On-Line*, Jataí, n. 4, p. 38-53, jan./jun. 2005.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RODRIGUES, V. A. Análise dos processos hidrológicos em modelo didático de microbacias. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, Garça, v. 17, n.1, p. 1-15, fev. 2011.

SEMAS – Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. *Base cartográfica*. 2015. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/documentos/downloads/>>. Acesso em: 23 set. 2015.

SILVA, J. L.; TONELLO, K. C. Morfometria da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas – SP. *Irriga*, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 103-114, jan./mar. 2014.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara*, v. 11, n. 1, p. 113-135, 2007.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG. *Revista Árvore*. Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, set./out. 2006.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 2, n. 1, p. 135-152, jan./jun. 1997.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. *Revista USP*, São Paulo, n. 70, p. 24-35, jun./ago. 2006.

USGS – United States Geological Survey. *Modelo Digital de Elevação*. United States: Earth Explorer, 2015. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

VALERIANO, M. M. et al. Modeling small watersheds in Brazilian Amazônia with shuttle radar topographic mission-90 m data. *Computers & Geosciences*, v. 32, n. 8, p.1169-1181, out. 2006.

VIEIRA, P. H.; SILVA, A. C. A.; MIRANDOLA, P. H. Análise da degradação ambiental ocorrida na bacia hidrográfica do Uerê/MS. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 9, n. 2, p. 239-249, 2013.

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

**Recebido em 30/01/2019**  
**Aceito em 13/06/2019**