
Caracterização morfométrica

da sub-bacia hidrográfica
do rio Mutum-Paraná,
Amazônia Ocidental, Brasil

Caracterización morfométrica de la subcuenca
del río Mutum-Paraná, Amazonía Occidental, Brasil

Morphometric characterization of the Mutum-Paraná River
sub-basin, Western Amazon, Brazil

Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Júnior

Jhony Vendruscolo

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Gilderlon dos Santos Soares

Anderson Roberto Bento

Diogo Martins Rosa

Resumo

Objetivou-se com o trabalho a caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná, Amazônia Ocidental. Foram realizadas análises geométricas (área, perímetro, índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator forma), relevo (declividade, altitude mínima, média e máxima, e amplitude altimétrica) e drenagem (classificação, densidade de drenagem e índice de sinuosidade). Para o processamento de dados SRTM, software QGIS 2.10.0 (versão Pisa) e complemento TauDEM. A sub-bacia apresenta área de 3.510,0284 km², perímetro de 315,5719 km, índice de circularidade de 0,4430, coeficiente de compacidade de 1,4914, fator de forma de 0,3020, relevo plano a suave ondulado em 82,65 % da área, altitude mínima de 78 e máxima de 297 m, drenagem dendrítica, com densidade de 2,23 km km⁻² e índice de sinuosidade de 1,1989. A sub-bacia do rio Mutum-Paraná possui baixa susceptibilidade a ocorrência de enchentes, tendência de baixa velocidade de escoamento superficial e boa capacidade de drenagem.

Palavras chave: recursos hídricos; geomorfologia; modelo digital de elevação; geoprocessamento; planejamento ambiental.

Resumen

Con este trabajo se caracterizó la morfometría de la subcuenca del río Mutum-Paraná, Amazonía Occidental. Se realizaron análisis geométricos (área, perímetro, índice de circularidad; coeficiente de compacidad y factor forma); relieve (pendiente, altitud mínima, media y máxima; densidad de drenaje e índice de sinuosidad). Para el procesamiento de los datos se utilizó SRTM, software QGIS 2.10.0 (versión Pisa) y el complemento TauDEM. La subcuenca tiene un área de 3.510,0284 km², perímetro de 315,5719 km, índice de circularidad de 0,4430, coeficiente de compacidad de 1,4914, factor forma de 0,3020, relieve plano a suave ondulado 82,65 % del área, altitud mínima de 78 e máxima de 297 m, drenaje dendrítico, con una densidad de 2,23 km km⁻² e índice de sinuosidad de 1,1989.

Palabras clave: recursos hídricos; geomorfología; modelo digital de elevación; geoprosesamiento; planificación ambiental.

Abstract

The objective of this work was the morphometric characterization of the sub-basin of the Mutum-Paraná River, Western Amazon. The geometric analyzes (area, perimeter, circularity index, compactness coefficient and shape factor), relief (slope, minimum altitude, average and maximum, and altimetric range) and drainage (classification, drainage density and sinuosity index). For SRTM data processing, QGIS 2.10.0 software (Pisa version) and TauDEM add-in. The sub-basin has an area of 3,510,0284 km², a perimeter of 315.5719 km, a circularity index of 0.4430, a compactness coefficient of 1.4914, a shape factor of 0.3020, a flat relief to a smooth corrugation in 82,65 % of the area, minimum altitude of 78 and maximum of 297 m, dendritic drainage, with density of 2.23 km km⁻² and sinuosity index of 1.1989. The sub-basin of the Mutum-Paraná River has low susceptibility to flood occurrence, tendency of low runoff velocity and good drainage capacity.

Key words: water resources; geomorphology; digital elevation model; geoprocessing; environmental planning.

1. Introdução

A pressão antrópica nos recursos naturais (solo e água), devido ao aumento populacional, elevou a necessidade de um planejamento ambiental. No passado, a maior preocupação governamental sobre o gerenciamento no uso da água era em como satisfazer as crescentes demandas, assim como enfrentar o problema de secas ou enchentes (Marengo, 2008).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação, formada por um conjunto de nascentes e rede de drenagem, que direciona o escoamento para um único ponto de saída, conhecido como exutório (Tucci, 1997). Em função dessas características, a bacia hidrográfica tem grande influência na qualidade no ambiente, sendo considerada uma unidade territorial adequada para o planejamento ambiental, como observado no Plano Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

O estado de Rondônia é formado por 42 sub-bacias hidrográficas, dentre as quais, destaca-se a sub-bacia do rio Mutum-Paraná, localizada a noroeste do estado (Amazônia Sul-Occidental). Esta região apresenta como um dos principais problemas a intensificação do processo de erosão dos solos, devido à retirada da floresta, seguido da implantação de atividades agropecuárias (Watanabe *et al.*, 2016). Em função das pressões antrópicas, passou a ser alvo de vários estudos, principalmente, devido a construção da hidrelétrica de Jirau, que faz parte dos empreendimentos hidrelétricos do alto rio Madeira (Cruz, 2014).

Para o manejo adequado dos recursos hídricos é necessário a obtenção de informações das características morfométricas da bacia, por influenciar o sistema hidrológico e, consequentemente, a dinâmica do ecossistema (Teodoro *et al.*, 2007). Essas informações podem ser obtidas por meio de sistemas de

informações geográficas (SIG) e técnicas de geoprocessamento (Brubacher *et al.*, 2011), com baixo custo financeiro e tempo hábil.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná, com o uso do geoprocessamento como ferramenta de obtenção dos dados.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada na sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná (onde deságua no rio Madeira, o qual está inserido na bacia Amazônica); localiza-se a noroeste do estado de Rondônia, compreendendo parte dos municípios de Porto Velho e Nova Mamoré (Figura 1). A região apresenta clima Am (monção), com precipitação média anual de 2.100 mm e temperatura média de 26°C (Alvares *et al.*, 2014).

2.2 Caracterização morfométrica

Foram analisadas as características geométricas (área, perímetro, índice de circularidade, coeficiente de compactidade e fator de forma), de relevo (altitude e declividade) e drenagem (padrão, densidade e índice de sinuosidade).

A área e o perímetro da sub-bacia hidrográfica foram obtidos do Atlas Geoambiental de Rondônia (SEDAM, 2002). A extração da rede de drenagem e os levantamentos hipsométrico e da declividade, foram realizados com base em imagens do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 30 m (USGS, 2017). Para o processamento dos dados utilizou-se o software QGIS 2.10.0 (versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015), e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM).

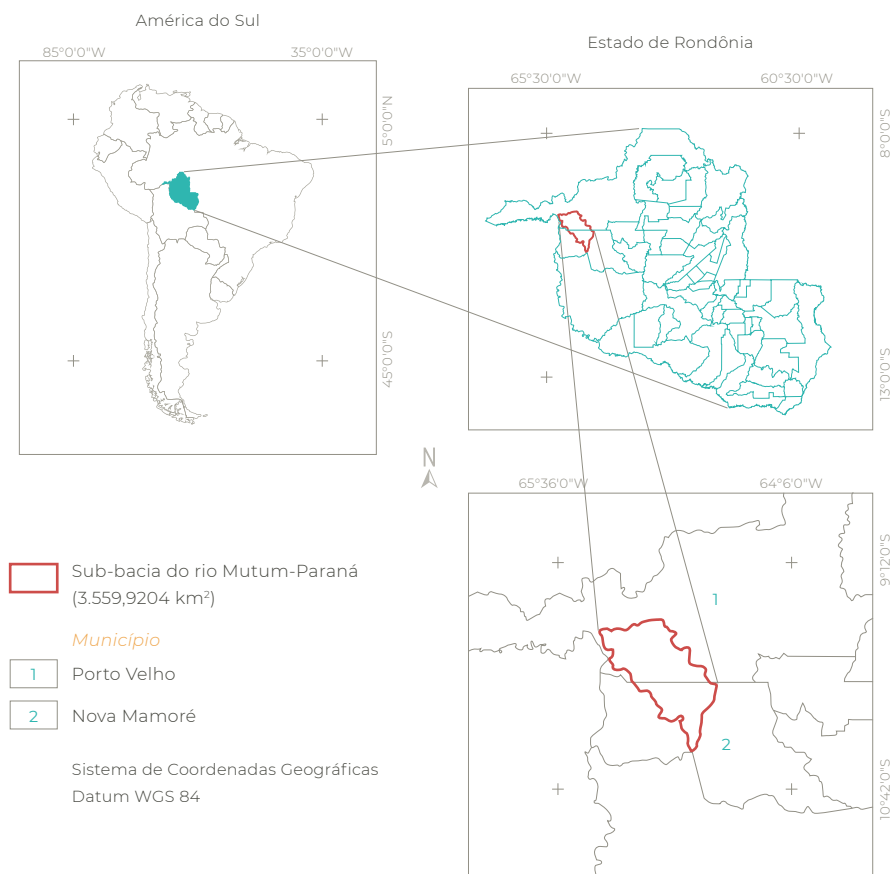


Figura 1 Localização e abrangência da sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná no estado de Rondônia, Amazônia Ocidental, Brasil

O índice de circularidade relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro equivalente (Cardoso *et al.*, 2006), (Equação 1).

$$IC = (12,57 \times A) / p^2 \quad (1)$$

Onde: p = perímetro da bacia hidrográfica em km; A = área da bacia hidrográfica em km².

O coeficiente de compacidade define a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia (Cardoso *et al.*, 2006), (Equação 2). O Kc sempre será um valor > 1 , quanto menor o Kc , mais

circular será a bacia e maior a tendência a enchentes.

$$Kc = 0,28 \times P / \sqrt{A} \quad (2)$$

Onde: P = perímetro da bacia hidrográfica (km); A = área da bacia hidrográfica (km²).

O fator de forma é definido pela relação entre a largura média e o comprimento do eixo axial da bacia (Cardoso *et al.*, 2006), (Equação 3).

$$F = A / L^2 \quad (3)$$

Onde: A = área da bacia em km²; L = comprimento do eixo principal em km.

As altitudes mínima e máxima foram obtidos com base na imagem altimétrica SRTM, com resolução de 30 m, utilizando o software QGIS 2.10.0. A amplitude altimétrica foi obtida pela diferença entre altitude máxima e mínima.

O relevo foi classificado de acordo com a declividade, sendo adotadas as seguintes classes: plano (0-3 %), suave ondulado (3-8 %), ondulado (8-20 %), forte ondulado (20-45 %) e montanhoso (45-75 %), (Santos *et al.*, 2013).

O padrão de drenagem foi obtido comparando a forma da distribuição dos cursos d'água (Parvis, 1950), (Figura 2).

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos cursos d'água com a área da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1980), (Equação 4).

$$Dd = L/A$$

(4)

Onde: L = comprimento total dos cursos d'água (km); A = área de bacia (km²).

O índice de sinuosidade é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves e Castro, 2016), (Equação 5).

$$Is = L/Dv$$

(5)

Onde: L = comprimento do canal principal (km); Dv = distância vetorial do canal principal (km).

3. Resultados

A sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná apresenta uma área de 3.559,92204 km², perímetro de 318,22 km, índice de circularidade de 0,4419, coeficiente de compacidade de



Figura 2 Classificação dos padrões de drenagem. Fonte: Adaptada do Google Earth®.

1,4934 e fator de forma de 0,3063. Com relação à altitude, verificou-se valor mínimo de 78 m, médio de 148,5 m, máximo de 297 m e amplitude de 219 m (Figura 3).

A região apresenta declividade variando de 0 a 80,0 %, enquadrando-se em quatro clas-

ses de relevo. As classes de predominância foram suave ondulado (48,75 %), plano (33,60 %) e ondulado (16,68 %), que correspondem a 99,03 % da área total da sub-bacia, os outros 0,94 % são classificados como Forte Ondulado (Figura 4).

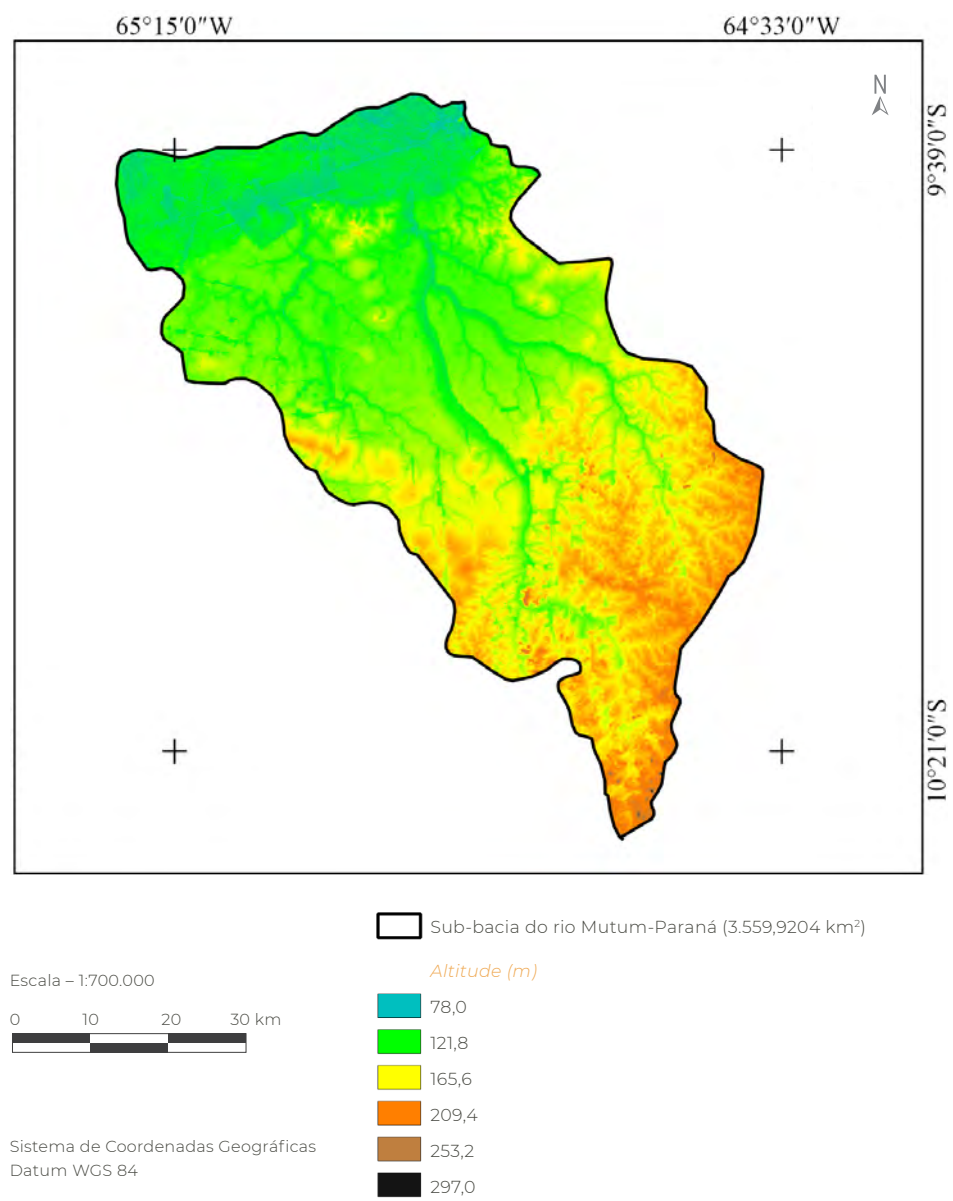


Figura 3 Mapa hipsométrico da sub-bacia do rio Mutum-Paraná, Amazônia Ocidental

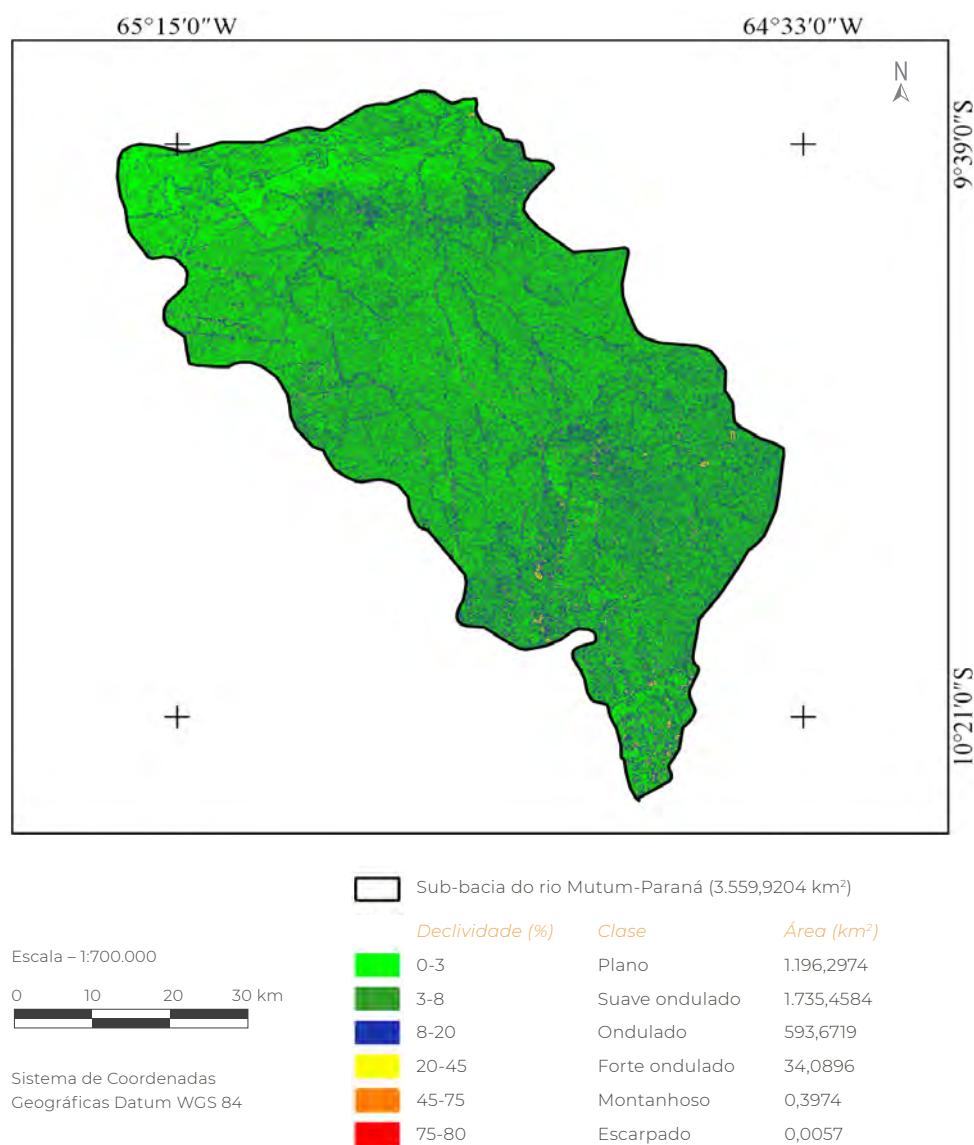


Figura 4 Classificação em relação à declividade da sub-bacia do rio Mutum-Paraná, Amazônia Ocidental

Na análise de drenagem constatou-se que a região apresenta o padrão do tipo dendrítico, com canal principal de 109,675 km, rede de drenagem total de 11.349,9649 km (Figura 5), densidade de drenagem de 3,19 km km⁻² e índice de sinuosidade de 1,1989.

4. Discussão dos resultados

Os valores de índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma, demonstram que a sub-bacia apresenta forma alongada, com baixo a médio nível de suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação.

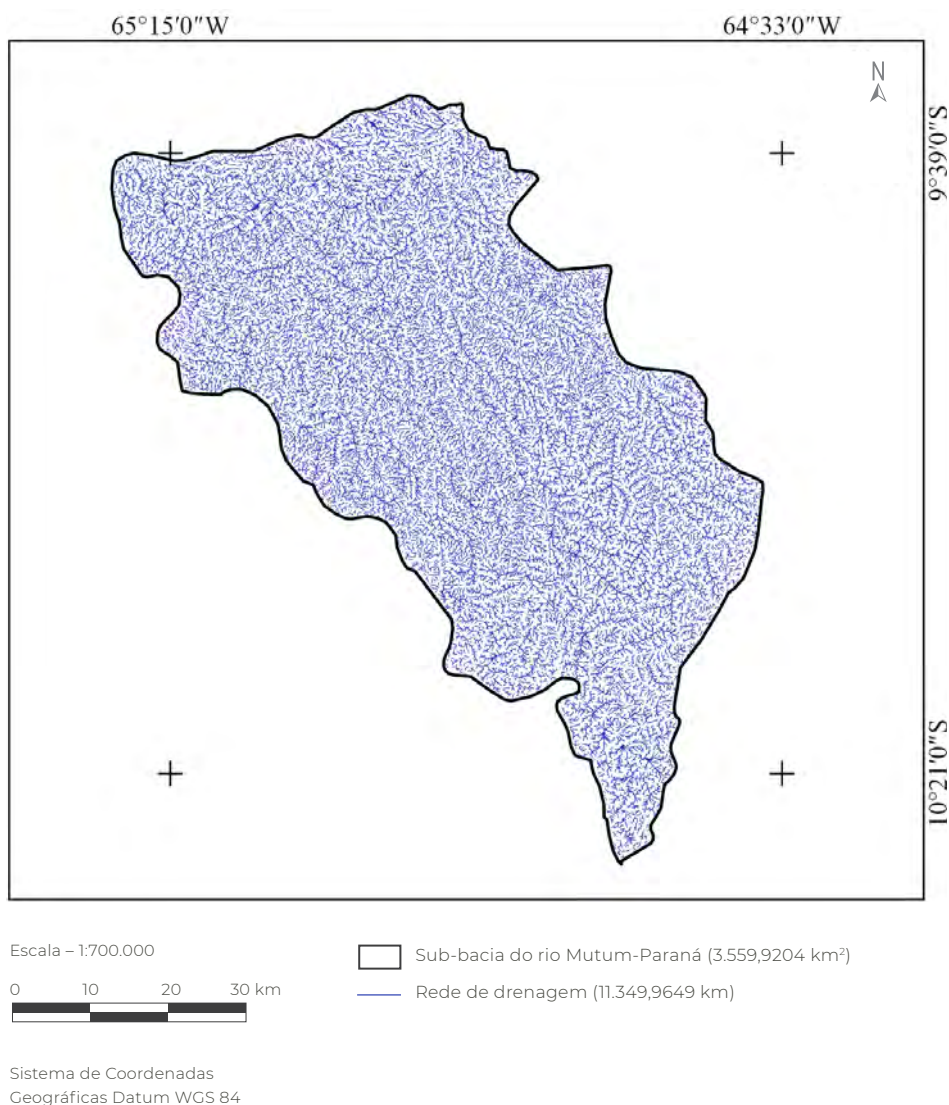


Figura 5 Rede hidrográfica da sub-bacia do rio Mutum-Paraná, Amazônia Ocidental

Em trabalho realizado por Cardoso *et al.* (2006), onde caracterizam a bacia do Debossan, RJ, localizada na região sudeste do país, se observa valores parecidos, onde a mesma é definida como de forma alongada, pois apresenta um coeficiente de compacidade (K_c) igual a 1,5842, além de um fator de forma

considerado baixo (0,3985). Em outro estudo, realizado por Andrade *et al.* (2008), na bacia do rio Manso, MT, constatou-se resultados semelhantes, com valores de índice de circularidade de 0,48, coeficiente de compacidade de 1,43 e fator de forma de 0,21, indicando que a bacia possui forma alongada, demonstrando pouca suscetibilidade a inundações.

O formato da bacia apresenta relação direta com o comportamento dos cursos d'água, fato este relatado por Spanghero *et al.* (2015); esses autores descrevem que o formato da bacia influencia o tempo que as águas precipitadas levam para alcançar o exutório.

A geomorfologia apresentada nos resultados preliminares em análise integrada da sub-bacia do rio Mutum-Paraná, realizada por Watanabe (2011), confirma a boa capacidade de descarga, pois se observa fraturas no raio central da sub-bacia, o que caracteriza um afunilamento da área de drenagem, acarretando em aumento da velocidade e volume de água escoado, ou seja, aumenta a possibilidade de uma alta capacidade de deságua. Além disso, estudos realizados por Umetsu *et al.* (2012), analisando a bacia de Carlinda, MT, observou-se um comportamento de escoamento lento, sendo as principais causas a forma oval e sua amplitude altimétrica de 56 m, indicando que outras bacias no país que se apresentam de forma oposta, tende a ser susceptível a inundações.

Na caracterização hipsométrica, observa-se uma amplitude altimétrica de 219 m, considerada baixa, o que explica o motivo da sub-bacia apresentar apenas quatro classes de relevo, e encontrar-se predominantemente entre as classes de plano a ondulado (99,03% da área total). Esses resultados demonstram, que a sub-bacia apresenta um relevo pouco declivoso, o que indica menores taxas de escoamento superficial, portanto, apresenta uma menor susceptibilidade aos processos erosivos.

As características do relevo de bacias hidrográficas, de acordo com Pissarra *et al.* (2004), descrevem a topografia do terreno de forma a indicar as proporções na qual os processos erosivos sucedem, ou seja, bacias mais

declivosas tendem a apresentar maiores quantidades de material removido do solo devido a maior velocidade de escoamento superficial.

De acordo com Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem pode variar de 0,5 km km⁻² em bacias com drenagem pobre, a 3,5 km km⁻², ou mais, em bacias bem drenadas. No entanto, não existe um consenso nas classificações da densidade de drenagem, pois segundo Christofolletti (1970), a densidade de drenagem é considerada baixa quando há menos do que 7,5 km km⁻², média quando os valores estão entre 7,5 e 10,0 km km⁻² e alta quando há mais do que 10,0 km km⁻². Sendo assim, a sub-bacia do rio Mutum-Paraná apresenta drenagem pobre de acordo com Christofolletti (1970), porém, para Villela e Mattos (1975) possui boa capacidade de drenagem.

Em estudos realizados por Spanghero *et al.* (2015), com bacias hidrográficas localizadas no litoral sul do estado da Bahia (rios Tijuípe e Tijuipinho), apresentam resultados de densidade de drenagem semelhantes, apresentando em média 3,20 km km⁻², sendo a bacia do Tijuipinho que demonstra os valores mais aproximados (2,67 km km⁻²) indicando que bacias de diferentes regiões do país possuem capacidade de drenagem parecidas. Contudo os resultados observados em outros estudos na Amazônia Ocidental, apresentados por Abud *et al.* (2015) no município de Xapuri, AC, demonstram-se de forma oposta, sendo a densidade de drenagem das sub-bacias estudadas, em média, de 0,90 km km⁻² caracterizadas como de baixa eficiência na drenagem.

O índice de sinuosidade encontrado foi de 1,1989, indicando que os rios principais que compõem a sub-bacia possuem a tendência de serem retilíneos, apresentando formas irregulares ou transicionais. De acordo com Schumm (1963) e Feitosa *et al.* (2012), valores

próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, valores superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares.

Em trabalho realizado por Coutinho *et al.* (2011), na bacia hidrográfica do rio da Prata no Espírito Santo, observaram que o canal da bacia apresenta transição entre formas regulares e irregulares, podendo ser retilíneos ou tortuosos, pois demonstram valor do índice de sinuosidade intermediário (1,69).

5. Conclusão

A sub-bacia do rio Mutum-Paraná possui formato alongado, sendo comprovado pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma, indicando baixa susceptibilidade a ocorrência de enchentes.

O relevo expressa um terreno pouco declivoso e, conseqüentemente, apresenta tendência de menor velocidade de escoamen-

to superficial e potencial para o uso no setor agropecuário e florestal.

A densidade de drenagem de 2,23 km km⁻², confirma que a sub-bacia apresenta boa capacidade de drenagem e necessidade de manejo mais rigorosos para a manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

O uso de técnicas de geoprocessamento, associado a sistemas de informações geográficas e dados de sensoriamento remoto (SRTM), foi eficiente para obtenção de informações a respeito das características morfométricas da sub-bacia do rio Mutum-Paraná, em tempo hábil com baixo custo financeiro.

6. Agradecimentos

Ao laboratório de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA) da Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, pelo apoio estrutural na obtenção dos dados, assim como os recursos que proporcionaram a condução da pesquisa.

7. Referências citadas

- ABUD, E. A.; LANI, J. L.; ARAÚJO, E. A. de; AMARAL, E. F. do; BARDALES, N. G. e E. I. FERNANDES FILHO. 2015. "Caracterização morfométrica das sub-bacias no município de Xapuri: subsídios à gestão territorial na Amazônia Ocidental". *Revista Ambiente & Água*, 10(2): 432-441.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M. e G. SPAROVEK. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- ALVES, J. M. D. P. e P. T. A. CASTRO. 2016. "Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos". *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 117-124.
- ANDRADE, N. L. R. de; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R. de F.; SILVEIRA, A. e C. U. R. OLIVEIRA. 2008. "Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso-MT". *Revista Brasileira de Geociências*, 27(2): 237-248.
- BRASIL 1997. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art.

- 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. [Consulta: junho, 2017].
- BRUBACHER, J. P.; OLIVEIRA, G. D. e L. A. GUASSELLI. 2011. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. 1.279-1.286. Curitiba, Brasil. (30 de abril - 05 de maio).
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B. e S. V. MARTINS. 2006. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo – RJ". *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1970. *Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas*. Departamento de Geociências. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. *Geomorfologia*. Editora Edgar Blucher. São Paulo, Brasil.
- COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S. e G. de O. GARCIA. 2011. "Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES". *Irriga*, 16(4): 369-381.
- CRUZ, M. L. 2014. *Estimativa do processo de precipitação efetiva da sub-bacia do rio Cotia/Rondônia através do modelo Curver Number*. Departamento de Geografia. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- FEITOSA, A.; SANTOS, B. dos e M. do S. B. de ARAÚJO. 2012. "Caracterização morfométrica e identificação de áreas susceptíveis a erosão na bacia do rio Pajeú, PE: o estudo de caso da bacia do rio Pajeú/PE". *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4(4): 820-836.
- MARENGO, J. A. 2008. "Água e mudanças climáticas". *Estudos Avançados*, 22(63): 83-96.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W. e A. S. FERRAUDO. 2004. "Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP)". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(2): 297-305.
- QGIS development team. 2015. *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. e S. H. SHINIZU. 2013. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- SCHUMM, S. A. 1963. "Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains". *Geological Society of America Bulletin*, 74(9): 1.089-1.100.
- SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). 2002. *Atlas Geoambiental de Rondônia*. Porto Velho, Brasil.
- SPANGHERO, P. E. S. F.; MELIANI, P. F. e J. S. MENDES. 2015. "Mapeamento hidrográfico de detalhe e análise morfométrica comparativa das bacias dos rios Tijuípe e Tijuiquinho, Litoral sul da Bahia". *Caminhos de Geografia*, 16(53): 101-117.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L. e B. B. FULLER. 2007. "O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local". *Revista Brasileira Multidisciplinar*, 11(1): 137-156.

- TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. (2 ed). Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH, v. 4) / Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.
- UMETSU, R. K.; PEREIRA, N.; CAMPOS, É. M. F. de P. de; UMETSU, C. A.; MENDONÇA, R. A. M. de; BERNASCONI, P. e M. F. CAMARGO. 2012. “Análise morfométrica e socioambiental de uma bacia hidrográfica amazônica, Carlinda, MT”. *Revista Árvore*, 36(1): 83-92.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: www.earthexplorer.usgs.gov. [Consulta: Janeiro, 2017].
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.
- WATANABE, M. 2011. *Análise integrada da paisagem da bacia do rio Mutum-Paraná*. Departamento de Geografia. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, Brasil. Dissertação de Mestrado.
- WATANABE, M.; OLIVEIRA, F. A. D.; NUNES, D. D. e T. E. CHECCHIA. 2016. “Análise geossistêmica e quantificação de perda de solo da bacia do rio Mutum-Paraná (RO)”. *Revista Franco-Brasileira de Geografia*, 29: 1-22.