
Caracterização morfométrica

da sub-bacia hidrográfica do rio Capitão Cardoso Tenente Marques, Rondônia, Brasil

Caracterización morfométrica de la subcuenca del río Capitão
Cardoso Tenente Marques, Rondônia, Brasil

Morphometric characterization of the Capitão Cardoso Tenente
Marques River sub-basin, Rondônia, Brazil

Gilderlon dos Santos Soares

Nilson Reinaldo Fernandes dos Santos Junior

Ariane Cristine Rebelo Lima

Anderson Roberto Bento

Jhony Vendruscolo

Eduardo Candido Franco Rosell

Resumo

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques. Foram realizadas análises geométricas, de relevo e drenagem, com o uso integrado de sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto e geoprocessamento, utilizando o software Qgis e dados altimétricos. A sub-bacia apresenta área de 3.815,6272 km², perímetro de 566,5587 km, fator de forma de 0,1068, coeficiente de compacidade de 8,0783, índice de circularidade de 0,1494, altitude mínima de 172 m, média de 406,1 m, máxima de 636 m, amplitude altimétrica de 464 m, predomínio de relevo plano a ondulado (91,96%), padrão de drenagem dendrítico com densidade de 0,0705 km km⁻², rede de drenagem de 7.889,3168 km, índice de sinuosidade de 1,6205 e tempo de concentração de 61,7 h. As técnicas integradas disponibilizaram informações em tempo hábil e com baixo custo financeiro, fornecendo dados essenciais para a gestão da sub-bacia do rio Capitão Tenente Cardoso.

Palavras chave: recursos naturais; sistema de informação; Amazônia; drenagem.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue realizar la caracterización morfométrica de la subcuenca del río Capitão Cardoso Tenente Marques. Se realizaron análisis geométricos, de relieve y drenaje, con el uso integrado de sistemas de informaciones geográficas, sensores remotos y geoprociamiento, utilizando el software Qgis y datos altimétricos. La subcuenca presenta un área de 3.815,6272 km², perímetro de 566,5587 km, factor de forma de 0,1068, coeficiente de compacidad de 8,0783, índice de circularidad de 0,1494, altitud mínima de 172 m, media de 406,1 m, máxima de 636 m, amplitud altimétrica de 464 m, predominio de relieve plano a ondulado (91,96%), patrón de drenaje dendrítico con densidad de 0,0705 km km⁻², red de drenaje de 7.889,3168 km, índice de sinuosidad de 1,6205 y tiempo de concentración de 61,7 h. Las técnicas integradas proporcionaron información a tiempo y a bajo costo, proporcionando datos esenciales para la gestión de la subcuenca del río Capitán Teniente Cardoso.

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

Abstract

The objective of this work was to perform the morphometric characterization of the Capitão Cardoso Tenente Marques River sub-basin. Geometric, relief and drainage analyzes were performed with the integrated use of geographic information systems, remote sensing and geoprocessing, using Qgis software and altimetric data. The sub-basin has an area of 3,815,6272 km², a perimeter of 566,5587 km, a shape factor of 0.1068, a compactness coefficient of 8.0783, a circularity index of 0.1444, a minimum altitude of 172 m, average of 406.1 m, maximum of 636 m, altimetric range of 464 m, predominance of flat relief to Ripple (91.96%), dendritic drainage pattern with a density of 0.0705 km km⁻², drainage network of 7.889.3168 km, sinuosity index of 1.6205 and concentration time of 61.7 h. The integrated techniques provided information in a timely manner and with a low financial cost, providing essential data for the management of the Captain Tenente Cardoso River sub-basin.

Key words: natural resources; information system; Amazon; drainage.

1. Introdução

Os recursos hídricos são essenciais para o desenvolvimento sustentável da sociedade, contudo, ações antrópicas como o uso inadequado do solo têm ocasionado a degradação ambiental e a perda de quantidade e qualidade deste recurso natural, comprometendo as gerações atuais e futuras. Em função da importância dos recursos hídricos e da necessidade de planejamento ambiental, surgiu a Lei nº 9.433/97, que considera a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

Ao considerar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, permite-se que seja realizado o monitoramento da qualidade da água, sendo possível identificar as regiões mais vulneráveis em função das atividades humanas, para elaboração de estratégias visando o gerenciamento, uso e conservação dos recursos hídricos (Marconati Santi *et al.*, 2012). E por ser uma unidade de interação dos setores sociais e naturais, pode ser administrada para minimizar os impactos ambientais (Garbeline, 2015).

O estado de Rondônia é formado por 8 bacias hidrográficas, dentre as quais tem-se a bacia do rio Roosevelt, formado por 3 sub-bacias (SEDAM, 2002). A sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques, apresenta suas nascentes de cabeceira localizadas na Chapada dos Parecis, no município de Vilhena-RO, e encontra-se inserida dentro do Parque Indígena do Aripuanã, sendo responsável pela manutenção da biodiversidade dessa região. Apesar da importância desta sub-bacia, verifica-se na literatura que há baixa disponibilidade de informações que auxiliem no seu planejamento ambiental.

Os sistemas de informações geográficas (SIG), associados às técnicas de geoprocessamento, permitem a obtenção de informações em tempo hábil e com baixo custo, que são úteis para o planejamento ambiental. Dentre as informações necessárias ao planejamento de bacias hidrográficas, destaca-se as características morfométricas, que permitem avaliar seu comportamento hidrológico (Villela e Mattos, 1975) e entender as diversas questões relacionadas à dinâmica ambiental local (Christofletti, 1970).

O presente trabalho teve como objetivo realisar a caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques, visando à obtenção de dados para subsidiar o planejamento do manejo dos recursos hídricos.

2. Material e métodos

A pesquisa foi realizada na sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques, localizada no município de Vilhena (Figura 1). O município tem clima do tipo Am (Monção), média pluviométrica anual de 2.000 mm e temperatura média de 25 °C (Alvares *et al.*, 2014).

Foram realizadas análises de relevo (altitude mínima, máxima e média, amplitude altimétrica e declividade), geométricas (área, perímetro, fator de forma, coeficiente de compactidade e índice de circularidade), e análise da drenagem (padrão de drenagem, densidade de drenagem, índice de sinuosidade e tempo de concentração), com auxílio dos softwares QGIS 2.10 (versão Pisa) e dados altimétricos do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 30 m (USGS, 2017).

Inicialmente realizou-se a delimitação e o perímetro da sub-bacia, com base no mapa de bacias e sub-bacias hidrográficas do estado de Rondônia (SEDAM, 2002), obteve-se os valores

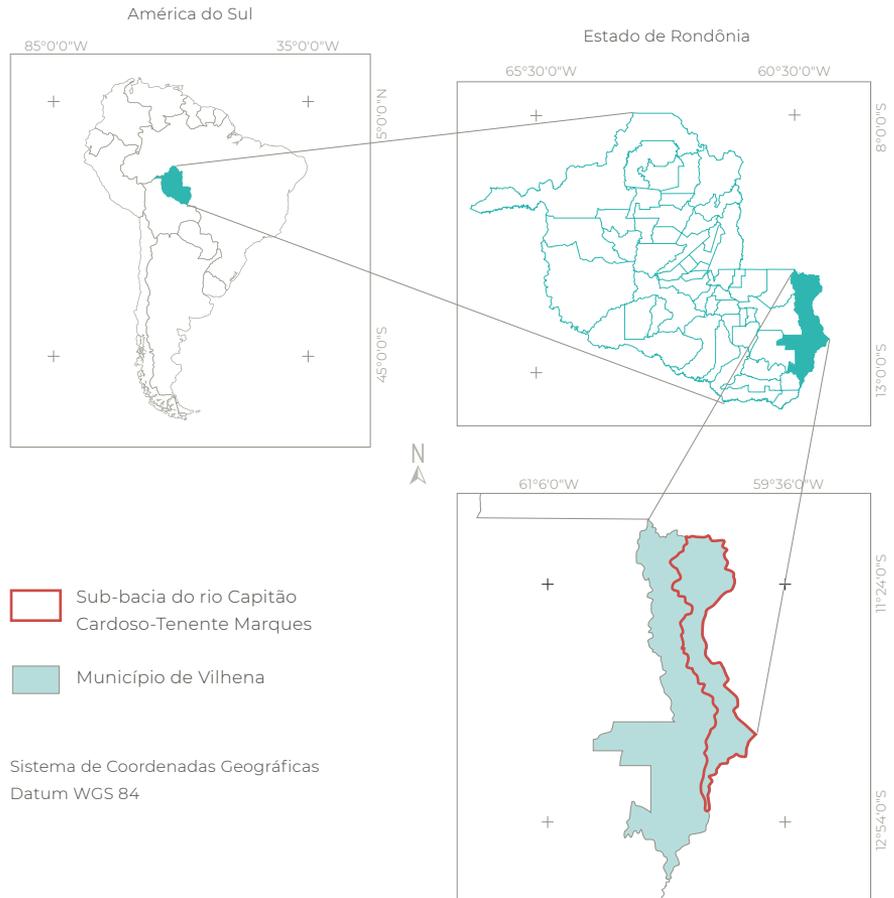


Figura 1 Localização e abrangência da sub-bacia do rio Capitão Cardoso-Tenente Marques, Amazônia Ocidental, Brasil

de altitude (mínimo, máximo, médio e amplitude), calculou-se a declividade, classificada de acordo com Santos *et al.* (2013), em relevo plano (0-3 %), suave ondulado (3-8 %), ondulado (8-20 %), forte ondulado (20-45 %), montanhoso (45-75 %) e escarpado (> 75 %), e extraiu-se a rede de drenagem, com a ferramenta *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM). Posteriormente calculou-se demais parâmetros.

O fator de forma corresponde à razão entre a largura média e o comprimento axial

da bacia, e foi determinado pela equação 1 (Rodrigues e Adami, 2005):

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Sendo: F = fator de forma; A = área da bacia e L = comprimento do eixo da bacia.

O coeficiente de compacidade, constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (Cardoso *et al.*, 2006), foi obtido pela equação 2 (Rodrigues e Adami, 2005):

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

Sendo: Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro da bacia e A = área da bacia.

O índice de circularidade tende para unidade 1 à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada, e foi calculada utilizando a equação 3 (Cardoso *et al.*, 2006):

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (3)$$

Sendo: IC = índice de circularidade; A = área da bacia e P = perímetro da bacia.

O padrão de drenagem foi obtido comparando a forma de distribuição da drenagem (Parvis, 1950).

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1980), e foi calculada com a equação 4:

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (4)$$

Sendo: Dd = densidade de drenagem; L = comprimento total dos rios ou canais e A = área da bacia.

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), e foi calculada com a equação 5:

$$Is = \frac{L}{Dv} \quad (5)$$

Sendo: Is = índice de sinuosidade; L = comprimento do canal principal; Dv = distância vetorial do canal principal.



Figura 2 Padrões de drenagem. Adaptado de imagens do Google Earth

O tempo de concentração define o tempo necessário para que toda a bacia contribua no exutório, incluindo o ponto mais distante do mesmo, e foi calculada com a equação 6.

$$T_c = (0,87 \times \frac{L^3}{H})^{0,385} \quad (6)$$

Sendo: T_c = tempo de concentração, em h;
 L = comprimento do rio principal, em km;
e H = diferença de nível entre o início e o final do rio principal, em m.

3. Resultados

A sub-bacia hidrográfica do rio Capitão Cardoso Tenente Marques apresenta uma área de drenagem total de 3.815,6272 km², perímetro de 566,5587 km, fator de forma de 0,1068, coeficiente de compacidade de 8,0783 e índice de circularidade de 0,1494, respectivamente. Com relação à altitude, verificou-se valor mínimo de 172 m, médio de 406,1 m, máximo de 636 m e amplitude de 464 m (Figura 3).

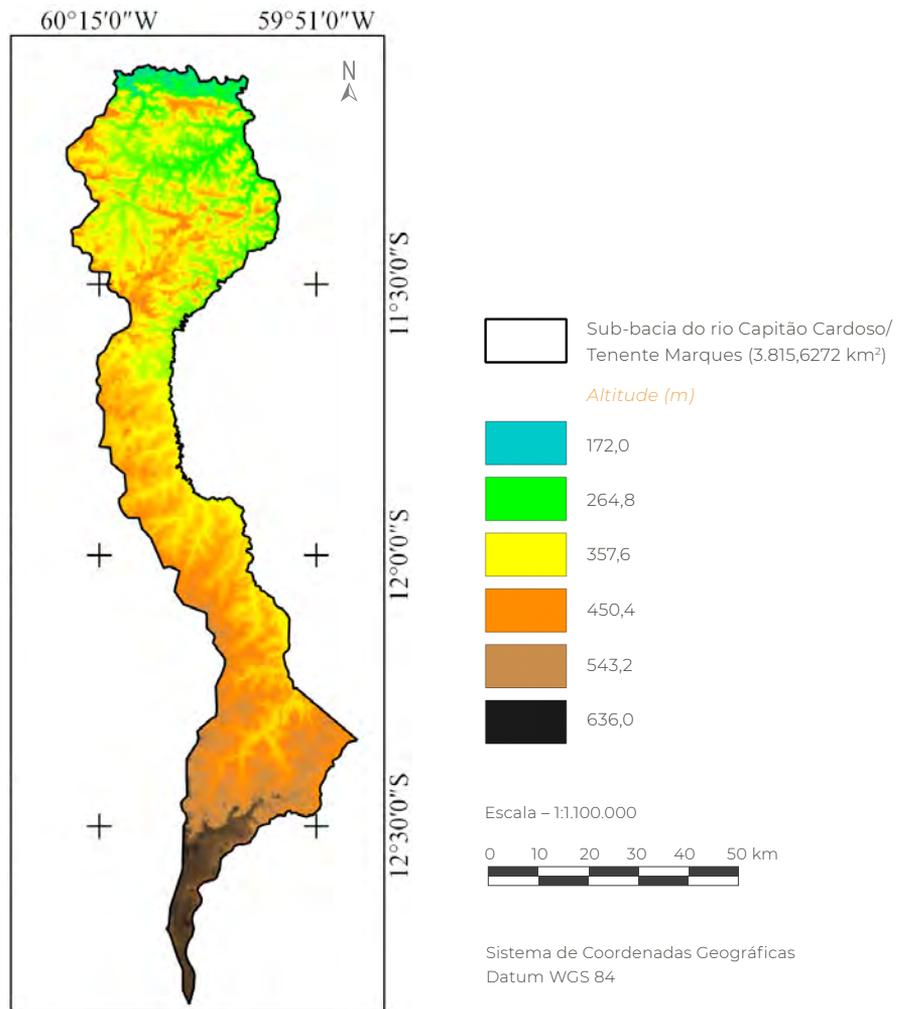


Figura 3 Mapa hipsométrico da sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques

A região apresenta relevo variando de plano a escarpado, com predominância de suave ondulado (39,78%), ondulado (29,31%) e plano (22,87%) (Figura 4), que correspondem á 91,96% da área total da sub-bacia.

Em relação à análise de drenagem constatou-se que a região apresenta o padrão do tipo dendrítico, com canal principal de 269 km, rede de drenagem total de 7.889,3168 km (Figura 5), densidade de drenagem de 0,0705 km km⁻², índice de sinuosidade de 1,6205 e tempo de concentração de 61,7 h.

4. Discussão dos resultados

O fator de forma indica que a sub-bacia apresenta valor alongado e não está sujeita a inundações, de acordo com a classificação de Tucci (2007). Este formato reduz o risco de enchente por elevar o tempo de concentração, em relação a uma bacia com a mesma área e com formato arredondado. O coeficiente de compacidade foi superior a 1,50, de modo que, a sub-bacia foi classificada como não sujeita a enchente (Tucci, 2007). Com relação ao índice de circularidade, o mesmo sugere baixa

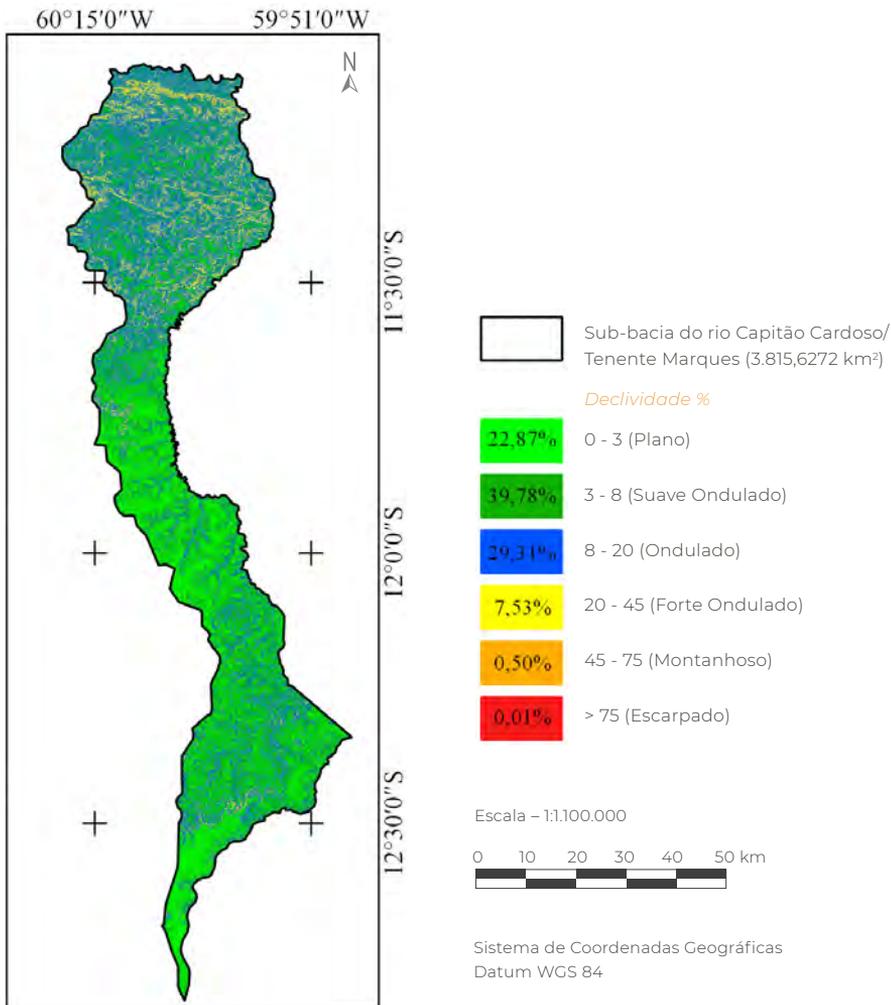


Figura 4 Características do relevo na sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques

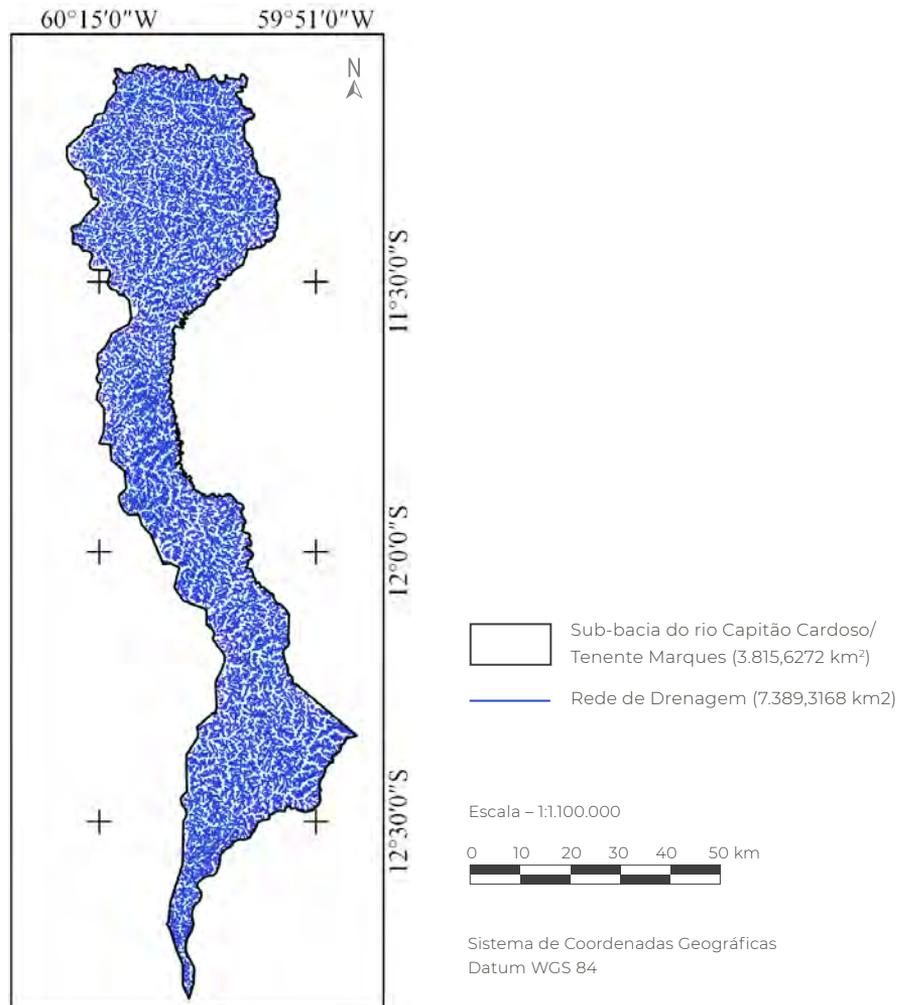


Figura 5 Rede hidrográfica da sub-bacia do rio Capitão Cardoso Tenente Marques

suscetibilidade a inundações ($IC < 0,51$), de acordo com a classificação de Schumm (1956), comprovando o resultado do fator de forma. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Oliveira *et al.* (2010), Cardoso *et al.* (2006) e Tonello *et al.* (2006), em bacias localizadas nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, demonstrando que essas características também ocorrem em outros estados brasileiros.

Os resultados dos valores de altitude (Figura 3), principalmente de amplitude altimétrica (464 m) considerado baixa, em função da grande extensão da área, explicam porque o relevo da sub-bacia predominante encontra-se entre as classes de plano a ondulado (91,96% da área total). A altitude influencia a distribuição geográfica de espécies florestais, destacando-se aquelas que estão relacionadas com atividade madeireira, sendo útil, portanto para estudos de biodiversidade, conservação e gestão florestal (Figueiredo *et al.*, 2015).

De acordo com Tonello *et al.* (2006), a declividade de uma bacia hidrográfica é relevante no seu planejamento, tanto para com o comprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções antrópicas no meio, possui ainda importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos.

Geralmente, quando se eleva a declividade do terreno, aumenta-se o volume de escoamento superficial (Garotti e Barbassa, 2010), tendo em vista que o tempo necessário para que ocorra a infiltração torna-se reduzido, em relação à área planas. Esse problema é acentuado quando o solo apresenta barreiras físicas, provenientes de condições naturais (ex.: camada rochosa) ou de ações antrópicas (ex.: compactação em sistemas agropecuários), e tendem a elevar o potencial do processo erosivo (Galindo *et al.*, 2008).

Em virtude dos problemas que a declividade pode ocasionar na sub-bacia, recomenda-se o uso de práticas de manejo conservacionista, principalmente na região sul da área, onde concentram-se os sistemas agropecuários. Dentre as práticas tem-se a manutenção da cobertura do solo (plantio direto), adoção de curvas de nível e plantio em contorno. A cobertura do solo reduz o impacto direto das gotas de chuva e serve como barreira física para o escoamento superficial (Coelho Netto, 2005), reduzindo assim o comprimento de rampa e elevando a infiltração de água no sistema. E o plantio em contorno atua como barreira física, reduzindo o escoamento superficial e elevando a infiltração, além de diminuir a amplitude térmica e conservar melhor a umidade no solo (Volk *et al.*, 2004). Todas essas práticas, além de reduzir o efeito do processo erosivo, elevam a recarga do lençol freático e, conseqüentemente, a disponibilidade de água ao longo do ano.

A sub-bacia apresenta drenagem dendrítica, com comprimento total dos cursos d'água de 7.389,3168 km (Figura 5) e densidade de 1,94 km km⁻². De acordo com Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem pode variar de 0,5 km km⁻² a 3,5 km km⁻² (ou mais), representando bacias com drenagem pobre e bem drenadas, respectivamente, indicando que a bacia do rio Tenente Capitão Cardoso possui média capacidade de drenagem, valor similar aos encontrados por Cardoso *et al.* (2006). É importante ressaltar que esses valores ajudam o profissional a entender o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem e planejar de forma eficaz manejos para conservação dos recursos hídricos.

Em relação ao índice de sinuosidade obteve-se o valor de 1,6205 indicando que a sub-bacia pode ser classificada como regular. Para Schumm (1963), valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, os valores superiores a 2,0 tendem a ser tortuosos e os valores intermediários tendem a ser formas transicionais, regulares e irregulares. A sinuosidade dos canais é influenciada pelas características geológicas e geomorfológicas (Maia e Bezerra, 2014).

O comportamento hidrológico das rochas, em um mesmo ambiente, vai repercutir a densidade de drenagem, onde a infiltração é mais dificultada ocasionando maior escoamento superficial, gerando possibilidades maiores para esculturação de canais permanentes e conseqüentemente densidade de drenagem mais elevada (Teodoro *et al.*, 2007).

5. Considerações finais

A sub-bacia tem baixa suscetibilidade de enchente, contudo recomenda-se a adoção de práticas de manejo conservacionista que favo-

reçam a infiltração de água no solo, devido ao elevado índice pluviométrico da região.

A densidade de drenagem da sub-bacia hidrográfica do rio Capitão Cardoso Tenente Marques é de 1,94 km km⁻², podendo-se afirmar que a bacia em estudo apresenta uma profunda dissecação fluvial, que permite a manutenção da perenidade dos cursos de água em função da pluviosidade elevada, desde que seja adotada técnicas de manejo do solo adequadas.

A integração dos sistemas de informação geográficas, sensoriamento remoto e geoprocessamento possibilitou a obtenção de informações em tempo hábil e com baixo custo financeiro, ao mesmo tempo que forneceu dados essenciais para a gestão da sub-bacia do rio Capitão Tenente Cardoso, inclusive com correlação ao componente florestal.

6. Agradecimentos

Ao laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal de Rondônia, Campus Rolim de Moura, pelo apoio estrutural para obtenção dos dados assim como os recursos que proporcionaram a condução de nossa pesquisa. E ao professor Jhony Vendruscolo pela revisão de texto e sugestões na elaboração do artigo e por compartilhar seus conhecimentos nesta obra.

7. Referências citadas

- 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.
- 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].
- CARDOSO, C. A. C.; 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.
- COELHO NETTO, A. L. 2005. "A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água no maciço da Tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental". *Revista do Departamento de Geografia*, 16: 46-60.

- 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 Edgard Blucher. São Paulo, Brasil.
- FIGUEIREDO, S. M. de M.; VENTICINQUE, E. M.; FIGUEIREDO, E. O. e E. J. L. FERREIRA. 2015. "Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil". *Acta Amazonica*, 45(2): 167-174.
- GAROTTI, L. M. e BARBASSA, A. P. 2010. "Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial." *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 15(1): 19-28.
- GARBELINE, C. B. 2015. "Análise sócio temporal do município de Brasilândia, Mato Grosso do Sul". *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 11(5): 1-10.
- GALINDO, I. C. de L.; RIBEIRO, M. R., SANTOS, M. de F. de A. V. S.; LIMA, J. F. W. F e R. F. de A. L. FERREIRA. 2008. "Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(3): 1.283-1.296.
- MAIA, R. P. e F. H. R. BEZERRA. 2014. "Condicionamento estrutural do relevo no nordeste setentrional brasileiro". *Mercator*, 13(1): 127-141.
- MARCONATI S., G.; FURTADO, C. de M.; MENEZES, R. S. de e E. C. KEPPELER. 2012. "Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil". *Ecologia Aplicada*, 11(1): 23-31.
- OLIVEIRA, P. T. S. D.; ALVES SOBRINHO, T.; STEFFEN, J. L. e D. B. B. RODRIGUES. 2010. "Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(8): 819-825.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in air photo identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- RODRIGUES, C. e S. ADAMI. 2005. "Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas". In: VENTURI, L.A.B (Org.). *Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental*. p. 147-166. Editora Oficina de Textos. São Paulo, Brasil.
- 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. 1956. "Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.
- 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*. SEDAM. Porto Velho, Brasil.
- 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.

- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. D.; RIBEIRO, C. A. A. S. e F. P. LEITE. 2006. “Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG”. *Revista Árvore*, 30(5): 849-857.
- TUCCI, C. E. M. 2007. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. Editora da Universidade do Rio Grande do Sul/ABRH. Porto Alegre, Brasil.
- 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.
- VOLK, L. B. D. S.; COGO, N. P. e E. V. STRECK. 2004. “Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(4): 763-774.