

Caracterização morfométrica da Sub-bacia do Rio Ribeirão, Amazônia Ocidental, Brasil

Morphometric features of the Sub-basin of the Rio Ribeirão, West Amazon, Brazil

Danilo da Silva Marinho¹, Jhony Vendruscolo², Tiago Boareto Vasconcelos³, Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro⁴, Rosalvo Stachiw⁵

RESUMO: O objetivo do trabalho foi caracterizar a morfometria na sub-bacia do rio Ribeirão, Amazônia Ocidental, Brasil. As características geométricas, topográficas e hidrográficas, foram obtidas com o *software* QGIS 2.10.1, utilizando principalmente a ferramenta TauDEM, modelo digital de elevação e ferramenta calculadora de campo, com base em dados altimétricos do projeto SRTM. A sub-bacia do rio Ribeirão tem 50 microbacias, altitude média de 153 m, predominância de relevos plano a suave ondulado, padrão dendrítico de 6ª ordem, densidade hidrográfica de 0,66 rios km⁻², densidade de drenagem de 1,05 km km⁻² e coeficiente de manutenção de 950,32 m² m⁻¹. As maiores microbacias da sub-bacia do rio Ribeirão pertencem aos rios Ribeirão, Araras, Misericórdia e Taquaras, com áreas de 1.118,00, 628,51, 194,73 e 159,26 km², respectivamente. Essas microbacias têm formato alongado, baixa suscetibilidade a enchentes, canais principais retos a divagantes, e tempos de concentração de 10,10 a 24,46 h. A sub-bacia do rio Ribeirão e suas principais microbacias têm potencial para o uso de mecanização agrícola e implantação de sistemas de irrigação em propriedades rurais. Para conservar os recursos hídricos da região, recomenda-se a adoção de práticas integradas de manejo conservacionista do solo nos sistemas agropecuários, e manutenção da cobertura florestal nativa nas áreas de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente.

Palavras-chave: Análise ambiental. Geoprocessamento. Recursos hídricos. Sensoriamento remoto.

ABSTRACT: The morphometry of the sub-basin of the river Ribeirão, western Amazon, Brazil, is characterized. Geometric, topographic and hydrographic characteristics were obtained by QGIS 2.10.1, mainly by TauDEM, a digital model of field elevation and calculating tool based on altimeter data of the SRTM project. The sub-basin of the river Ribeirão comprises 50 microbasins, mean altitude 153 m, predominating between plane and rolling reliefs, with a 6th order dendritic pattern, hydrographic density 0.66 rivers km⁻², drain density 1.05 km km⁻² and maintenance coefficient of 950.32 m² m⁻¹. The greatest micro-basins of the river Ribeirão belong to the rivers Ribeirão, Araras, Misericórdia and Taquaras, with areas 1,118.00, 628.51, 194.73 and 159.26 km², respectively. Micro-basins have an elongated shape, low flooding susceptibility, straight to divergent main channels and concentration period between 10.10 and 24.46 h. The sub-basin of the river Ribeirão and its main micro-basins have a great potential of agricultural mechanization and the implantation of irrigation systems on farms. Integrated management practices for soil conservation are recommended coupled to the maintenance of native forest covering in the Preservation Areas and Permanent Preservation Areas so that the hydric resources of the region may be preserved.

Keywords: Environmental analysis. Geoprocessing. Hydric resources. Remote sensor.

Autor correspondente:

Danilo da Silva Marinho: danimarinho_rm@hotmail.com

Recebido em: 09/12/2019

Aceito em: 11/05/2020

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico composto por um conjunto de nascentes, drenado por um sistema de canais que convergem para um rio principal ou espelho de água (TUCCI, 2009). Essa área é considerada como unidade ideal para gestão dos recursos hídricos, por possibilitar o planejamento de usos múltiplos associados com a preservação, conservação e recuperação das águas, garantindo assim a disponibilidade hídrica com quantidade e qualidade para as atuais e futuras gerações (BRASIL, 1997).

O Estado de Rondônia é composto por 7 bacias hidrográficas (Abunã, Guaporé, Jamari, Machado, Madeira, Mamoré e Roosevelt), subdivididas em 42 sub-bacias que permitem o uso múltiplo das águas, com destaque para a dessedentação de animais, consumo humano, turismo,

¹ Discente em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho (RO), Brasil.

² Docente permanente da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus (AM), Brasil.

³ Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho (RO), Brasil.

⁴ Engenheiro Florestal permanente da empresa Cavalheiro Engenharia Rural e Empresarial LTDA, Rolim de Moura (RO), Brasil.

⁵ Docente permanente da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho (RO), Brasil.

transporte e lazer (SEDAM, 2002). Apesar da importância dos recursos hídricos para a região é comum observar a falta de proteção em áreas de matas ciliares ou até mesmo desmatamentos ilegais, comprometendo este valioso recurso natural. A degradação dos recursos hídricos pode estar associada a inexistência de informações sobre as características morfométricas das bacias, visto que essas informações são essenciais para esclarecer dúvidas relacionadas ao entendimento da dinâmica hídrica e vulnerabilidade ambiental (TEODORO *et al.*, 2007).

A sub-bacia do rio Ribeirão pertence a bacia do rio Madeira, tem área de 2.379,543 km² e está localizada nos municípios de Porto Velho (capital de Rondônia) e Nova Mamoré (SEDAM, 2002). Porém, mesmo pertencendo à capital do Estado, constata-se na literatura a falta de informações que possam subsidiar o planejamento de estratégias e ações para conservação dos recursos hídricos da região, provavelmente em função da grande extensão da mesma. Nesse contexto, verifica-se o potencial de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), associado a técnicas de geoprocessamento, por permitirem a aquisição, manipulação e análise de informações espaciais em tempo hábil e com baixo custo financeiro (ARONOFF, 1989; PARETA; PARETA, 2011).

Em face ao exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Ribeirão, visando fornecer informações para elaboração de políticas públicas voltadas para conservação dos recursos hídricos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado na sub-bacia do rio Ribeirão, localizada nos municípios de Nova Mamoré e Porto Velho, Rondônia (Figura 1). Essa região tem clima do tipo Monção (ALVARES *et al.*, 2014), precipitação pluviométrica anual média entre 1.728,9 e 1.843,7 mm (FRANCA, 2015) e temperatura média anual é de 25,5 °C (SEDAM, 2010).

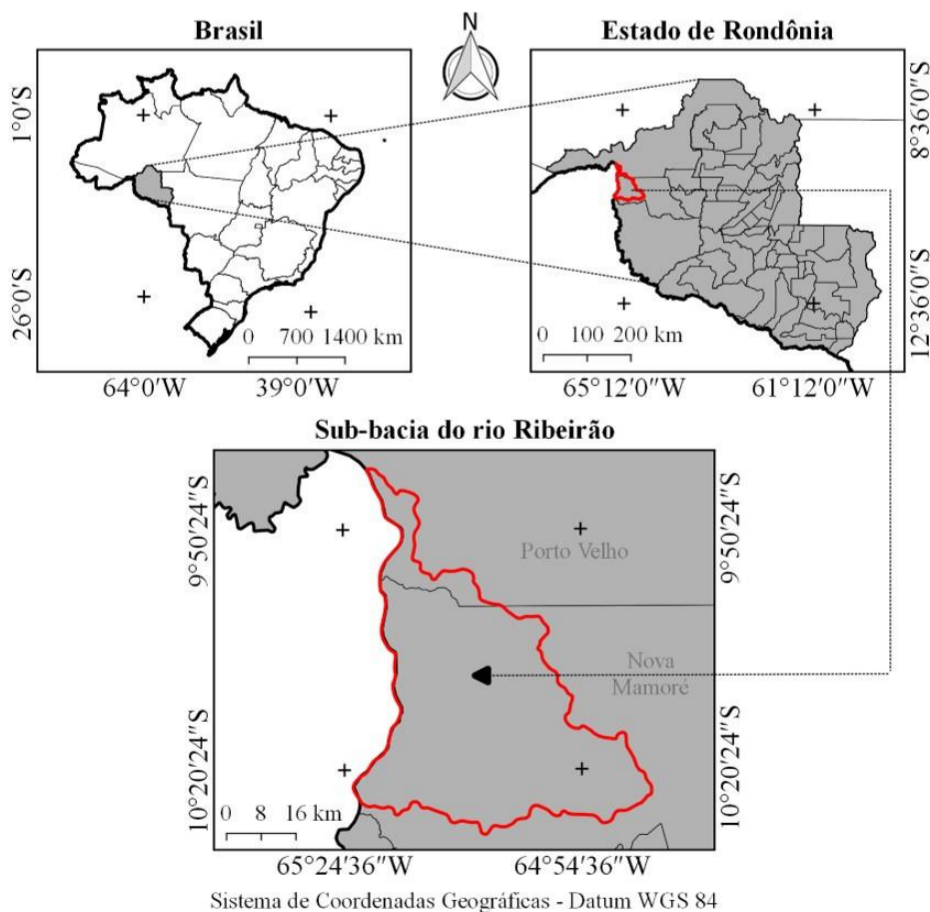


Figura 1. Localização da sub-bacia do rio Ribeirão, Amazônia Ocidental, Brasil.

2.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

Os parâmetros analisados estão relacionados com as características geométricas (área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade), topográficas (altitude mínima, média e máxima, e declividade) e hidrográficas (padrão, ordem de drenagem, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, coeficiente de manutenção e tempo de concentração).

A área e o perímetro da sub-bacia foram obtidos do Atlas Geoambiental de Rondônia (SEDAM, 2002).

O fator de forma (F) é definido pela relação entre a largura média e o comprimento do eixo axial da bacia (CARDOSO *et al.*, 2006), e foi calculado com a equação 1 (VILLELA; MATTOS, 1975).

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

Onde: A = área da sub-bacia (km²); L = comprimento do eixo principal (km).

O índice de circularidade (IC) relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro equivalente (CARDOSO *et al.*, 2006), e foi obtido com a equação 2 (SCHUMM, 1956).

$$IC = \frac{12,57xA}{P^2} \quad (\text{Equação 2})$$

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

O coeficiente de compacidade (Kc) define a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia (CARDOSO *et al.*, 2006). O Kc, calculado com a equação 3 (VILLELA; MATTOS, 1975), sempre tem valor > 1, sendo observado que quanto menor o Kc, mais circular será a bacia e maior a tendência a enchentes.

$$Kc = 0,28x \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Equação 3})$$

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

A altimetria e a rede de drenagem foram extraídos de imagens do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 m (USGS, 2016), utilizando técnicas de geoprocessamento no *software* QGIS 2.10.1 (versão Pisa) (QGIS *Development Team*, 2015). As altitudes mínima e máxima foram obtidas diretamente da imagem SRTM, e a altitude média foi calculada com a ferramenta “Estatística por Zona”. A rede de drenagem foi extraída e ordenada com o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), nas seguintes etapas: *Pit Remove* < *D8 Flow Directions* < *D8 Contributing area* (1ª versão) < *Stream Definition By Threshold* (1ª versão) < Edição do ponto de controle (exutório) < *D8 Contributing area* (2ª versão) < *Stream Definition By Threshold* (2ª versão) < *Stream Reach and Water shed*. A ordem de drenagem foi classificada automaticamente de acordo com Strahler (1957).

O padrão de drenagem foi identificado visualmente, ao comparar a distribuição espacial da rede de drenagem da sub-bacia em estudo com dados de Parvis (1950).

A densidade hidrográfica representa a quantidade de rios por unidade de área, e está diretamente relacionada com a densidade de nascentes, tendo em vista que as nascentes originam os rios. Para calcular esse parâmetro, extraiu-se as nascentes da rede de drenagem com a ferramenta *Stream feature extractor*, em seguida foi aplicada a equação 4.

$$Dh = \frac{NR}{A} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: Dh = densidade hidrográfica (rios km⁻²); NR = número de rios; A = área da sub-bacia (km²).

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1969), levando-se em consideração rios perenes e temporários. Esse parâmetro foi calculado com a equação 5 (HORTON, 1945).

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: Dd = Densidade de drenagem (km km⁻²); L = comprimento total da rede de drenagem (km); A = área de drenagem da sub-bacia (km²).

O coeficiente de manutenção fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (SCHUMM, 1956), e foi calculado com a equação 6.

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000 \quad (\text{Equação 6})$$

Cm = coeficiente de manutenção (m² m⁻¹); Dd = Densidade de drenagem (km km⁻²).

O Índice de sinuosidade é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (ALVES; CASTRO, 2003), e foi calculado com a equação 7 (VILLELA; MATTOS, 1975).

$$IS = \frac{L - Ev}{L} \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

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

O tempo de concentração (Tc) corresponde ao tempo de percurso da água precipitada desde o ponto cinematicamente mais afastado da bacia hidrográfica até o ponto de referência. Esse atributo foi mensurado com a equação 8 (KIRPICH, 1940, *apud* TARGA *et al.*, 2012), para os dois principais rios da sub-bacia.

$$Tc = 57x \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde: Tc = tempo de concentração (min); L = comprimento do canal principal (km); H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m).

Os parâmetros fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, relevo, ordem de drenagem, densidade hidrográfica, densidade de drenagem e índice de sinuosidade foram classificados de acordo com a literatura (Tabela 1).

Os parâmetros fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, índice de sinuosidade e tempo de concentração foram mensurados com base nas principais microbacias da sub-bacia em estudo, em função das características da rede de drenagem da região. As microbacias foram delimitadas com o complemento TauDEM, nas seguintes etapas: *Pit Remove* < *D8 Flow Directions* < *D8 Contributing area* (1ª versão) < *Stream Definition By Threshold* (1ª versão) < Edição do ponto de controle (exutório) < *D8 Contributing area* (2ª versão). A área de contribuição, gerada para cada microbacia no formato matricial, foi poligonizada, dissolvida com a ferramenta “Dissolver” e suavizada com a ferramenta “Simplificar geometria”.

Tabela 1. Valores de referência para classificação dos parâmetros morfométricos

Parâmetro	Valor	Classe
Fator de forma ¹	< 0,50	Não sujeito a enchente
	0,50 - 0,75	Tendência mediana a enchentes
	0,75 - 1,00	Sujeita a enchentes
Índice de circularidade ²	0,36 - 0,50	Forma alongada
	0,51 - 0,75	Forma intermediária
	0,76 - 1,00	Forma circular
Coeficiente de compacidade ¹	1,00 - 1,25	Alta propensão a enchentes
	1,25 - 1,50	Tendência mediana a enchentes
	> 1,50	Não sujeito a enchentes
Relevo (declividade %) ³	0 - 3	Plano
	3 - 8	Suave ondulado
	8 - 20	Ondulado
	20 - 45	Forte ondulado
	45 - 75	Montanhoso
	> 75	Escarpado
Ordem da rede hidrográfica ⁴	1	Improvável habitat de peixes
	2	Baixas condições para habitação
	3	Moderadas condições para habitação
	≥ 4	Elevadas condições para habitação
Densidade hidrográfica (rios km ⁻²) ⁵	< 3	Baixa
	3 - 7	Média
	7 - 15	Alta
	> 15	Muito alta
Densidade de drenagem (km km ⁻²) ⁶	< 0,50	Baixa
	0,50 - 2,00	Média
	2,01 - 3,50	Alta
	> 3,50	Muito alta
Índice de sinuosidade (%) ⁷	< 20	Muito reto
	20 a 29	Reto
	30 a 39,9	Divagante
	40 a 49,95	Sinuoso
	> 50	Muito sinuoso

Fontes: ¹Lima Júnior *et al.* (2012); ²Antoneli e Thomaz (2007), adaptado por Silva (2012); ³Santos *et al.* (2013); ⁴Adaptado de Fairfull & Whiteridge (2003); ⁵Lollo (1995); ⁶Beltrame (1994); ⁷Romero *et al.* (2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

A sub-bacia do rio Ribeirão tem área de 2.379,543 km², perímetro de 294,360 km, e 50 microbacias, cujos cursos d'água fluem para o rio Mamoré (Figura 2). As principais microbacias da região em estudo pertencem aos rios Ribeirão, Araras, Misericórdia e Taquaras, por abrangerem 81,34% da área da sub-bacia (Figura 2). A microbacia do rio Ribeirão tem área de 1.118,00 km², perímetro de 183,95 km, fator de forma de 0,31, índice de circularidade de 0,42 e coeficiente de compacidade de 1,54. A microbacia do rio Araras tem área de 628,51 km², perímetro de 145,04 km, fator de forma de 0,27, índice de circularidade de 0,38 e coeficiente de compacidade de 1,62. A microbacia do rio Misericórdia tem área de 194,73 km², perímetro de 74,6 km, fator de forma de 0,31, índice de circularidade de 0,44 e coeficiente de compacidade de 1,50. A microbacia do rio Taquaras tem área de 159,26 km², perímetro de 67,41 km, fator de forma de 0,30, índice de circularidade de 0,44 e coeficiente de compacidade de 1,50.

Os resultados indicam que as microbacias têm forma alongada e não são suscetíveis a enchentes, em condições normais de precipitação, contudo alterações na cobertura podem causar enchentes em regiões específicas. Resultados semelhantes foram encontrados por Siqueira *et al.* (2018) na microbacia do rio Conceição, e Johem *et al.* (2018) na microbacia do rio Bananeiras, ambas pertencentes à bacia do rio Guaporé, demonstrando que essas características também ocorrem em outras áreas do Estado de Rondônia.

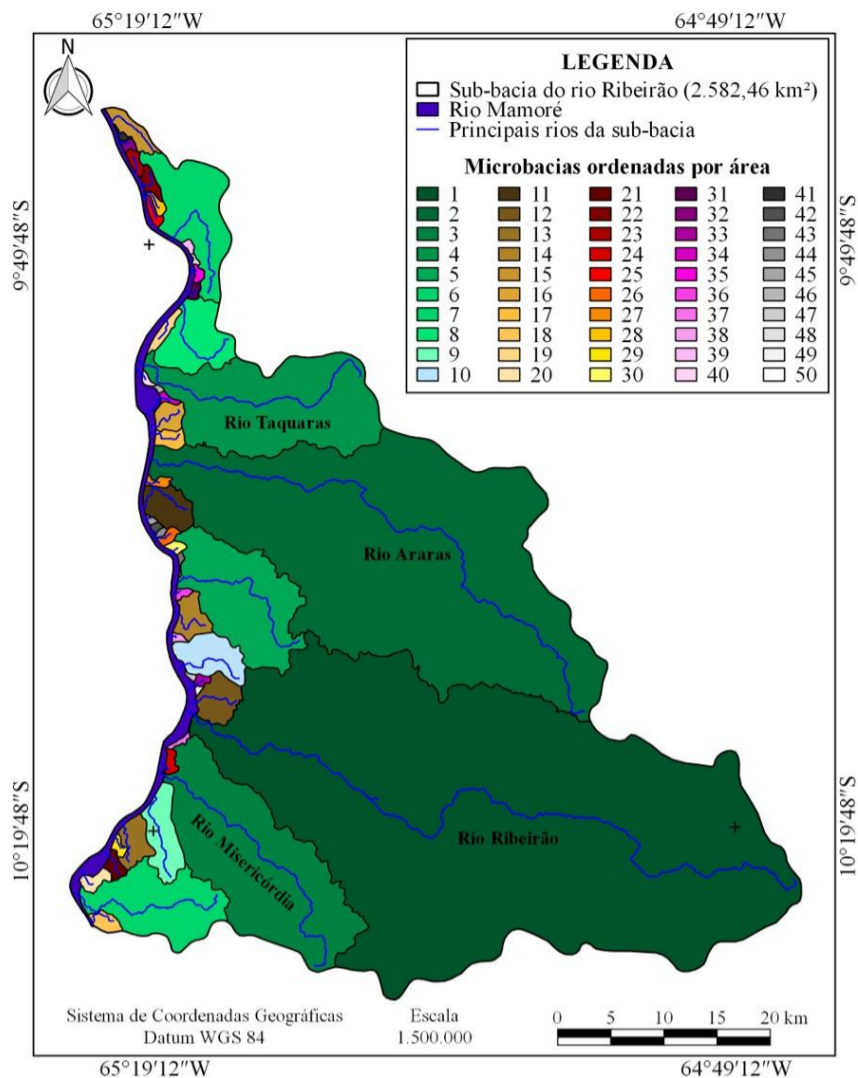


Figura 2. Microbacias e principais rios que compõem a sub-bacia do rio Ribeirão, Amazônia Ocidental, Brasil.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE RELEVO

A sub-bacia tem altitude mínima, média e máxima de 82, 153 e 269 m (Figura 3). Esse parâmetro é importante para zoneamentos climáticos por influenciar a temperatura, redução de 0,47 °C a cada 100 m de elevação, e a precipitação, aumenta com o acréscimo de altitude (FRITZSONS *et al.*, 2016). Diante do exposto, verifica-se que a sub-bacia tem amplitude altimétrica de 187 m, e está sujeita a diferenças de temperatura de até 0,88 °C, com valores de temperatura mais amenos e precipitações mais elevadas no lado Leste.

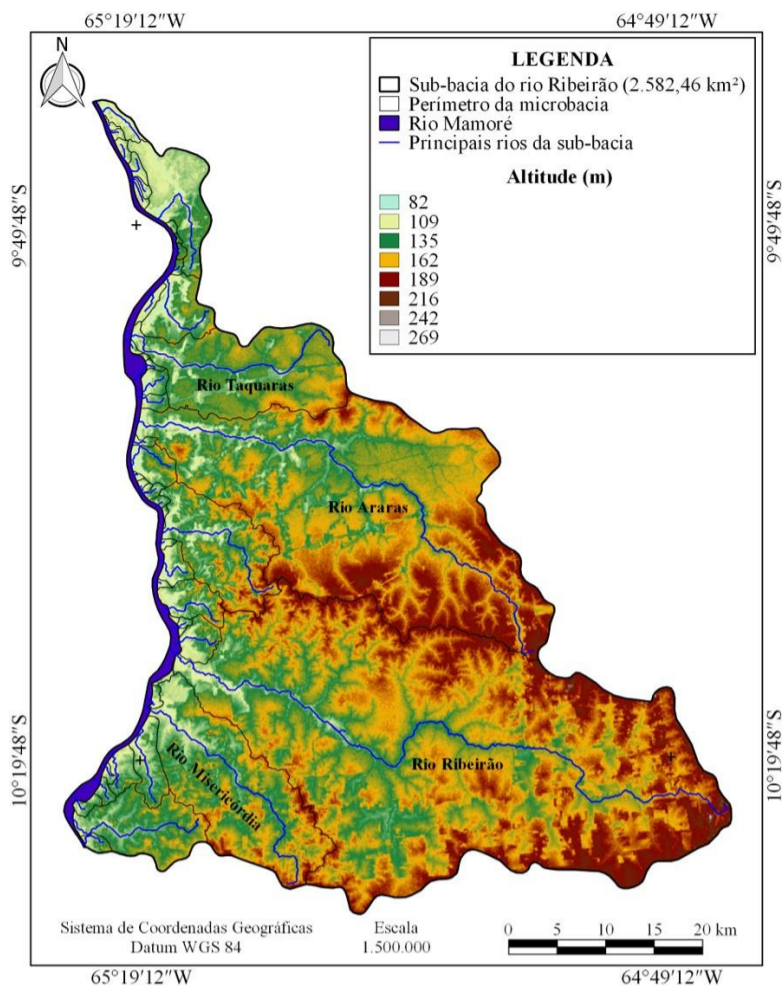


Figura 3. Mapa hipsométrico da sub-bacia do rio Ribeirão, Amazônia Ocidental, Brasil.

Em relação ao relevo, constata-se a predominância das classes suave ondulado e plano, que correspondem a 47,53% e 30,73%, respectivamente (Figura 4).

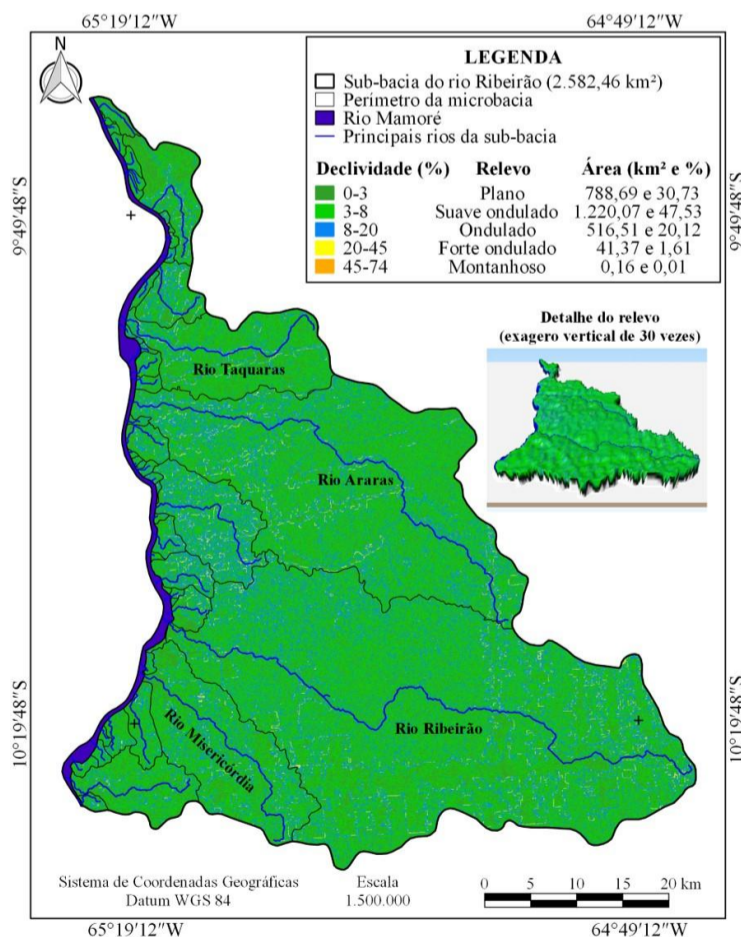


Figura 4. Relevo da sub-bacia do rio Ribeirão, Amazônia Ocidental, Brasil.

As características do relevo da sub-bacia do rio Ribeirão assemelham-se aos encontrados por Fonseca e Silva (2017), em microbacias pertencentes à sub-bacia do rio Escondido. As sub-

bacias do rio Ribeirão e Escondido estão situadas nos vales do Guaporé e Mamoré, respectivamente, regiões vizinhas que tendem a ter características semelhantes.

A predominância de relevos planos a suave ondulados (78,26%) denota a possibilidade de baixa suscetibilidade a erosão hídrica, visto que o aumento da declividade eleva as perdas de solo, principalmente em áreas sem cobertura, como observado por Ferreira *et al.* (2010). Essa característica da paisagem também indica que a declividade não é limitante para a implantação de sistemas agropecuários mecanizados, corroborando com dados de Höfig e Araujo-Junior (2015), onde constataram que áreas com declividade entre 0 e 20% são consideradas extremamente aptas a moderadamente aptas à mecanização. Portanto, a sub-bacia do rio Ribeirão tem 98,38% de áreas com elevado potencial para mecanização, quando se considera o fator declividade.

Na sub-bacia do rio Ribeirão é recomendada a utilização de práticas de manejo conservacionista para redução de erosões, ressaltando que existem outros fatores que podem potencializar esse processo, como a falta de cobertura do solo em regiões com precipitações pluviométricas elevadas. A recomendação visa mitigar problemas decorrentes do processo erosivo, uma vez que esse processo promove perdas de água, nutrientes e matéria orgânica (LOBATO *et al.*, 2009), essenciais para o crescimento e desenvolvimento das culturas (MEURER, 2007).

3.3 CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS

A sub-bacia tem rede de drenagem de 2.711,47 km, com padrão dendrítico de 6ª ordem (Figura 5), densidade hidrográfica de 0,66 rios km⁻², densidade de drenagem de 1,05 km km⁻² e coeficiente de manutenção de 950,32 m² m⁻¹.

O padrão de drenagem dendrítico é considerado bem ramificado (MOREIRA *et al.*, 2017) e denota características de regiões com rochas de baixa permeabilidade, alto índice pluviométrico e chuvas de alta intensidade (PINHEIRO *et al.*, 2011).

O número de ordens é considerado alto, indicando elevadas condições para habitação de peixes, e, conseqüentemente, a complexidade do ecossistema aquático. O aumento do número de ordens eleva a profundidade média e largura média do canal (BARILA *et al.*, 1981), influenciando o fluxo, estrutura do habitat, seleção alimentar, probabilidade de extinção da fauna aquática e a riqueza de espécies aquáticas (HORWITZ, 1978; HUGHES *et al.*, 2011).

A densidade hidrográfica é considerada baixa, apesar de conter 1.716 rios. Este parâmetro está relacionado com a predominância de relevos com baixa declividade, uma vez que a densidade de rios pode variar de 2,51 rios km⁻² em relevo plano, a 28,44 km⁻² em relevo montanhoso, como observado por Vendruscolo *et al.* (2020a) na microbacia do Alto Rio Escondido, bacia do rio Guaporé, Rondônia. Em áreas mais planas, os solos são mais espessos, e menos propensos à formação de canais profundos o suficiente para alcançar o lençol freático. Resultados semelhantes foram observados por Costa *et al.* (2019) na microbacia do rio Canaã, pertencente à sub-bacia do Alto Rio Jamari, no Estado de Rondônia.

A densidade de drenagem da sub-bacia denota média capacidade de drenagem. Este parâmetro é considerado a assinatura do clima no relevo em paisagens definidas pela atuação fluvial, e indica simultaneamente o controle exercido pelas estruturas geológicas e a disponibilidade de canais para o escoamento da água (CHRISTOFOLETTI, 1981). Logo, a região tem solos com média relação infiltração/deflúvio e potencial para implantação de sistemas de irrigação (boa distribuição espacial da rede de drenagem), contudo, são necessários estudos de campo para estimar vazões e qualidades da água ao longo do ano, para confirmar essa hipótese.

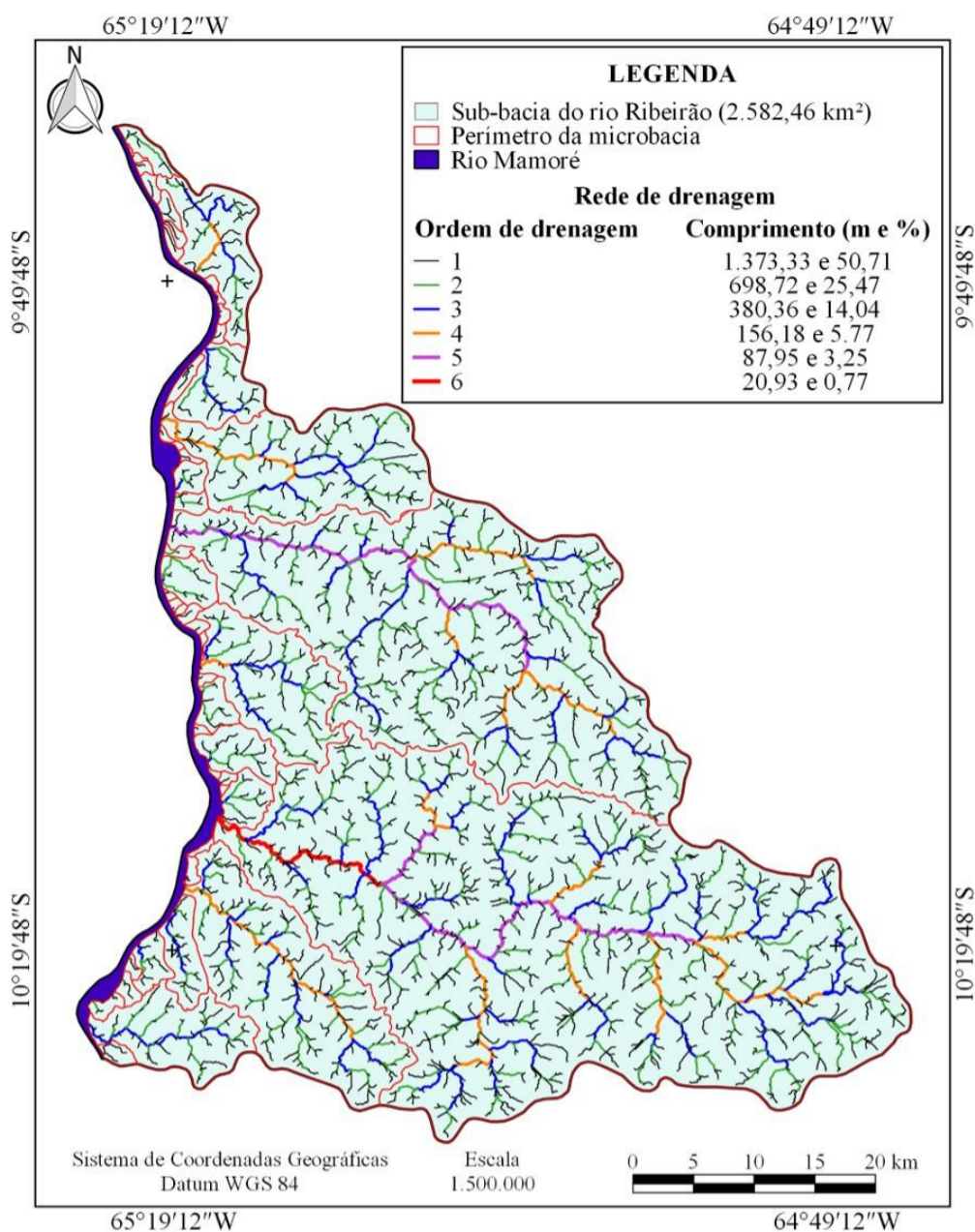


Figura 5. Rede de drenagem da sub-bacia do rio Ribeirão, Amazônia Ocidental, Brasil.

O parâmetro densidade de drenagem auxilia a manutenção do microclima e está intrinsecamente ligado à presença e densidade da vegetação, tendo em vista que a vegetação promove o equilíbrio entre forças erosivas da precipitação e forças estabilizadoras da cobertura vegetal (MOGLEN *et al.*, 1998).

O coeficiente de manutenção demonstra que são necessários 950,32 m² de área para manter 1 m de curso de água. Esse resultado está abaixo do encontrado por Vendruscolo *et al.* (2020a) na microbacia do Alto Rio Escondido (234,1 m² m⁻¹), por Vendruscolo *et al.* (2020b) na microbacia do Médio Rio Escondido (246 m² m⁻¹) e por Pacheco *et al.* (2020) na microbacia do rio São Jorge (563,0 m² m⁻¹), pertencentes à bacia do rio Guaporé, Rondônia. Portanto, na sub-bacia do rio Ribeirão é necessária maior área para manter o mesmo comprimento de curso d'água das microbacias citadas, demonstrando menor eficiência de manutenção e, provavelmente, maior suscetibilidade a escassez hídrica.

A cobertura florestal influencia a recarga de aquíferos nos topos de morros, reduz o escoamento superficial e contém processos erosivos nas encostas, protege os rios nas zonas ripárias e auxiliar em todas essas funções nos intervalos (TAMBOSI *et al.*, 2015). Diante da importância da cobertura florestal para manutenção das funções eco-hidrológicas, recomenda-se a conservação da vegetação nativa nas Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanente, e a integração do componente arbóreo em sistemas agropecuários. Essa recomendação tem como objetivo reduzir os riscos de escassez hídrica.

Os valores dos índices de sinuosidade variaram de 27,33 a 32,93% entre as microbacias, e os valores tempos de concentração variaram de 10,10 a 24,46 h (Tabela 2).

Tabela 2. Comprimentos dos canais principais (L), comprimentos vetoriais dos canais principais (Ev), desníveis entre as partes mais elevadas e a seções de controle (H), índices de sinuosidade (IS) e tempos de concentração (TC), das principais microbacias da sub-bacia do rio Ribeirão, Rondônia, Brasil

Microbacia	L	Ev	H	IS	TC
	----- km -----		--- m ---	--- % ---	--- h ---
Ribeirão	84,56	58,45	131	30,87	24,46
Araras	64,87	47,14	92	27,33	20,63
Misericórdia	29,77	20,36	54	31,59	10,10
Taquaras	33,89	22,73	84	32,93	10,30

Os índices de sinuosidades demonstram que a microbacia do rio Araras tem o canal principal reto, e as demais microbacias têm o canal principal divagante. Os canais retos têm menores acúmulos de sedimentos do que os canais divagantes, tornando-os menos suscetíveis ao assoreamento. O acúmulo de sedimentos na parte interna dos meandros é essencial para a formação de praias de água doce, utilizadas por algumas espécies de tartarugas como berçário natural na região amazônica (FERREIRA JUNIOR, 2009). Portanto, as microbacias dos rios Ribeirão, Misericórdia e Taquaras possuem potencial para estudos direcionados à identificação de berçários naturais e proteção da fauna silvestre.

Os tempos de concentração indicam que a água permanece por menos tempo nas microbacias dos rios Taquaras e Misericórdia (Tabela 2), havendo a necessidade de práticas de manejo mais rigorosas nos sistemas agropecuários, para aumentar o tempo de permanência da água e mitigar possíveis problemas com a escassez hídrica. As práticas de manejo têm caráter mecânico (ex.: curva de nível e terraceamento), edáfico (correção e adubação) e vegetativo (ex.: plantio em contorno), e podem ser utilizadas de forma integrada para aumentar a capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sub-bacia do rio Ribeirão apresenta área de 2.379,543 km², perímetro de 294,360 km, 50 microbacias, altitudes entre 82 e 269 m, predominância de relevos planos e suave ondulados (78,26%), rede de drenagem de 2.711,47 km, com padrão dendrítico de 6^a ordem, densidade hidrográfica de 0,66 rios km⁻², densidade de drenagem de 1,05 km km⁻² e coeficiente de manutenção de 950,32 m² m⁻¹.

As maiores microbacias da sub-bacia do rio Ribeirão pertencem aos rios Ribeirão, Araras, Misericórdia e Taquaras, com áreas de 1.118,00, 628,51, 194,73 e 159,26 km², respectivamente. Essas microbacias têm formato alongado, baixa suscetibilidade a enchentes, canais principais retos a divagantes, e tempos de concentração de 10,10 a 24,46 h.

As características morfométricas demonstram que a região tem potencial para o uso de mecanização agrícola e implantação de sistemas de irrigação em propriedades rurais, contudo, são necessárias práticas integradas de manejo conservacionista do solo nos sistemas agropecuários e manutenção da cobertura florestal nativa nas áreas de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente, para manutenção dos recursos hídricos. Essas informações podem auxiliar na formação de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável da região.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2014.

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 117-127, jun. 2003.

- ANTONELLI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46-58, jun. 2007.
- ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: A Management Perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1989.
- BARILA, T. Y.; WILLIAMS, R. D.; STAUFFER JR, J. R. The influence of stream order and selected stream bed parameters on fish diversity in Raystown Branch, Susquehanna River drainage, Pennsylvania. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 18, n. 1, p. 125-131, apr. 1981.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: EDUFSC, 1994.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008.
- BRASIL. 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 jan. 1997.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. M. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo - RJ. **Revista árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 241-248, abr. 2006.
- COSTA, D. P.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M.; MENDES, D. M.; CAVALHEIRO, W. C. S.; RODRIGUES, A. A. M. Morfometria e dinâmica de desmatamento da microbacia Canaã, Amazônia, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 12, p. 30754-30772, dez. 2019.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- FAIRFULL, S.; WITHERIDGE, G. **Why do Fish Need to Cross the Road? Fish Passage Requirements for Waterway Crossings**. Sydney: NSW Fisheries, 2003.
- FERREIRA, A. O.; GONZATTO, R.; MIOLA, A.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C. Influência da declividade e de níveis de cobertura do solo no processo de erosão com chuva simulada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 5, p. 182-190, dez. 2010.
- FERREIRA JUNIOR, P. D. Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 139-154, mar. 2009.
- FONSECA, E. L.; SILVA, E. P. Análise fisiográfica como subsídio ao estudo da suscetibilidade erosiva em bacias hidrográficas. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 11, n. 25, p. 137-158, jan./abr. 2017.
- FRANCA, R. R. Climatologia das chuvas em Rondônia - período 1981-2011. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p. 44-58, jan./jun. 2015.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGGE, M. S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 18, p. 80-92, jan./jun. 2016.
- HÖFIG, P.; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 195-203, jun. 2015.
- HORTON, R. E. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basin: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. **Geological Society of America bulletin**, New Jersey, v. 56, p. 275-370, mar. 1945.

HORWITZ, R. J. Temporal variability patterns and the distributional patterns of stream fishes. **Ecological Monographs**, Durham, v. 48, n. 3, p. 307-321, feb. 1978.

HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R.; WEBER, M. H. National and regional comparisons between Strahler order and stream size. **Journal of the North American Benthological Society**, Chicago, v. 30, n. 1, p. 103-121, dec. 2011.

JOHEM, J.; BOONE, N. R. V.; SILVA, R. F. A.; LIMA, A. C. R.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. Caracterização morfométrica da microbacia do rio Bananeira, Rondônia. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, Rolim de Moura, v. 7, n. 1, p. 42-50, 2018.

LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A.; NASCIMENTO, F. A. L. Determinação das características morfométricas da sub-bacia do Riacho Madeira Cortada, Quixelô, CE. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: IFTO, 2012. p. 1-7.

LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SANTOS, J. C. N.; LOPES, J. F. B. Perdas de solo e nutrientes em área de Caatinga decorrente de diferentes alturas pluviométricas. **Revista Agro@mbiente on-line**, Boa Vista, v. 3, n. 2, p. 65-71, jul./dez. 2009.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. 1995. 253f. Tese (Doutorado em Engenharia Geotecnia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MEURER, J. E. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 66-82.

MOGLEN, G. E.; ELTAHIR, E. A.; BRAS, R. L. On the sensitivity of drainage density to climate change. **Water Resources Research**, Bolonha, v. 34, n. 4, p. 855-862, apr. 1998.

MOREIRA, G. L.; ARAÚJO, E. A.; ANDRADE, M. S. S.; LIMA, M. C. D.; OLIVEIRA, F. R. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES, Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 12, n. 4, p. 403-409, out./dez. 2017.

PACHECO, F. M. P.; VENDRUSCOLO, J.; RAMOS, H. F.; RODRIGUES, A. A. M.; CAVALHEIRO, W. C. S.; HARA, F. A. S.; ROCHA, K. J.; SILVA, G. N. Caracterização hidrogeomorfológica da microbacia do Rio São Jorge, Rondônia, Brasil. **Brasilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 4219-4236, jan. 2020.

PARETA, K.; PARETA, U. Quantitative Morphometric Analysis of a Water shed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) Data and GIS. **International Journal of Geomatics and Geosciences**, v. 2, n. 1, p. 248-269. nov. 2011.

PARVIS, M. Drainage pattern significance in air photo identification of soils and bedrocks. **Photogrammetric Engineering**, Washington, v. 16, p. 387-408, 1950.

PINHEIRO, R. C.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; MINGOTI, R.; SANTOS, I. P. Ocupação e caracterização hidrológica da microbacia do Córrego Ipaneminha, Sorocaba - SP. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 3, p. 234-245, out. 2011.

QGIS Development Team. 2015. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo Hidromorfológico da Bacia Hidrográfica Urbana em Goiânia/GO. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 320-340, mai./ago. 2017.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in bad lands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, New Jersey, v. 67, n. 5, p. 597-646, may. 1956.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C. de; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJO, J. H. C. dos; SHIMISU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa: SBCS, 2013.

SEDAM - Secretaria do Desenvolvimento Ambiental de Estado de Rondônia. **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, 2002.

SEDAM - Secretaria do Desenvolvimento Ambiental de Estado de Rondônia. **Boletim Climático do Estado de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, 2010.

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. 2012. 251f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

SIQUEIRA, A. S.; LA TORRE, J. J. S.; PARREIRA, C. F.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M.; CAVALHEIRO, W. C. S. Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, Rolim de Moura, v. 7, n. 1, p. 59-67, 2018.

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

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. D.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.

TEODORO, V. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara, v. 20, p. 137-156, jan./jun. 2007.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

USGS - United States Geological Survey. **USGS: Science for a changing world**. 2016. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 22 set. 2016.

VENDRUSCOLO, J.; PACHECO, F. M. P.; RODRIGUES, A. A. M.; RAMOS, H. F.; ROSA, D. M.; CAVALHEIRO, W. C. S. Características morfométricas da microbacia Médio Rio Escondido, Amazônia Ocidental, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 565-585, jan. 2020b.

VENDRUSCOLO, J.; PACHECO, F. M. P.; RAMOS, H. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; RODRIGUES, A. A. M.; ROSA, D. M.; HARA, F. A. S. Hidrogeomorfometria da microbacia Alto Rio Escondido: informações para auxiliar o manejo dos recursos naturais na Amazônia ocidental. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 9709-9730, mar. 2020a.

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