
Hidrogeomorfometria e desmatamento

na microbacia do rio Manicoré,
Amazônia Ocidental, Brasil

Hidrogeomorfometría y deforestación
en la microcuenca del río Manicoré,
Amazonia Occidental, Brasil

Hydrogeomorphometry and deforestation
in the Manicoré River microbasin,
Western Amazon, Brazil

Jhony Vendruscolo

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro

Diogo Martins Rosa

Rosalvo Stachiw

Rodrigo Vendruscolo

Aline da Silva Siqueira

Trent Biggs

Resumo

O conhecimento das características morfométricas e cobertura do solo são essenciais para o desenvolvimento de planos que visem à compreensão dos processos hidrológicos. Objetivou-se caracterizar a morfometria e avaliar o índice de desmatamento na microbacia do rio Manicoré. Utilizou-se imagens Alos (sensor Palsar) para altitude e relevo, e imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 para avaliar a cobertura do solo, para os anos de 1985, 1995, 2005 e 2015. A microbacia tem padrão de drenagem dendrítico de 5ª ordem, com alta densidade de drenagem, 2,96 nascentes km⁻², drenagem sinuosa com tempo de concentração de 7 horas e 48 min. O desmatamento foi crescente de 1985 a 2005, porém ocorreu incremento em área florestal de 2005 a 2015, principalmente em áreas de matas ciliares. A microbacia tem baixa suscetibilidade a inundações, porém em função do tamanho da área antropizada, são necessárias técnicas de conservação.

Palavras-chave: cobertura do solo; recursos hídricos; planejamento ambiental; microbacia.

Resumen

El conocimiento de las características morfométricas y cobertura del suelo son esenciales para el desarrollo de planes para la comprensión de los procesos hidrológicos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la morfometría y evaluar el índice de deforestación en la microcuenca del río Manicoré. Se utilizaron imágenes Alos (sensor Palsar) para altitud y relieve, e imágenes de los satélites Landsat 5 y Landsat 8 para evaluar la cobertura del suelo, para los años 1985, 1995, 2005 y 2015. La microcuenca tiene un patrón de drenaje dendrítico de 5º orden, con alta densidad de drenaje, 2,96 nacientes km², drenaje sinuoso con tiempo de concentración de 7 horas y 48 min. La deforestación fue creciente de 1985 a 2005, pero hubo un incremento del área forestal entre 2005 y 2015, principalmente en áreas de bosques de ribera. La microcuenca tiene baja susceptibilidad a inundaciones, pero en función del tamaño del área antropizada, son necesarias técnicas de conservación.

Palabras clave: cobertura del suelo; recursos hídricos; planificación ambiental; microcuenca.

Abstract

Knowledge of the morphometric characteristics and land cover are essential for the development of plans that aim at understanding hydrological processes. The objective was to characterize the morphometry and to evaluate the rate of deforestation in the microbasin of the Manicoré River. Images (Palsar sensor) were used for altitude and relief, and images of the Landsat 5 and Landsat 8 satellites were used to evaluate soil cover for the years 1985, 1995, 2005 and 2015. The microbasin has a dendritic drainage, pattern of 5th order, with high drainage density, 2.96 water source km², sinuous drainage with concentration time of 7 hours and 48 min. Deforestation increased from 1985 to 2005, but there was an increase in forest area from 2005 to 2015, mainly in areas of riparian forests. The microbasin has low susceptibility to flooding, but due to the size of the anthropic area, conservation techniques are necessary.

Key words: soil cover; water resources; environmental planning; microbasin.

1. Introdução

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água das chuvas, formada por um conjunto de vertentes e uma rede de drenagem, que direciona o fluxo hídrico para um único ponto de saída (exutório), (Tucci, 1997). Esta área é a unidade ideal para gestão dos recursos hídricos (Brasil, 1997), por regular a dinâmica ecológica do ecossistema (Mosca, 2003). As bacias são compostas por sub-bacias, formadas pelos rios afluentes que alimentam o curso principal, que por sua vez são constituídas por microbacias, formadas pelos rios tributários que alimentam os afluentes (Faustino, 1996; Santana, 2003).

A remoção da vegetação nativa para implantação de sistemas agropecuários é um dos principais fatores que modificam a paisagem na região da Zona da Mata no estado de Rondônia (Cavalheiro *et al.*, 2015). Essa prática pode ocasionar problemas aos recursos hídricos, com a ‘morte de rios’, que se tornam ativos somente na estação chuvosa (Valente, 2011), em função do aumento da compactação da camada superficial do solo e redução dos teores de matéria orgânica, que diminuem a taxa de infiltração e armazenamento de água no perfil do solo (Reichert *et al.*, 2007).

O Código Florestal do Brasil estabelece Áreas de Preservação Permanente (APP) em zonas ripárias (Brasil, 2012), contudo é comum observar desmatamentos nestas áreas, como descrito por Nunes *et al.* (2015) no estado do Pará, demonstrando que a legislação nem sempre é respeitada. Em outros estados da região amazônica, como Rondônia, o monitoramento de desmatamento nas APPs está melhorando com a implementação de sistemas de informações geográficas (SIG). No entanto, a variabilidade espacial na taxa de desmatamento nas APP's em comparação

com áreas fora de APPs não foi documentado. Além da cobertura do solo, constata-se que as características morfométricas da bacia também influenciam os processos de infiltração, escoamento superficial, evapotranspiração e armazenamento de água e, portanto, a dinâmica hídrica do sistema (Cardoso *et al.*, 2006). Essas informações são essenciais para o planejamento do manejo a ser adotado, visando o aumento da produtividade agropecuária juntamente com a preservação e conservação dos recursos hídricos.

O SIG, sensoriamento remoto e geoprocessamento são constantemente utilizados para avaliar a cobertura do solo e a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, como pode ser observado na literatura (Calil *et al.*, 2012; Ferrari *et al.*, 2013; Piontekowski *et al.*, 2014; Cavalheiro *et al.*, 2015). Essas ferramentas permitem o monitoramento e a obtenção de informações de grandes áreas, e suas principais vantagens são o tempo rápido para aquisição de dados e o baixo custo financeiro.

Portanto, este trabalho teve o objetivo de avaliar o desmatamento e a caracterização morfométrica da microbacia do rio Manicoré com uso das geotecnologias, no município de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

2. Material e métodos

2.1 Localização e características da área de estudo

O trabalho foi realizado na microbacia do rio Manicoré, inserida no município de Rolim de Moura, no estado de Rondônia (Figura 1).

A região tem clima do tipo Am (Monção), (Alvares *et al.*, 2014), com precipitação anual de 1.731 mm, concentrada principalmente nos meses de janeiro a março, temperatura média anual 25,3 °C (SEDAM, 2012). A vegetação

nativa é classificada como floresta ombrófila aberta, com presença de cipós e palmeiras (IBGE, 2012).

2.2 Caracterização morfométrica

Foram analisados os parâmetros: área, perímetro, altitude, relevo, fator de forma (F), coeficiente de compacidade (Kc), índice de circularidade (Ic), padrão de drenagem (Pd), ordem dos cursos d'água, densidade de drenagem (Dd), densidade de nascentes, índice de sinuosidade (Is) e tempo de concentração (Tc), (Tabela 1).

A microbacia foi delimitada utilizando software QGIS 2.10.1 (versão Pisa), (QGIS Development Team, 2015) e o complemento *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (TauDEM), tendo como base imagem altimétrica do satélite Alos (Sensor Palsar - *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*), com resolução espacial de 12,5 m (ASF, 2017). Posteriormente, o limite da microbacia foi ajustado

com base nas imagens do *Google Earth Pro*, considerando a rede de drenagem e os sulcos naturais do terreno. A área e o perímetro foram calculados utilizando a ferramenta 'Calculadora de campo'.

A rede de drenagem foi delimitada manualmente no *Google Earth Pro*[®], e salva no formato kml (*Keyhole Markup Language*); posteriormente, realizou-se a classificação da ordem dos cursos d'água manualmente no software *GPS Track Maker free* (versão 13.9.596), (Ferreira Junior, 1998).

Os valores dos parâmetros F, Kc, Ic, Dd e Is, foram classificados com base na literatura (Tabela 2).

Os valores de altitude mínimo, médio e máximo, e o relevo foram mensurados utilizando imagem Alos e o software QGIS, porém, com procedimentos diferentes. As altitudes mínima e máxima foram obtidas diretamente da imagem, a altitude média foi obtida com a ferramenta 'Estatística por zona', e o relevo

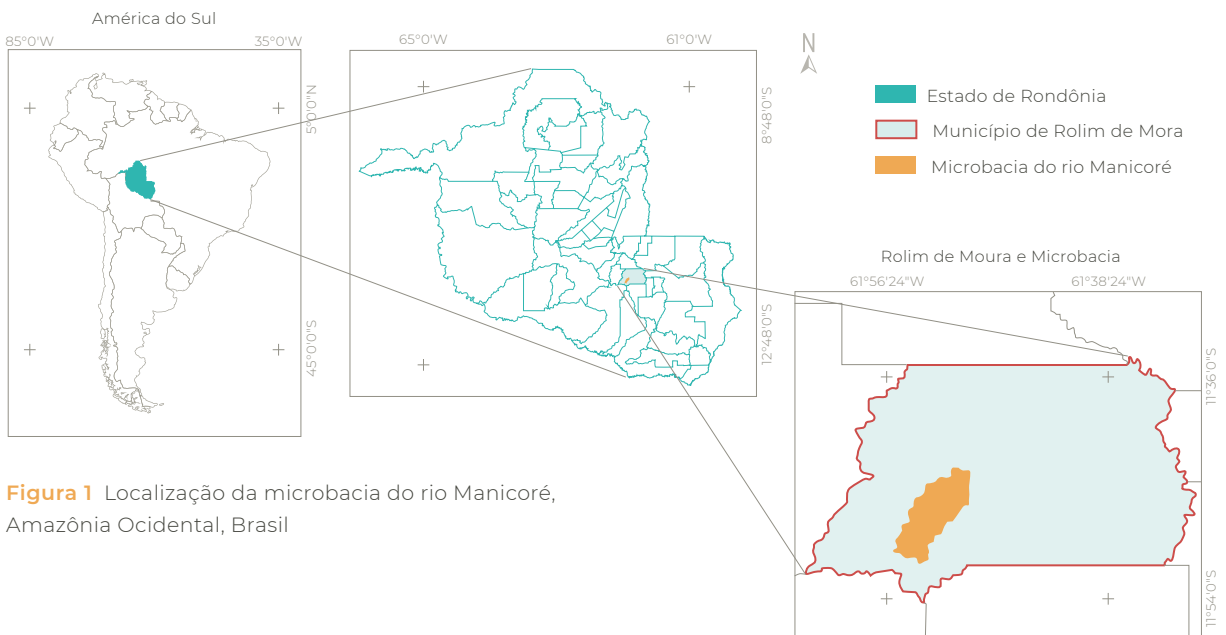


Figura 1 Localização da microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

Tabela 1 Descrição dos parâmetros morfométricos determinados para microbacia do rio Manicoré

Parâmetro	Equação	Descrição	Autor
Características geométricas e de relevo			
Área (km ²)	*	Área em projeção horizontal delimitada por seus divisores topográficos	-
Perímetro (km)	*	Comprimento da linha divisora de águas que limita a bacia hidrográfica	-
Altitude (m)	*	É a distância vertical medida entre um determinado ponto e o nível médio do mar	1
Relevo	*	É uma feição contínua e tridimensional da paisagem, representado por pontos cotados	1
Fator de forma (F)	$F = A/L^2$	A: área de drenagem (km ²); e L: comprimento do eixo da bacia (km)	2
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28x P/\sqrt{A}$	P: perímetro (km); e A: área de drenagem (km ²)	2
Índice de circularidade (Ic)	$IC = (12,57 xA)/p^2$	A: área de drenagem (km ²); e P: perímetro (km)	3
Características da rede de drenagem			
Padrão de drenagem	*	Aspecto do traçado do conjunto dos talwegues da bacia hidrográfica	4
Ordem dos cursos d'água	*	É a ordenação dos cursos d'água: 1ª ordem são canais sem tributários; 2ª ordem é formado pela junção de dois canais de 1ª ordem; 3ª ordem é formado pela junção de dois canais de 2ª ordem; e assim sucessivamente	5
Densidade de drenagem (Dd) (km km ⁻²)	$Dd = L/A$	L: comprimento total dos canais (km); e A: área de drenagem total (km ²)	5
Densidade de nascentes (Dn)	$Dn = Nn/A$	Nn: número de nascentes; e A: área de drenagem total (km ²)	6
Índice de sinuosidade (Is) (%)	$Is = [100 x (L-Ev)] / L$	L: comprimento do rio principal (km); e Ev: distância vetorial entre os pontos extremos do talvegue (km)	2
Tempo de concentração (Tc) (h)	$Tc = [0,87 x \left(\frac{L^3}{H}\right)]^{0,385}$	L: comprimento do talvegue principal (km); e H: desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (km)	7

1. Veiga *et al.* (2012); 2. Villela e Mattos (1975); 3. Schumm (1956); 4. Parvis (1950); 5. Horton (1945); 6. Machado e Souza (2005); 7. Kirpich (1940). * Dados obtidos por geoprocessamento

Tabela 2 Valores de referência para classificação de parâmetros geométricos e de drenagem

Parâmetro	Limite	Classe	Autor
Fator de forma (F)	< 0,50	Não sujeito a enchentes	1
	0,50 – 0,75	Tendência mediana a enchentes	
	0,76 – 1,00	Sujeito a enchentes	
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,00 – 1,25	Alta propensão a enchentes	1
	1,26 – 1,50	Tendência mediana a enchentes	
	> 1,50	Não sujeito a enchentes	
Índice de circularidade (Ic)	0,36 – 0,50	Forma alongada	2
	0,51 – 0,75	Forma intermediária	
	0,76 – 1,00	Forma circular	
Densidade de drenagem (Dd)	< 0,50	Baixa	3
	0,50 – 2,00	Média	
	2,01 – 3,50	Alta	
	> 3,50	Muito alta	
Índice de sinuosidade (Is)	< 20	Muito reto	4
	20 – 29	Reto	
	30 – 39,9	Divagante	
	40 – 49,95	Sinuoso	
	> 50	Muito sinuoso	

1. Lima Júnior et al. (2012); 2. Silva (2012); 3. Beltrame (1994); 4. Romero et al. (2017)

com a ferramenta ‘Modelo Digital de Elevação’ (MED). Posteriormente, o relevo foi classificado de acordo com a declividade: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%) e montanhoso (45-75%), (Santos et al., 2013).

2.3 Índice de desmatamento

O índice de desmatamento foi realizado na microbacia e nas áreas de preservação permanente dos cursos d’água e nascentes, levando-se em consideração os anos de 1985, 1995 e 2005, com imagens do satélite Landsat 5 (resolução espacial de 30 m, resolução radiométrica de 8 bits e bandas 3 e 4), e o ano de 2015, com imagens do satélite Landsat 8 (resolução

espacial de 30 m, resolução radiométrica de 16 bits e bandas 4 e 5). As imagens, localizadas na órbita 231 e ponto 68 (USGS, 2017), correspondem aos meses de agosto a setembro, por terem a menor incidência de nuvens.

Para cada ano foi calculado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), (Equação 1), (Rouse, 1973), que leva em consideração a densidade de cobertura vegetal. Para esta mensuração utilizou-se o software QGIS.

$$NDVI = \frac{IP - V}{IP + V} \quad (1)$$

Onde: IP: infravermelho próximo (B4 = Landsat 5; B5 = Landsat 8); V: vermelho (B3 = Landsat 5; B4 = Landsat 8).

Para auxiliar na classificação, realizou-se uma correlação dos pixels com as classes de cobertura utilizando observações de campo, com pontos de controle georreferenciados com GPS 60CSx (20 amostras controle). Para a delimitação das APP's considerou-se a faixa de 50 m em raio na nascente e 30 m em cada lado dos cursos de água, visto que não ultrapassam 10 m de largura (Brasil, 2012).

3. Resultados e discussão

3.1 Características morfométricas

A microbacia do rio Manicoré tem área de 80,1725 km², perímetro de 52,56 km, altitudes mínima, média e máxima de 225, 278 e 440 m, respectivamente (Figura 2). A altitude

é um fator ambiental que influencia no ciclo hidrológico da região, por estar relacionada com a temperatura, sendo observado que em áreas de baixas altitudes, como a da microbacia em estudo, tem-se maiores temperaturas e conseqüentemente, maior evapotranspiração (Castro Junior, 2001). Este fator também influencia a distribuição espacial das espécies em florestas nativas (Figueiredo *et al.*, 2015), e de interesse agropecuário (EMBRAPA, 1997), portanto, pode ser utilizado para auxiliar na seleção de espécies para recuperação de áreas degradadas ou de interesse econômico.

O relevo da microbacia variou de plano a montanhoso, com predominância dos relevos suave ondulado, ondulado e plano, respectivamente (Figura 3). Esses resultados demonstram

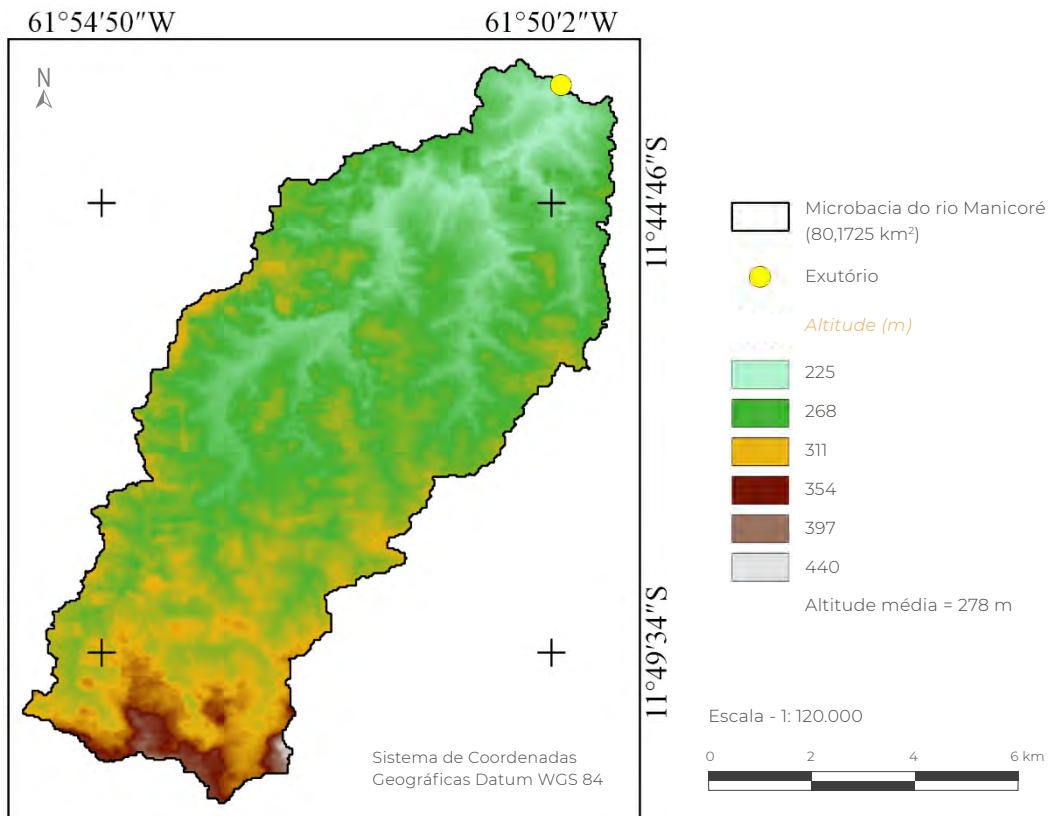


Figura 2 Hipsometria da microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

que a microbacia tem 99,9% de sua área considerada como de uso irrestrito pela legislação florestal brasileira (Brasil, 2012). No relevo da área, de certo modo, pode ser implementado sistemas agropecuários, silvícolas, silvipastoris e agroflorestais, desde que sejam respeitadas as áreas de preservação permanente (ex. cursos de água e nascentes). Nestes sistemas recomenda-se o uso de práticas mecânicas, vegetativas e edáficas, de preferência integradas, para reduzir as perdas de solo, nutrientes e matéria orgânica, visto que a região apresenta alta pluviosidade.

Os resultados de relevo assemelham-se aos encontrados nas microbacias dos rios D'Alincourt (município de Rolim de Moura, RO), (Silva, 2017), Tinguí (município de Alta Flo-

resta D'Oeste, RO), (Santos, 2017), Conceição (município de São Francisco do Guaporé, RO), (Siqueira *et al.*, 2018) e Bananeiras (município de Seringueiras, RO), (Johem *et al.*, 2018), demonstrando que a região tem relevo plano a ondulado. Nas áreas de relevo plano, ocorre a redução do escoamento superficial, por favorecer a infiltração de água, diminuindo a magnitude de enchentes (Silva *et al.*, 2014).

Com relação ao fator de forma, coeficiente de compacidade e índice de circularidade, observou-se valores de 0,32, 1,64 e 0,36 respectivamente, indicando que a microbacia tem forma alongada e não está sujeita a enchente. O formato alongado reduz o risco de enchente por elevar o tempo necessário para que toda a área contribua na microbacia. Resultados

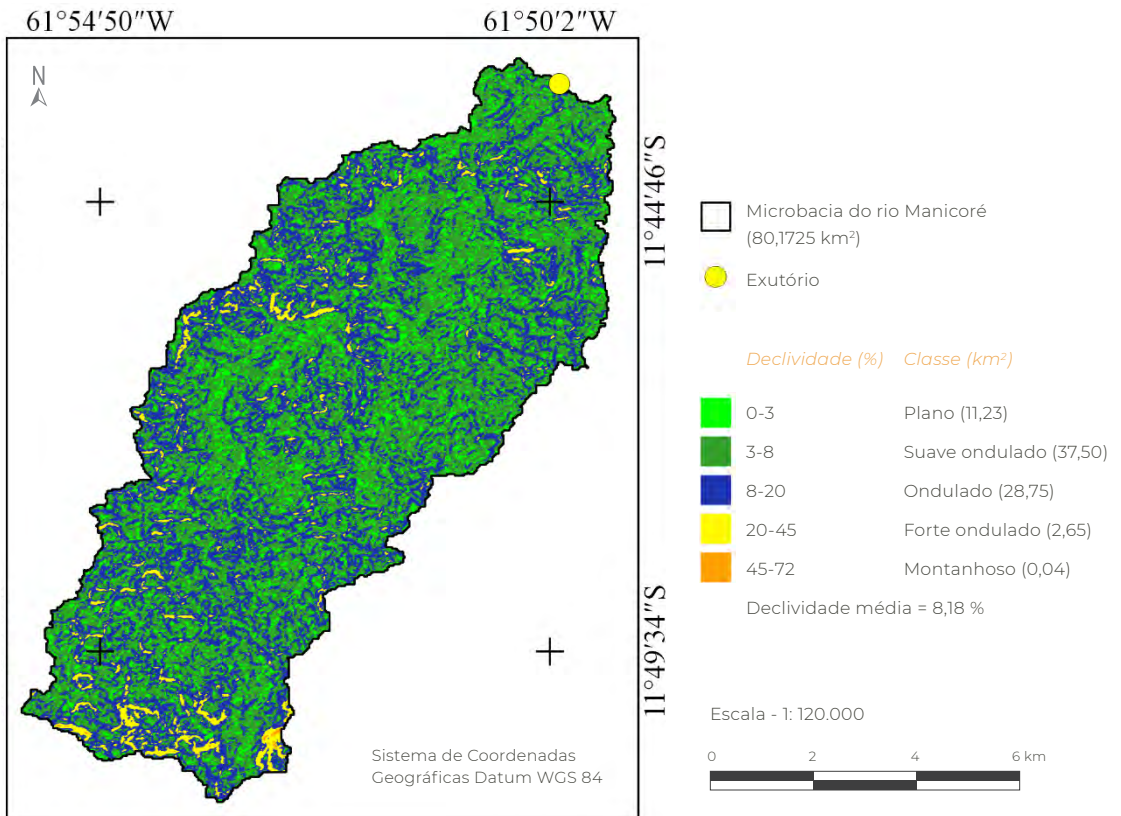


Figura 3 Relevo da microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

semelhantes foram encontrados por outros autores em microbacias próximas a área de estudo (Johem *et al.*, 2018; Silva, 2017; Siqueira *et al.*, 2018), inclusive para dados de relevo, sugerindo que essas características são comuns em áreas de relevo plano a suave ondulado.

O padrão de drenagem é caracterizado como dendrítico de 5ª ordem (Figura 4), indicando que o sistema de drenagem da microbacia é bem ramificado, corroborando com resultados observados por Santos (2017), na microbacia do rio Tinguí. O elevado número de ordens desta microbacia está diretamente relacionado com as características do relevo, visto que, em áreas com baixas declividades não há caminhos preferenciais de escoamento superficial, tendendo a criar vários canais de drenagem.

A densidade de drenagem da microbacia é de $2,31 \text{ km km}^{-2}$, considerada alta. Esse resultado está associado com a predominância de relevo plano a ondulado, como discutido anteriormente, e demonstra o potencial hídrico da região, tanto para o abastecimento de área urbana como para a área rural, destacando-se a implantação de sistemas de irrigação na agropecuária. Contudo, também se observa a necessidade de planejamento mais rigoroso para manutenção da quantidade e qualidade da água, por meio da conservação das áreas de matas ciliares.

A microbacia tem 237 nascentes, bem distribuídas em toda a área, resultando em uma densidade de $2,96 \text{ nascentes km}^{-2}$ (Figura 5).

O índice de sinuosidade tem valor de 47,49, classificado como divagante, ou seja, drenagem

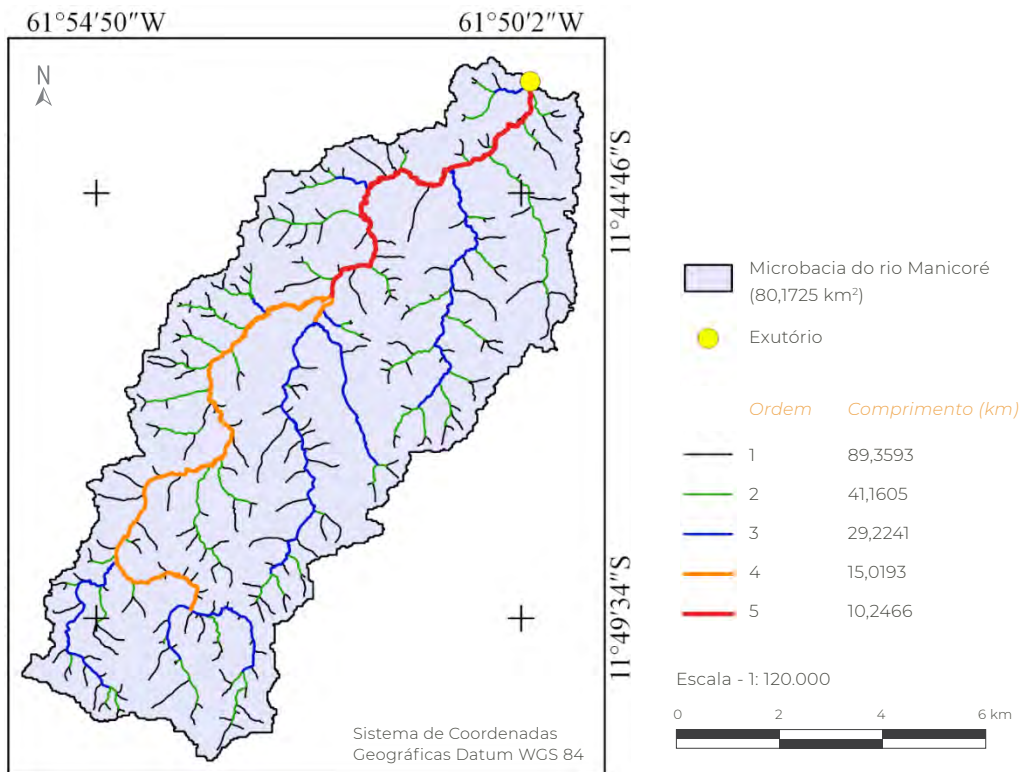


Figura 4 Ordem dos cursos d'água da microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

lenta, explicando o elevado tempo de concentração, que foi de 7 h e 48 min. É interessante salientar que estas informações demonstram que a microbacia não deveria apresentar riscos de inundações em suas condições naturais (floresta original); contudo, constata-se elevações frequentes do volume de água no exutório e em pouco tempo. Esses eventos provavelmente ocorrem em função do elevado nível de antropização da região (Cavalheiro *et al.* 2015), e associado com manejo inadequado do solo, promove a compactação do solo e reduz o número de barreiras naturais, potencializando o escoamento superficial (Vendruscolo, 2012).

3.2 Índice de desmatamento de 1985 a 2015

A supressão da vegetação nativa ocorreu de 1985 a 2005, contudo, posteriormente ocorreu um incremento desta vegetação até o ano de 2015 (Figura 6). A elevação do desmatamento até o ano de 2005 está relacionado com o avanço da agropecuária na região (Cavalheiro *et al.* 2015). O aumento da área de cobertura florestal de 2005 a 2015 está associado a dois fatores: o primeiro é o incentivo ao plantio de espécies florestais para fins madeireiros, a exemplo da teca (*Tectona grandis* L.f.), e o segundo é a repercussão do projeto de recuperação das matas ciliares do rio D'Alincourt, microbacia localizada do lado direito da microbacia do rio Manicoré.

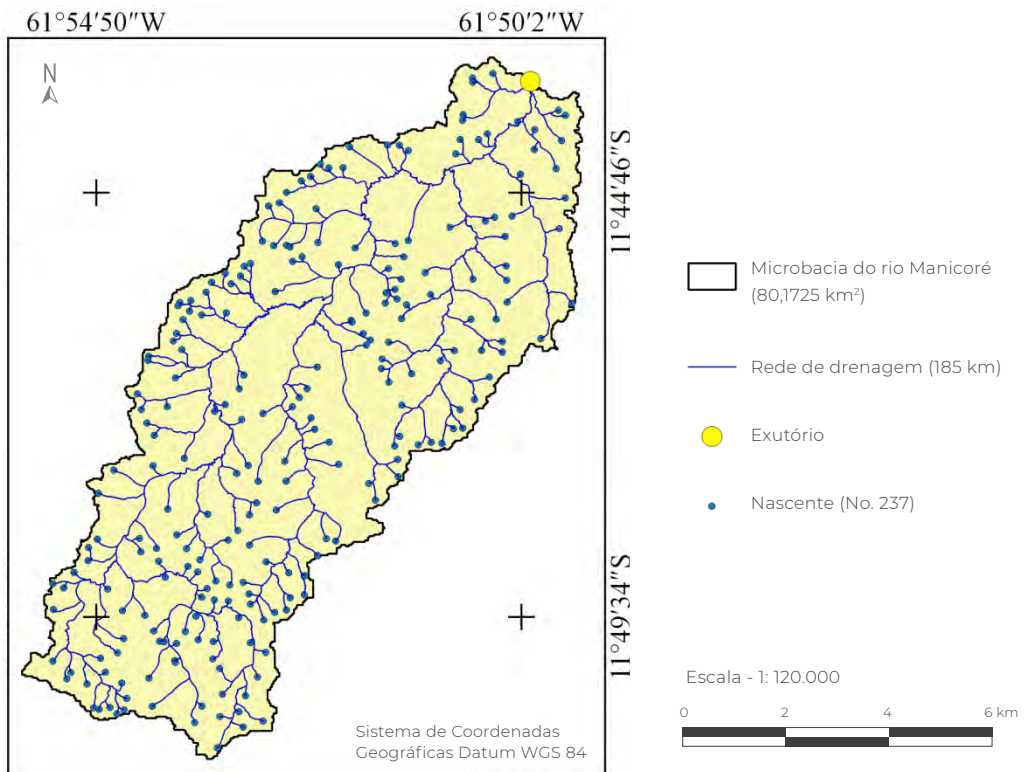


Figura 5 Nascentes na microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

Na microbacia do rio D'Alincourt, responsável pela captação de água para abastecimento urbano do município de Rolim de Moura em 2005, executou-se um projeto de recuperação das florestas na zona ripária, através de uma parceria entre o Ministério Público (MP), Companhia de Águas e Esgotos do Estado

de Rondônia (CAERD), Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), a Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e a Organização Não Governamental (ONG) Eco-poré. Este projeto gerou grande repercussão na região, por envolver principalmente o MP e a SEDAM, que estavam cogitando a possibili-



Figura 6 Índice de desmatamento de 1985 a 2015 na microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

dade de expandir o projeto para a microbacia do rio Manicoré, visto que na época estava previsto que esta área também seria destinada a captação de água para a área urbana do município de Rolim de Moura.

O aumento da área de vegetação nativa no ano de 2005 a 2015, ocorreu principalmente

nas áreas de matas ciliares (Figura 7). Resultados semelhantes também foram observado por Vendruscolo *et al.* (2017) na microbacia do rio Bumburro, município de Santa Luzia do Oeste - RO, e foi associado com o projeto 'Salve o rio Bumburro', executado na mesma época do projeto do rio D'Alincourt.

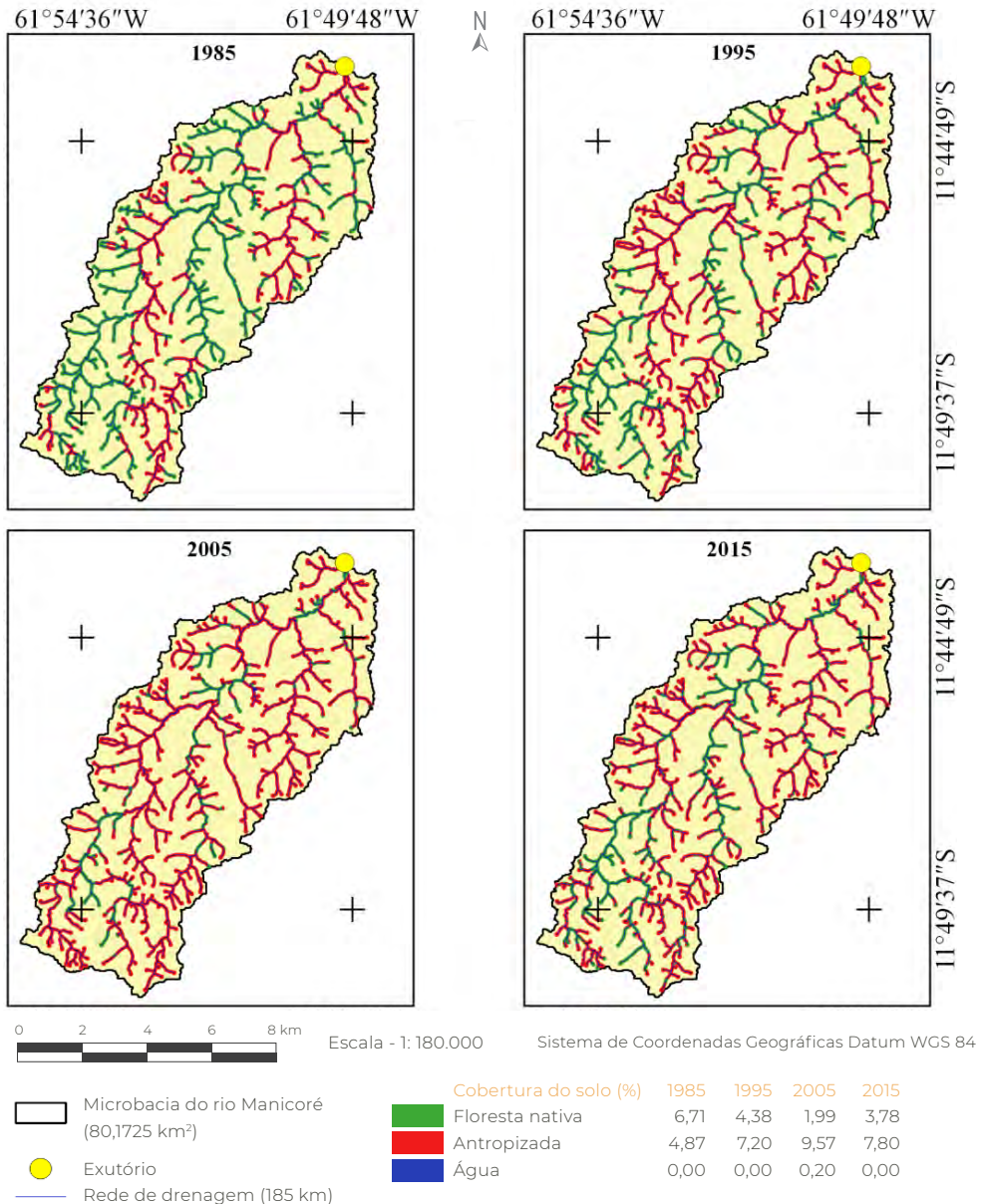


Figura 7 Dinâmica da cobertura do solo na zona ripária da microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil

Esse resultado indica uma possível melhora da qualidade da água, tanto nos aspectos quantitativos quanto nos qualitativos, visto que as matas ciliares atuam como filtro de partículas sólidas contendo impurezas e contaminantes, oriundos principalmente das atividades agropecuárias (Martins e Dias, 2001), e permitem o ancoramento das partículas de solo nas margens dos cursos de água através de uma rede formada pelos sistemas radiculares (Couto *et al.*, 2010).

Áreas florestais, quando comparadas com áreas de agropecuária, tendem a apresentar maior capacidade de infiltração e armazenamento de água (Bacellar, 2005), reduzindo os riscos de enchentes ao mesmo tempo que reduz os riscos de escassez hídrica, por possibilitar o abastecimento do lençol freático ao longo do ano. A maior capacidade de infiltração e retenção de água no solo está relacionada com a menor densidade do solo e maior teor de matéria orgânica nas áreas de florestas da região, como observado por Vendruscolo (2012), na microbacia do rio D'Alincourt.

4. Conclusão

As características morfométricas e de cobertura do solo na microbacia do rio Manicoré, indicam que esta área tem baixa suscetibilidade a inundações. Os resultados deste trabalho podem ser utilizados para orientar práticas de manejo para reduzir os riscos e auxiliar na formação de políticas públicas, que irão influenciar na manutenção da qualidade e quantidade de água na área urbana do município de Rolim de Moura e, também na necessidade de projeto de recuperação das matas ciliares. Investigações futuras devem tentar quantificar os efeitos da mata ciliar na qualidade de água e magnitude de enchentes, para determinar o valor de serviços ecossistêmicos da floresta.

4. Referências citadas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. & G. SPAROVEK. 2014. "Köppen's climate classification map for Brazil". *Gerbrüder Borntraeger*, 22(6): 711-728.
- ALASKA SATELLITE FACILITY (ASF). 2017. Disponível em: <<https://www.asf.alaska.edu/>>. [Consulta: setembro, 2017].
- BACELLAR, L. A. P. 2005. "O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas". *Geo.br*, 1: 1-39.
- BELTRAME, A. V. 1994. *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil.
- 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: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. [Consulta: julho, 2017].

- BRASIL. 2012. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. [Consulta: dezembro, 2017].
- CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. e V. A. OLIVEIRA. 2012. “Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(4): 433-442.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. F. B. e S. V. MARTINS. 2006. “Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ”. *Revista Árvore*, 30(2): 241-248.
- CASTRO JUNIOR., E. 2001. *O papel da fauna endopedônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação Mestrado em Geografia.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; SANTOS, L. M. H. e A. M. SANTOS. 2015. “Impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental, Brasil”. *Revista Geográfica Venezolana*, 56(1): 41-57.
- COUTO, L.; GONÇALVES, W.; COELHO, A. T.; PAULA, C. C.; GARCIA, R.; AZEVEDO, R. F.; LOCATELLI, M. V.; ADVÍNCULA, T. G. L.; BRUNETTA, J. M. F. C.; COSTA, C. A. B.; GOMIDE, L. C. e P. H. MOTTA. 2010. “Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil”. *Boletim Técnico*, 001: 118.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 1997. *Adubação verde: estratégias para uma agricultura sustentável*. Seropédica-RJ. Brasil.
- FAUSTINO, J. 1996. *Planificación y gestión de manejo de cuencas*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- FERRARI, J.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R. e R. F. GARCIA. 2013. “Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES”. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8(2): 181-188.
- FERREIRA JUNIOR, O. 1998. *Geo Studio Tecnologia Ltda*. Belo Horizonte, MG - Brasil. Registro INPI nº 28.820. Disponível em: <<http://www.trackmaker.com/main/pt/>>. [consulta: outubro, 2017].
- FIGUEIREDO, S. M. 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 Amazônica*, 45(2): 167-174.
- HORTON, R. E. 1945. “Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrographical approach to quantitative morphology”. *Geological Society of American Bulletin*, 56(3): 275-370.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2012. *Manual técnico da vegetação brasileira*. (2º ed.). Rio de Janeiro, Brasil.
- JOHEM, J.; BOONE, N. R. V.; SILVA, R. F. A.; LIMA, A. C. R.; VENDRUSCOLO, J. e D. M. ROSA. 2018. “Caracterização morfométrica da microbacia do rio Bananeira. Amazônia Ocidental”. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 42-50.
- KIRPICH, Z. P. 1940. “Time of concentration in small agricultural watersheds”. *Civil Engineering*, 10(6): 362-370.

- LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A. e F. A. L. NASCIMENTO. 2012. Determinação das características morfométricas da sub-bacia do riacho Madeira Cortada, Quixelô, CE. *VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI). Anais...* 1-7. Tocantins, Brasil. (19-21 de outubro).
- MACHADO, G. e J. SOUZA. 2005. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Chôco-Ibaiti-PR. *X Encontro de Geógrafos de América Latina. Anais...* 8.366-8.382. São Paulo, Brasil (20 a 26 de março).
- MARTINS, S. V. e H. C. T. DIAS. 2001. "Importância das florestas para a qualidade e quantidade da água". *Revista Ação Ambiental*, 4(20): 14-16.
- MOSCA, A. A. O. 2003. *Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas*. Escola Superior de Agricultura 'Luis de Queiroz', Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais.
- NUNES, S. S.; BARLOW, J. O. S.; GARDNER, T. A.; SIQUEIRA, J. V.; SALES, M. R. & C. M. SOUZA. 2015. "A 22 year assessment of deforestation and restoration in riparian forests in the eastern Brazilian Amazon". *Environmental Conservation*, 42(3): 193-203. <http://doi.org/10.1017/S0376892914000356>.
- PARVIS, M. 1950. "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16(3): 387-408.
- PIONTEKOWSKI, V. J.; MATRICARDI, E. A. T.; PEDLOWSKI, M. A. e L. C. FERNANDES. 2014. "Avaliação do desmatamento no estado de Rondônia entre 2001 e 2011". *Floresta e Ambiente*, 21(3): 297-306.
- QGIS Development Team. 2015. *QGIS Geographi Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. e D. J. REINER T. 2007. "Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação". In: C. A. CERRETA; L. S. SILVA e J. M. REICHERT (Eds), *Tópicos em Ciência do Solo*. 5: 49-134. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M. e F. F. N. MARCUZZO. 2017. "Estudo hidromorfológico da bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO". *Ciência e Natura*, 39(2): 320-340.
- ROUSE, J. 1973. Monitoring vegetation system in the Great Plains with ERTS. *Proceedings of the Third ERTS Symposium, Goddard Space Flight Center*. (309-317). NASA, USA. (December).
- SANTANA, D. P. 2003. *Manejo integrado de bacias hidrográficas*. Sete Lagoas, Minas Gerais., Brasil. EMBRAPA, 62 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/486784/1/Doc30.pdf>. [Consulta: dezembro, 2017].
- SANTOS, L. P. 2017. *Índice de desmatamento e caracterização morfométrica da micro-bacia do rio Tinguí, Amazônia, Brasil*. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. e S. H. SHIMIZU. 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 of Perth Amboy, New Jersey". *Geological Society of America Bulletin*, 67(5): 597-646.

- SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE RONDÔNIA (SEDAM). 2012. *Meteorologia: Boletins climatológicos anuais*. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. Porto Velho, Brasil.
- SILVA, A. R.; SILVA, M. F. e L. C. A. SANTOS. 2014. "Caracterização morfométrica do rio Cacao - MA". *Revista Percurso*, 6(2): 141- 153.
- SILVA, A. F. 2017. *Caracterização morfométrica e índice de desmatamento na microbacia hidrográfica do igarapé D'Alincourt*. Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura, Rondônia, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.
- SILVA, Q. D. 2012. *Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão*. Departamento de Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, Brasil. Tese de Doutorado em Geografia.
- SIQUEIRA, A. da S.; LA TORRE, J. J.; PARREIRA, C. F.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. e W. C. S. CAVALHEIRO. 2018. "Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia". *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, 7(1): 59-67.
- 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.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). 2017. *Science for a changing world*. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>.
- VALENTE, C. R. 2011. Impacto do desmatamento do cerrado nos recursos hídricos superficiais. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 2.804-2.811*. Curitiba, Brasil.
- VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z. e P. L. FAGGION. 2012. *Fundamentos de topografia*. Universidade Federal do Paraná. Brasil.
- VENDRUSCOLO, J. 2012. *Atributos físicos e químicos de diferentes tipos de solos sob quatro coberturas vegetais na área ciliar do igarapé D'Alincourt-RO*. Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil. Dissertação de Mestrado em Manejo de Solo e Água.
- VENDRUSCOLO, J.; SILVA, A. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; STACHIW, R. e A. M. PEREZ MARIN. 2017. "Índice de desmatamento na bacia do rio Bamburro durante período de 1985 a 2015, Amazônia Ocidental, Brasil". *Revista Geográfica Venezolana*, 58(2): 378-393.
- VILLELA, S. M. e A. MATTOS. 1975. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, Brasil.