

Hidrogeomorfometria e índice de desmatamento da microbacia Rio dos Veados, Amazônia Ocidental, Brasil

Objetivou-se com este estudo realizar a caracterização hidrogeomorfológica e dinâmica da cobertura do solo na microbacia Rio dos Veados, nos anos de 1990 e 2020, com o auxílio do sensoriamento remoto e softwares gratuitos como QGIS 2.10.1, Track Maker Free e Google Earth. A microbacia tem área de 1.210,49 km², perímetro de 205 km, fator de forma de 0,20, índice de circularidade de 0,36 e coeficiente de compactação correspondente a 1,65, denotando forma alongada e ausência de suscetibilidade a inundações do ponto de vista geométrico. A altitude variou de 173 a 248 m, com valor médio de 193 m e amplitude altimétrica de 75 m. A paisagem da microbacia apresentou declividade variando de 0 a 114%, predominando as classes de relevo suave ondulado (53,59%) e plano (40,55%). A microbacia tem rede de drenagem de 418,42 km, padrão dendrítico de 4ª ordem, 0,05 nascentes km⁻², densidade de drenagem de aproximadamente 0,35 km km⁻², coeficiente de manutenção de 2,893,0 m² m⁻¹, índice de sinuosidade de 22,79% e tempo de concentração de 30,64 h. Quanto à dinâmica de cobertura do solo, durante o período de 1990 a 2020 foram observadas reduções das áreas de campo nativo e floresta nativa, e aumento da área de agropecuária, na microbacia e em sua zona ripária. As informações da paisagem podem ser utilizadas pelo poder público e sociedade civil organizada, para auxiliar na elaboração dos planejamentos de uso e gestão dos recursos naturais.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Características topográficas; Características geométricas; Características hidrográficas; Geoprocessamento.

Hydrogeomorphometry and deforestation index of the Rio dos Veados microbasin, Western Amazon, Brazil

The objective of this study was to carry out the hydrogeomorphometric characterization and dynamic of soil cover in the Rio dos Veados microbasin, in the years 1990 and 2020, with the help of remote sensing and free software such as QGIS 2.10.1, Track Maker Free and Google Earth. The microbasin has an area of 1,210.49 km², perimeter of 205 km, a form factor of 0.20, a circularity index of 0.36 and a compactness coefficient corresponding to 1.65, denoting elongated shape and absence of susceptibility to flooding from the geometric point of view. The altitude varied from 173 to 248 m, with an average value of 193 m and altimetric amplitude of 75 m. The microbasin landscape presented a slope varying from 0 to 114%, with predominant classes of smooth wavy (53.59%) and flat relief (40.55%). The microbasin has a drainage network of 418.42 km, dendritic pattern of 4th order, 0.05 springs km⁻², drainage density of approximately 0.35 km km⁻², maintenance coefficient of 2,893.0 m² m⁻¹, sinuosity index of 22.79% and concentration time of 30.64 h. Regarding the dynamics of land cover, in the period from 1990 to 2020, we observed reductions in the areas of native field and native forest, and increase in the agricultural area, in the microbasin and in its riparian zone. Landscape information can be used by public authorities and organized civil society to assist in the preparation of plans for the use and management of natural resources.

Keywords: Remote sensing; Topographic characteristics; Geometric characteristics; Hydrographic characteristics; Geoprocessing.

Topic: Engenharia Ambiental

Received: 06/04/2021

Approved: 27/04/2021

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Mylena Rego Panza 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7277238633124292>
<http://orcid.org/0000-0002-3756-8017>
panzamylena@gmail.com

Tiago Way Serrão de Souza 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6428989439006729>
<http://orcid.org/0000-0003-3787-5014>
wayserrao@gmail.com

Miquel Victor Batista Donegá 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1076744155979650>
<http://orcid.org/0000-0003-4904-5552>
miquel@ufam.edu.br

Marcelo Medeiros de Lima 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1086400427184937>
<http://orcid.org/0000-0002-3347-8815>
delima.job@gmail.com

Jhade Goudinho Saraiva 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8636408679470288>
<http://orcid.org/0000-0003-2491-1602>
igsjhade@gmail.com

Fabrcio Matheus Pimenta Pacheco 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4255661015272705>
<http://orcid.org/0000-0002-4705-7034>
fabriciomatheus95@gmail.com

Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro 
Universidade Federal de Rondônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3431914753490247>
<http://orcid.org/0000-0003-1356-8511>
engfio.ro@gmail.com

Jhony Vendruscolo 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4405434241565360>
<http://orcid.org/0000-0003-3043-0581>
jhonyvendruscolo@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0031

Referencing this:

PANZA, M. R.; SOUZA, T. W. S.; DONEGÁ, M. V. B.; LIMA, M. M.; SARAIVA, J. G.; PACHECO, F. M. P.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.. Hidrogeomorfometria e índice de desmatamento da microbacia Rio dos Veados, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.4, p.399-411, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0031>

INTRODUÇÃO

A microbacia Rio dos Veados pertence a bacia do rio Guaporé e sub-bacia do rio Corumbiara, abrange 52 estabelecimentos agropecuários privados e parte do Parque Estadual Corumbiara (186,52 km²), sendo considerado de grande relevância ambiental e econômica para o estado de Rondônia. Apesar desta importância, existem poucas informações a respeito de sua paisagem e sobre a sua dinâmica de ocupação do solo, para a elaboração de estratégias de desenvolvimento sustentável.

As principais características da paisagem na microbacia, utilizadas para a elaboração de planos de manejo e conservação dos recursos naturais, estão associadas a informações geométricas, topográficas e hidrográficas (SANTOS et al., 2019; SILVA et al., 2019; SOARES et al., 2019) e com a dinâmica de cobertura do solo (PANZA et al., 2020; SANTOS JÚNIOR et al., 2020).

Estas informações podem ser utilizadas para identificar áreas com potencial agropecuário e florestal, sensíveis ao manejo e prioritárias para a conservação dos recursos naturais, assim como as práticas de manejo mais adequadas para mitigar os impactos ambientais dos sistemas agropecuários (CAVALHEIRO et al., 2019).

A aquisição de informações por meio do sensoriamento remoto é uma alternativa para as áreas com grandes dimensões, como a microbacia Rio dos Veado. Com as técnicas de sensoriamento remoto pode-se obter informações dos objetos na superfície terrestre, sem o contato físico com os mesmos, e devido ao Sistema de Informação Geográfica, é possível inserir e integrar informações espaciais em uma única base de dados, e combinar essas informações através de algoritmos de manipulação e análise (MOREIRA, 2001). Logo, pode-se adquirir e interpretar informações em tempo hábil e com baixo custo financeiro, em comparação ao trabalho de campo.

Em face ao exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização hidrogeomorfológica e a análise da dinâmica de cobertura do solo na microbacia Rio dos Veados, com o intuito de fornecer informações para subsidiar o planejamento e a gestão adequada dos recursos naturais da região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e características gerais da área de estudo

A microbacia Rio dos Veados, tem esse nome por conta dos campos nativos existentes na área, onde os veados pastavam, e abrange os municípios de Cerejeiras (55,32%) e Pimenteiras D'Oeste (44,68%) (Figura 1). Esta região tem clima classificado como Monção, temperatura média anual de 24 a 26°C (ALVARES et al., 2014), precipitação anual de 1.564,5 a 1.843,7 mm, período chuvoso de novembro a março (FRANCA, 2015), floresta ombrófila aluvial, savana densa, savana com murundus e faz parte do pantanal do Guaporé, onde ocorrem inundações periódicas (SANTOS et al., 2017).

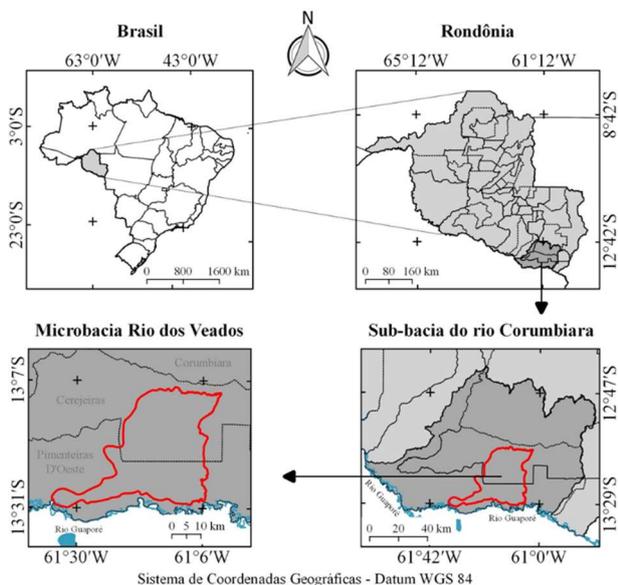


Figura 1: Localização da microbacia Rio dos Veados, Amazônia Ocidental, Brasil.

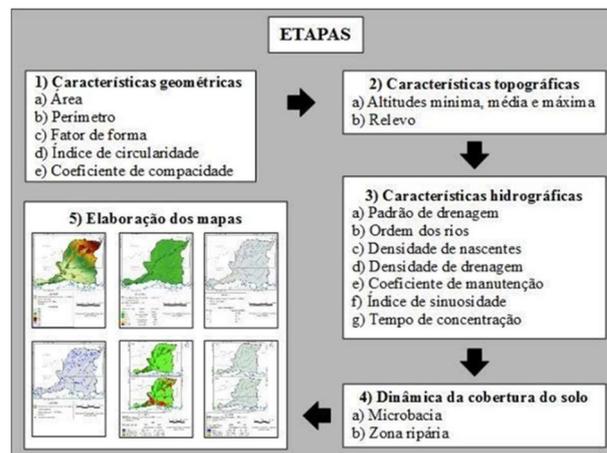


Figura 2: Etapas para a aquisição dos dados e elaboração dos mapas.

Para a obtenção das características da paisagem e elaboração dos mapas, foram utilizados os softwares QGIS 2.10.1 (versão Pisa), Google Earth e Track Maker Free (Versão 13.9.596), e imagens dos satélites ALOS (Sensor Palsar) (ASF, 2017), Landsat 5 (Sensor TM) e Landsat 8 (Sensor OLI) (INPE, 2020). A metodologia foi realizada em cinco etapas (Figura 2).

1ª Etapa - Características geométricas

Para delimitar o perímetro da microbacia foi utilizado o software QGIS 2.10.1 (versão Pisa) com ajuda da ferramenta TauDEM (Passos: Pit Remove < D8 Flow Directions < D8 Contributing Area - 1ª versão < Stream Definition By Threshold < Edição do ponto de exutório < D8 Contributing Area - 2ª versão), e imagens altimétricas do satélite ALOS, com resolução espacial de 12,5 m. O arquivo matricial, gerado no TauDEM, foi modificado para o formato vetorial (ferramenta “poligonizar”), em seguida, dissolvido (ferramenta “dissolver”), suavizado (ferramenta “simplificar geometria”) e ajustado no software Google Earth, levando em conta as características da rede de drenagem e relevo. Após isso, foram calculados a área e o perímetro com a ferramenta “calculadora de campo”.

Os parâmetros fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade, foram calculados com equações (Tabela 1), e comparados com dados da literatura (Tabela 2).

Tabela 1: Equações para determinação de fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade.

Parâmetro	Equação	Descrição
Fator de forma ¹	$F = \frac{A}{L^2}$	F = fator de forma A = área da microbacia (km ²) L = comprimento do eixo da microbacia (km).
Índice de circularidade ²	$Ic = \frac{12,57 \times A}{P^2}$	Ic = índice de circularidade; A = área da microbacia (km ²) P = perímetro da microbacia (km)
Coeficiente de compacidade ¹	$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	Kc = coeficiente de compacidade A = área da microbacia (km ²) P = perímetro da microbacia (km)

¹Villela et al. (1975); ²Christofletti (1980).

Tabela 2: Classificação dos parâmetros geométricos.

Parâmetro	Limite	Classe
Fator de forma ¹	< 0,50	Não sujeito a inundações
	0,50 – 0,75	Tendência média a inundações
	0,76 – 1,00	Sujeito a inundações
Índice de circularidade ²	< 0,51	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 inundações
	1,26 – 1,50	Tendência média a inundações
	> 1,50	Não sujeito a inundações

¹Lima Júnior et al. (2012); ²Silva (2012).

2ª Etapa - Características topográficas

Os valores de altitude mínima e máxima foram extraídos diretamente da imagem altimétrica do satélite Alos, e a altitude média foi calculada com a ferramenta “estatística por zona”. A declividade da paisagem foi mensurada com a ferramenta “modelo digital de elevação”, em seguida, realizou-se a classificação do relevo em plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%), e montanhoso (45-50%) (SANTOS et al., 2013). Para ajudar na caracterização da paisagem o relevo também foi classificado quanto à influência à propagação de incêndios e aptidão à mecanização agrícola (Tabela 3).

Tabela 3: Classificação da influência a propagação de incêndios e aptidão à mecanização agrícola em função da declividade (%).

Parâmetro	Classe	Declividade (%)
Influência a propagação de incêndios ¹	Baixa	≤ 15
	Moderada	16-25
	Alta	26-35
	Muito alta	36-45
	Extremamente alta	> 45
Aptidão à mecanização agrícola ²	Extremamente apta	0,0-5,0
	Muito apta	5,1-10,0
	Apta	10,1-15,0
	Moderadamente apta	15,1-20,0
	Não apta	> 20,0

¹Ribeiro et al. (2008); ²Höfig e Araújo-Júnior (2015).

3ª Etapa - Características hidrográficas

Para a elaboração da rede de drenagem, inicialmente foram gerados os rios com a ferramenta “adicionar caminho” do software Google Earth, em seguida as trilhas foram salvas em formato KML (*Keyhole Markup Language*) e unidas no software Track Maker Free com a ferramenta “Lápis”. Posteriormente, foi obtido o padrão de drenagem, por meio de uma comparação entre a distribuição espacial da rede de drenagem da microbacia e dados de Parvis (1950), e classificado as ordens dos rios, conforme o método de Strahler (1954), utilizando a ferramenta “strahler”.

Os parâmetros densidade de nascentes, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, índice de sinuosidade e tempo de concentração, foram calculados com equações (Tabela 4).

Os parâmetros de ordem dos rios, densidade de nascentes, densidade de drenagem e índice de sinuosidade foram classificados conforme a literatura (Tabela 5).

Tabela 4: Equações de determinação dos parâmetros de densidade de nascentes, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, índice de sinuosidade e tempo de concentração.

Parâmetro	Equação	Descrição
Densidade de nascentes ¹	$Dn = \frac{N}{A}$	Dn = densidade de nascentes (nascentes km ⁻²) N = número de nascentes A = área da microbacia (km ²)
Densidade de drenagem ²	$Dd = \frac{L}{A}$	Dd = densidade de drenagem (km km ⁻²) L = comprimento da rede de drenagem (km) A = área da microbacia (km ²)
Coefficiente de manutenção ²	$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000$	Cm = coeficiente e manutenção (m ² m ⁻¹) Dd = densidade de drenagem (km km ⁻²)
Índice de sinuosidade ³	$Is = \frac{L-Dv}{L} \times 100$	Is = índice de sinuosidade (%) L = comprimento do canal principal (km) Dv = distância vetorial do canal principal (km)
Tempo de concentração ⁴	$Tc = 0,57 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$	Tc = tempo de concentração (Minutos) L = comprimento do talvegue principal (km) H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m)

¹Santos et al. (2012); ²Horton (1932); ³Villela et al. (1975); ⁴Kirpich (1940, citado por TARGA et al., 2012).

Tabela 5: Classificação das características hidrográficas.

Parâmetro	Unidade	Classe	Límite
Ordem dos rios ¹	Unidades	Improvável habitat de peixes	1
		Baixas condições para habitação	2
		Moderadas condições para habitação	3
		Elevadas condições para habitação	≥ 4
Densidade de nascentes ²	Nascentes km ⁻²	Baixa	< 3
		Média	3-7
		Alta	7-15
		Muito alta	> 15
Densidade de drenagem ³	km km ⁻²	Baixa	< 0,50
		Média	0,50-2,0
		Alta	2,00-3,5
		Muito alta	> 3,50
Índice de sinuosidade ⁴	%	Muito reto	< 20
		Reto	20-29
		Divagante	30-39
		Sinuoso	40-50
		Muito sinuoso	> 50

¹Adaptado de Fairfull et al. (2003); ²Lollo (1995); ³Beltrame (1994); ⁴Romero et al. (2017).

4ª Etapa - Dinâmica da cobertura do solo

Para o estudo da dinâmica de cobertura do solo foi utilizado as imagens dos satélites Landsat 5 para o ano de 1990 e imagens Landsat 8 para o ano de 2020, escolhidas entre os meses de julho a setembro por possuírem menor quantidade de nuvens (Tabela 6).

Tabela 6: Características das imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, utilizadas na produção do índice de desmatamento na microbacia Rio dos Veados.

Ano	Satélite	Sensor	Banda	Resolução				Órbita/Ponto
				Espectral (µm)	Espacial (m)	Radiométrica (bits)	Temporal (dias)	
1990	Landsat 5	TM	3	0,63-0,69	30	8	16	230/69
			4	0,76-0,90				
			5	1,55-1,75				
2020	Landsat 8	OLI	4	0,64-0,67	30	16	16	230/69
			5	0,85-0,88				
			6	1,57-1,65				

TM: Thematic Mapper; OLI: Operational Land Imager.

Nesta microbacia as principais coberturas do solo são representadas por quatro classes, identificadas

como água, campos nativos, floresta nativa e agropecuária. Estas classes foram classificadas seguindo quatro passos: **1º Passo:** Cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), com a equação $IVDN = (IP - V) / (IP + V)$, onde IP = Infravermelho Próximo (B4 = Landsat 5; B5 = Landsat 8) e V = Vermelho (B3 = Landsat 5; B4 = Landsat 8). **2º Passo:** coleta de 10 amostras de pixel em cada classe de cobertura do solo, totalizando 40 amostras de pixels em cada imagem IVDN. **3º Passo:** divisão da imagem IVDN em classes com a ferramenta “slicer”, e conversão da imagem matricial gerada para formato vetorial, com a ferramenta “poligonizar”. **4º Passo:** comparação da imagem classificada com a imagem falsa cor (R5G4B3 para o Landsat 5, e R6G5B4 para o Landsat 8), para validar a classificação.

Para a delimitação da zona ripária foi utilizada a ferramenta “buffer”, com distâncias de 30 m nas margens dos cursos d’água e 50 m de raio nas nascentes, conforme estabelece o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012).

5ª Etapa - Elaboração dos mapas

Para confecção dos mapas utilizados neste estudo, usou-se a ferramenta “novo compositor de impressão”, no software QGIS, o sistema de coordenadas geográficas e o Datum WGS 84.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características geométricas

A microbacia tem área de 1.210,49 km², perímetro de 205 km, fator de forma de 0,20, índice de circularidade de 0,36 e coeficiente de compacidade correspondente a 1,65. Do ponto de vista geométrico, a microbacia tem forma alongada e não está sujeita a inundações. Resultados semelhantes foram encontrados para outras microbacias da região, como na microbacia rio Manicoré (VENDRUSCOLO et al., 2019a) e microbacia do rio São Jorge (PACHECO et al., 2020).

Apesar de não haver suscetibilidade à inundação do ponto de vista geométrico, ocorrem inundações anuais na microbacia em estudo, tendo em vista que ela está inserida dentro do pantanal do Guaporé. De acordo com Santos et al. (2017), o pantanal do Guaporé é formado por uma extensa planície onde há inundações periódicas naturais, durante o período das chuvas, devido ao extravasamento da calha do rio Guaporé. Portanto, a microbacia Rio dos Veados pode ser considerada essencial para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos e do ecossistema da região.

Características topográficas

A altitude variou de 173 a 248 m, com valor médio de 193 m (Figura 3), e amplitude altimétrica de 75 m. Os valores de altitude foram semelhantes aos encontrados por Soares et al. (2019) na microbacia Santa Terezinha (190 a 241 m), e Panza et al. (2020) na microbacia do rio Jacuri (195 a 288 m), localizadas a 23,5 e 8,5 km da microbacia em estudo, respectivamente. Estes autores também descrevem a presença de um lençol freático raso, e a tendência de encharcamento do solo no período chuvoso, portanto, esta é uma

característica comum nas três microbacias.

É importante ressaltar que a baixa amplitude altimétrica da microbacia em estudo indica um escoamento lento, o que prolonga o tempo de inundação da área. Logo, constata-se que nesta região, a baixa amplitude altimétrica combinada com a influência direta do rio Guaporé no período das cheias, é mais relevante na suscetibilidade a inundações do que o formato da microbacia (SOARES et al., 2019).

A paisagem da microbacia tem declividades de 0 a 114%, apresentando relevos planos a escarpados, com predomínio das classes suave ondulado (53,59%) e plano (40,55%) (Figura 4). O predomínio de relevos planos e suave ondulados também foram encontrados em estudos realizados nas sub-bacias dos rios Urupá (VASCONCELOS et al., 2020), Alto Rio Jamari (VENDRUSCOLO et al., 2019b), Mutum Paraná (SANTOS JUNIOR et al., 2019), Pimenta Bueno (SIMÕES et al., 2019) e Comemoração (MIRA et al., 2019), todas situadas em Rondônia, mostrando que essa tende a ser uma característica do Estado.

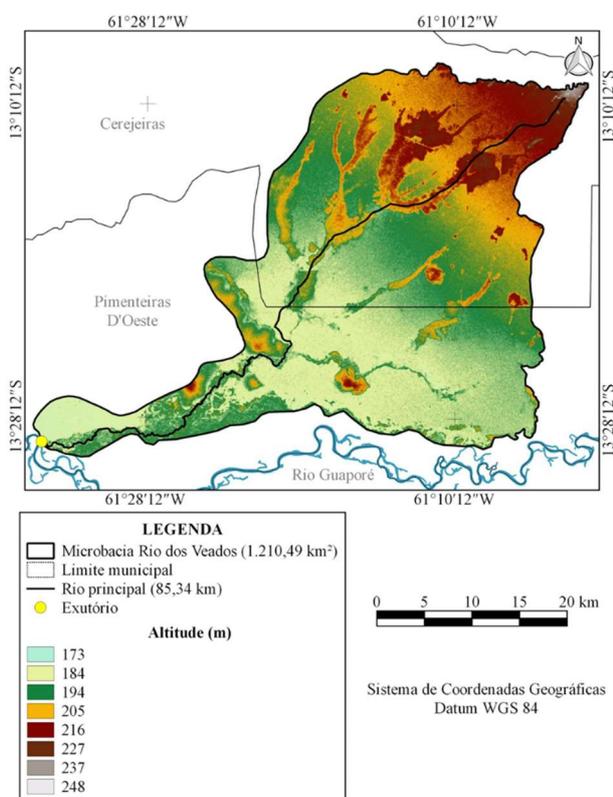


Figura 3: Mapa hipsométrico da microbacia Rio dos Veados, Amazônia Ocidental, Brasil.

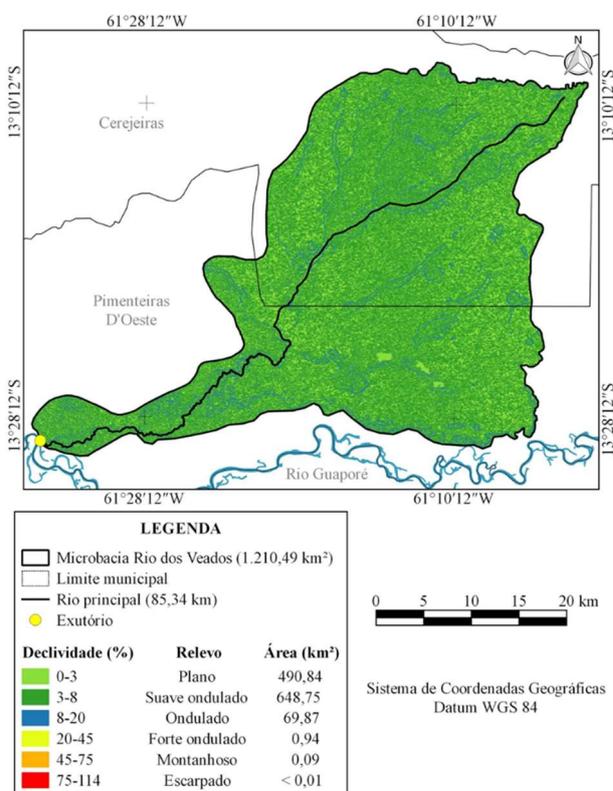


Figura 4: Relevo da microbacia Rio dos Veados, Amazônia Ocidental, Brasil.

A microbacia tem declividades inferiores a 15% em 99,37% de sua área, sendo esta região considerada de baixa influência a propagação de incêndios, e apta a extremamente apta a mecanização agrícola (Tabela 3). A formação de uma paisagem com baixas declividades na maior parte da microbacia também denota pouca suscetibilidade a perda de solos por erosão hídrica, uma vez que nesta condição o escoamento superficial torna-se lento (LEPSCH et al., 2015), favorecendo a infiltração de água no perfil (BERTONI et al., 2014). Apesar deste parâmetro indicar boa aptidão à mecanização agrícola, o excesso de água observado na região pode prejudicar a maioria das plantas de interesse econômico, por restringir o seu enraizamento e desenvolvimento, e limitar ou até mesmo impedir o uso de maquinários (LEPSCH et al., 2015).

Características hidrográficas

A microbacia Rio dos Veados tem rede de drenagem de 418,42 km, padrão dendrítico de 4ª ordem (Figura 5), 0,05 nascentes km⁻² (Figura 6), densidade de drenagem de 0,35 km km⁻², coeficiente de manutenção de 2.893,0 m² m⁻¹, índice de sinuosidade de 22,79% e tempo de concentração de 30,64 h.

O padrão dendrítico se desenvolve sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais, e assemelha-se espacialmente a uma árvore, onde o rio principal corresponde ao tronco da árvore, os tributários aos seus ramos e os afluentes menores aos raminhos e folhas (MANOEL et al., 2017).

A formação de uma rede de drenagem de 4ª ordem aponta para um sistema de drenagem com elevada condição para habitação de peixes (Tabela 5). A ordem dos canais também reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia (TUCCI, 2007). Neste contexto, verifica-se que o número de ordens da microbacia Rio dos Veados é inferior às observadas nas microbacias dos rios São Jorge (5ª ordem) (PACHECO et al., 2020), Jacuri (5ª ordem) (PANZA et al., 2020), Médio Rio Escondido (5ª ordem) (VENDRUSCOLO et al., 2020a) e Alto Rio Escondido (7ª Ordem) (VENDRUSCOLO et al., 2020b), mesmo apresentando área muito superior (1.210,49 km²) em relação às microbacias citadas (51,93 a 141,90 km²). Esta diferença está associada com a localização da microbacia em estudo, a qual encontra-se inserida dentro do pantanal do Guaporé, ou seja, em uma área de planície inundável com baixa amplitude altimétrica.

O valor de 0,05 nascentes km⁻² denota baixa densidade de nascentes (Tabela 5) e, conseqüentemente, baixa capacidade para a geração de novos canais d'água na microbacia. Este resultado é inferior aos observados por Vendruscolo et al. (2020a) na microbacia Médio Rio Escondido (10,48 nascentes km⁻²), e por Vendruscolo et al. (2020b) na microbacia Alto Rio Escondido (12,33 nascentes km⁻²), e está associado a predominância de baixa declividade na região, em relação às declividades verificadas nas microbacias citadas. Estes autores constataram que a densidade de nascentes aumenta com a elevação da declividade.

Os valor obtido na densidade de drenagem também foi classificado como baixo (Tabela 5), e assim como a densidade de nascentes, está diretamente ligado com a declividade da microbacia, visto que regiões com maiores declividades são mais propensas a erosão hídrica e a formação de canais em sulco (AMORIM et al., 2001; PACHECO et al., 2020). Portanto, é possível inferir que existe um baixo grau de desenvolvimento de rede de drenagem, que associada a baixa declividade e a influência direta do rio Guaporé no período chuvoso, favorece a inundação e a permanência da água por mais tempo no ecossistema.

O valor do coeficiente de manutenção encontrado na microbacia do rio dos Veados é considerado muito elevado quando comparado aos valores das microbacias do rio São Jorge (PACHECO et al., 2020), Médio Rio Escondido (VENDRUSCOLO et al., 2020a) e Alto Rio Escondido (VENDRUSCOLO et al., 2020b), cujos valores são 563, 246 e 246 m² m⁻¹, respectivamente. Apesar do alto valor do coeficiente de manutenção indicar a necessidade de uma grande área para a manutenção do curso d'água, a região tem um lençol freático raso que abastece os rios e reduz a suscetibilidade à escassez hídrica.

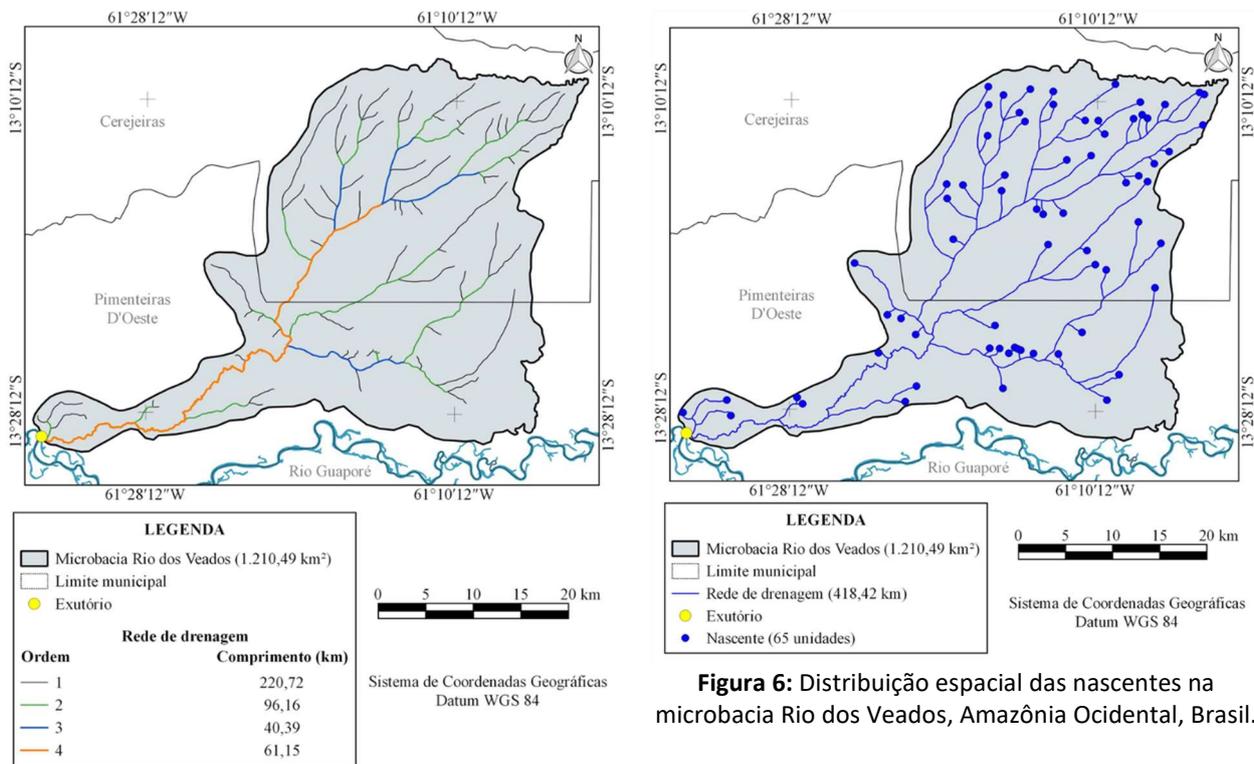


Figura 6: Distribuição espacial das nascentes na microbacia Rio dos Veados, Amazônia Ocidental, Brasil.

Figura 5: Rede e ordem de drenagem da microbacia Rio dos Veados, Amazônia Ocidental, Brasil.

O índice de sinuosidade confirma a formação de um canal principal retilíneo (Tabela 5), assim como o observado por Soares et al. (2019), no canal principal da microbacia do rio Santa Teresinha. Canais retilíneos têm menos suscetibilidade ao acúmulo de sedimentos e maior velocidade do fluxo hídrico, quando comparados a canais sinuosos com declividade equivalentes, por apresentarem menores quantidades de barreiras físicas.

O tempo de concentração de 30,64 h é maior com relação aos encontrados nas microbacias São Jorge (3,63 h) (adaptado de PACHECO et al., 2020), Médio Rio Escondido (4,46 h) (adaptado de VENDRUSCOLO et al., 2020a), Alto Rio Escondido (5,02 h) (adaptado de VENDRUSCOLO et al., 2020b) e Jacuri (8,14 h) (PANZA et al., 2020). O maior tempo de concentração da microbacia Rio dos Veados está associada ao maior comprimento do rio principal e menor amplitude altimétrica, tendo em vista que os rios principais das microbacias citadas têm comprimentos de 16,07 a 28,46 km e amplitudes altimétricas de 93 a 496 m.

Dinâmica da cobertura do solo na microbacia e zona ripária (1990 a 2020)

No ano de 1990 a cobertura do solo na microbacia Rio dos Veados era composta por 70,02% de campos nativos, 28,99% de floresta nativa, 0,82% de agropecuária e 0,17% de água, contudo, no ano de 2020, as áreas de campo nativo e floresta foram reduzidas para 59,40 e 24,99%, respectivamente, enquanto as áreas de agropecuária e água aumentaram, passando para 15,35 e 0,26%, respectivamente (Figura 7). Assim, constata-se que a área de agropecuária avançou principalmente sobre a área de campo nativo, e em menor proporção sobre a área de floresta nativa, inclusive dentro do Parque Estadual Corumbiara. O aumento da área de água está associado ao desmatamento nas áreas de floresta nativa, para implantação de sistemas

agropecuários, que permitiu a exposição dos recursos hídricos e a detecção por sensoriamento remoto, como constatado por Cavalheiro et al. (2015) na Zona da Mata Rondoniense.

A conversão de áreas com vegetação nativa para o desenvolvimento de atividades econômicas é muito comum no estado de Rondônia, sendo utilizadas como pastagem para a criação de bovinos (CAVALHEIRO et al., 2015; SOARES et al., 2020) ou destinadas ao agronegócio (soja e milho), sendo esta última predominante na região onde está localizada a microbacia (SANTOS et al., 2017).

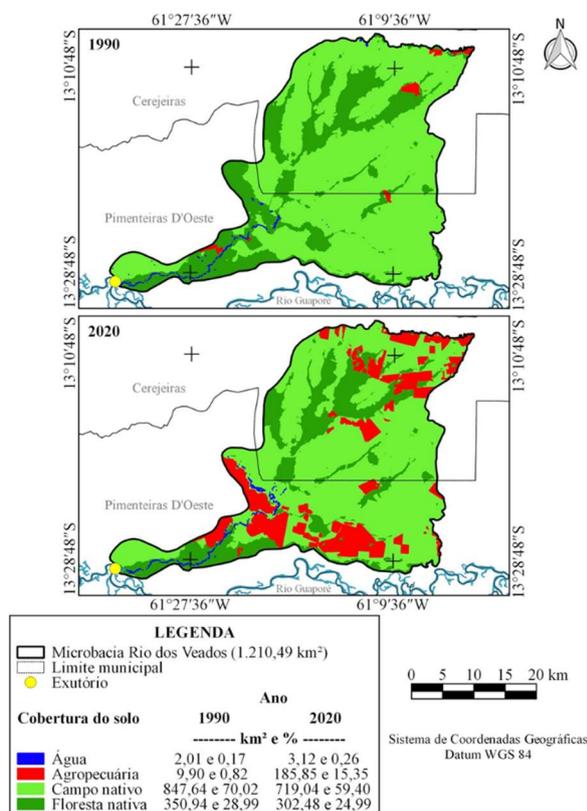


Figura 7: Dinâmica da cobertura do solo na microbacia Rio dos Veados (1990 e 2020), Amazônia Ocidental, Brasil.

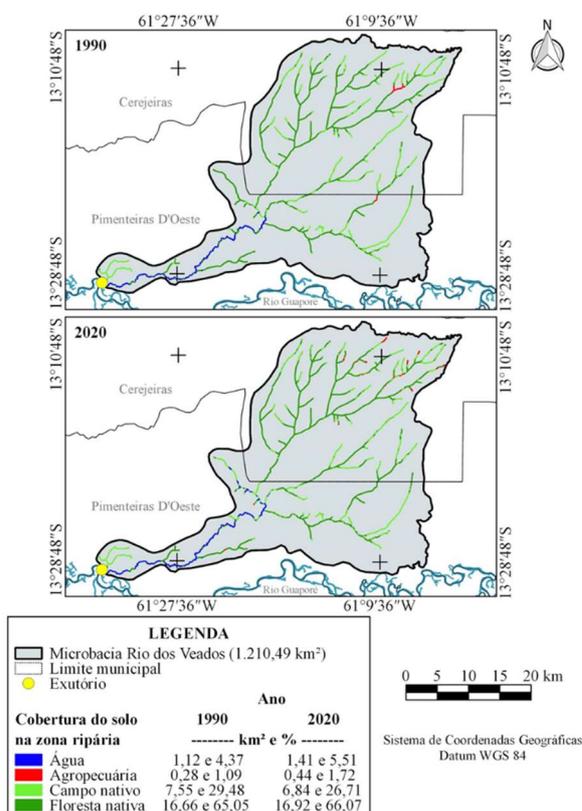


Figura 8: Dinâmica da cobertura do solo na zona ripária da microbacia Rio dos Veados (1990 e 2020), Amazônia Ocidental, Brasil.

Em outras microbacias localizadas no estado de Rondônia também foi observado o avanço da área de agropecuária sobre as áreas de vegetação nativa, chegando a ocupar 79,4% da microbacia Manicoré em 2015 (VENDRUSCOLO et al., 2019a), 81,59% da microbacia Jacuri em 2020 (PANZA et al., 2020), 71,49% da microbacia D'Alincourt em 2015 (SILVA et al., 2019) e 39,85% da microbacia Santa Teresinha em 2017 (SANTOS JÚNIOR et al., 2020). Em face ao exposto, é possível inferir que o avanço antrópico na microbacia Rio dos Veados foi relativamente menor, contudo, extremamente preocupante devido à alta suscetibilidade à contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos, por ser uma área com lençol freático raso e de inundações periódicas.

Com relação à dinâmica da cobertura na zona ripária da microbacia, constata-se o mesmo comportamento em relação ao observado na microbacia (Figura 8). O desmatamento da floresta nativa da zona ripária compromete a qualidade dos recursos hídricos, tendo em vista que a vegetação atua como filtro de sedimentos e contaminantes (TAMBOSI et al., 2015).

É importante lembrar que a microbacia está localizada dentro do pantanal Guaporé, e faz parte de

um “corredor úmido” que liga o pantanal Mamoré ao pantanal Mato-grossense (GUARIM NETO, 2010; SANTOS et al., 2017), considerado vital para a manutenção da biodiversidade (ADAMY, 2010). Em face ao exposto, recomenda-se tornar a microbacia Rio dos Veados área de preservação permanente de forma integral, por meio de uma declaração de interesse social elaborada pelo Chefe do Poder Executivo, com a finalidade de proteger áreas úmidas, várzeas e veredas, fauna e flora ameaçados de extinção, como disposto no Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012). O vale do rio Guaporé, é considerado uma das regiões mais importantes para a conservação da avifauna, residente e migratória, por concentrar uma considerável proporção de espécies ameaçadas de extinção, além de espécies endêmicas (SANTOS JÚNIOR et al., 2014).

CONCLUSÕES

A microbacia tem área de 1.210,49 km², perímetro de 205 km, forma alongada, altitudes entre 173 a 248 m, predominância de relevos suave ondulados e planos, baixa suscetibilidade a erosão do solo, baixa influencia a propagação de incêndios, padrão de drenagem dendrítico de 4ª ordem, alta condição para habitação de peixes, baixas densidades de nascentes e drenagem, alto coeficiente de manutenção, canal principal reto e elevado tempo de concentração.

No período de 30 anos (1990 a 2020) ocorreram reduções das áreas de floresta e campo nativo, e o aumento da área de agropecuária, tanto na microbacia quanto na zona ripária. É necessário recuperar a vegetação nativa nas áreas protegidas por Lei, inclusive em parte do Parque Estadual Corumbiara, e aumentar a frequência de monitoramento e a fiscalização das atividades antrópicas na região.

As características da paisagem na microbacia Rio dos Veados a tornam suscetível à contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos, comprometendo não só a qualidade da água, mas também todo ecossistema. Portanto, recomenda-se a inclusão desta microbacia na área do Parque Estadual Corumbiara, ou torná-la área de preservação permanente, de forma integral, por meio de uma declaração de interesse social elaborada pelo Chefe do Poder Executivo.

REFERÊNCIAS

ADAMY, A.. **Geodiversidade do estado de Rondônia**. Porto Velho: CPRM, 2010.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, L. M.; SPAROVEK, G.. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v.22, n.6, p.711–728, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T.. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.1, p.124-130, 2001. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1415-43662001000100023>

ASF. Alaska Satellite Facility. **Imagem do Satélite ALOS**. Fairbanks: Alaska Satellite Facility, 2017.

BELTRAME, A. V.. **Diagnóstico do meio ambiente físico de**

basias hidrográficas: modelo de aplicação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.. **Conservação do solo**. 9 ed. São Paulo: Icone, 2014.

BRASIL. **Lei Nº 12.651, 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação 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. Brasília: DOU, 2012.

CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; SANTOS, L. M. H.; SANTOS, A. M.. Impacto da colonização na Zona da Mata Rondoniense, Amazônia Ocidental-Brasil. *Revista Geográfica Venezuelana*, Mérida, v.56, p.41-57, 2015.

CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.. Importância de

estudos em bacias hidrográficas para o manejo sustentável dos recursos hídricos em Rondônia. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida, p.256-264, 2019.

CHRISTOFOLETTI, A.. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

FAIRFULL, S.; WITHERIDGE, G.. **Why do Fish Need to Cross the Road?** Fish Passage Requirements for Waterway Crossings. Sydney: NSW Fisheries, 2003.

FRANCA, R. R.. Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, v.11, n.1, p.44-58, 2015.

GUARIM NETO, G.; GUARIM, V. L. M. S.; NASCIMENTO, N. P. O.. Etnobotânica no Pantanal: O Saber Botânico Tradicional Pantaneiro. **Flovet**, Cuiabá, v.1, n.2, p.1-15, 2010.

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, 2015.

HORTON, R. E.. Drainage basin characteristics. **Transactions, American Geophysical Union**, v.13, n.1, p.350-361, 1932.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. **Catálogo de imagens**. Cachoeirinha Paulista: Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, 2020.

LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; VISCHI FILHO, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUIERA, D. S.. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

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. **Anais**. Palmas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2012.

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. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MANOEL, J. L.; ROCHA, P. C.. Levantamento e análise de padrões de drenagens das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1. **Anais**. Campinas: Instituto de Geociências Unicamp, 2017.

MIRA, S. F.; ROSA, D. M.; JOSÉ, T. H. S.; CAVALHEIRO, W. C. S.; STACHIW, R.; VENDRUSCOLO, J.. Caracterização geomorfométrica da sub-bacia do rio Comemoração, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida, p.152-166, 2019.

MOREIRA, M. A.. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

PACHECO, F. M. P.; VENDRUSCOLO, J.; RAMOS, F. H.; RODRIGUES, A. A. M.; CAVALHEIRO, W. C. S.; HARA, F. A. S.;

ROCHA, K. J.; SILVA, G. N.. Caracterização hidrogeomorfométrica da microbacia do rio São Jorge, Rondônia, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.1, p.4219-4236, 2020. DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv6n1-301>

PANZA, M. R.; DONEGÁ, M. V. B.; PACHECO, F. M. P.; NAGAO, E. O.; HARA, F. A. S.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.. Características da paisagem para manejo dos recursos naturais na microbacia do Rio Jacuri, Amazônia Ocidental, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.12, p.101532-101558, 2020. DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv6n12-592>

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

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Floresta**, Curitiba, v.38, n.3, p.561-572, 2008. DOI: <http://doi.org/10.5380/rr.v38i3.12430>

ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M.; MARCUZZO, F. F. N.. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.39, n.2, p.320-340, 2017. DOI: <http://doi.org/10.5902/2179460X26411>

SANTOS, A. M.; MOTA, V. C.. Análise espacial dos usos e da cobertura da terra no pantanal dos rios Guaporé e Mamoré/Rondônia. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v.5, n.3, p.433-452, 2017. DOI: <http://doi.org/10.3895/rbgeo.v5n3.5421>

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W.. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojão no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.7, n.3, p.195-211, 2012. DOI: <http://doi.org/10.4136/1980-993X>

SANTOS JÚNIOR, C. C.; ALVES, S. L.. Aves da Reserva Biológica do Guaporé, Rondônia, Brasil. SEMINÁRIO DE PESQUISA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 6. **Anais**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2014.

SANTOS JÚNIOR, N. R. F.; VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S.; SOARES, G. S.; BENTO, A. R.; ROSA, D. M.. Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Mutum-Paraná, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida, p.16-27, 2019.

SANTOS JÚNIOR, N.R. F.; SOARES, G. S.; MORETO, R. F.; MIRA, S. F.; VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S.; RODRIGUES, A. A. M.. Análise multitemporal da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazônia Ocidental, Brasil. **Geografía y Sistemas de Información Geográfica**, Luján, v.12, n.18, p.1-13, 2020.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H.. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

SILVA, A. F.; TRONCO, K. M. Q.; VENDRUSCOLO, J.; OLIVEIRA,

J. N.; CAVALHEIRO, W. C. S.; ROSA, D. M.; STACHIW, R.. Geoprocessamento aplicado a hidrogeomorfometria e índice de desflorestamento na microbacia do rio D'Alincourt, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida, p.210-225, 2019.

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

SIMÕES, C.; VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S.; ROSA, D. M.; STACHIW, R.; SANTANA, F. A.. Caracterização morfométrica da sub-bacia do Alto Rio Pimenta Bueno, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida, p.68-82, 2019.

SOARES, A. E. S.; VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S.; ROSA, D. M.. Índice de desmatamento do Território Central de Rondônia, de 1984 a 2017. **Geografía y Sistemas de Información Geográfica**, Luján, v.12, n.18, p.1-21, 2020.

SOARES, G. D. S.; SANTOS JÚNIOR, N. R. F. D.; MIRA, S. F. D.; MORETO, R. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M.. Uso de la plataforma SIG en la caracterización morfométrica de la microcuenca del río Santa Teresinha, Amazônia Occidental, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida, p.84-95, 2019.

STRAHLER, A. N.. Quantitative geomorphology of erosional landscapes. In: INTERNATIONAL GEOLOGIC CONGRESS, 19. **Annals**. Algiers, p.341-354, 1954.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. B.; 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. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010>

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. DOI: <http://doi.org/10.4136/1980-993X>

TUCCI, C. E. M.. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2007.

VASCONCELOS, T. B.; MARINHO, D. S.; VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S.; RODRIGUES, A. A. M.; STACHIW, R.. Hidrogeomorfometria da sub-bacia do rio Urupá, Amazônia Ocidental, Brasil. **Geografía y Sistemas de Información Geográfica**, Luján, v.12, n.16, p.1-16, 2020.

VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S.; ROSA, D. M.; STACHIW, R.; VENDRUSCOLO, R.; SIQUEIRA, A. S. S.; BIGGS, T.. Hidrogeomorfometria e desmatamento na microbacia do rio Manicoré, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida, p.226-241, 2019a.

VENDRUSCOLO, J.; PACHECO, F. M. P.; RODRIGUES, A. A. M.; RAMOS, H. F.; ROSA, D. M.; CAVALHEIRO, W. C. S.. Características morfométricas da microbacia do Médio Rio Escondido, Amazônia Ocidental, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.1, p.565-585, 2020a. DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv6n1-040>

VENDRUSCOLO, J.; PACHECO, F. M. P.; RAMOS, H. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; RODRIGUES, A. A. M.. 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, 2020b. DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv6n3-011>

VENDRUSCOLO, J.; STACHIW, R.; CAVALHEIRO, W. C. S.; ROSELL, E. C. F.; SOUZA, M. V. S. C.; ROSA, D. M.. Geomorfometria da sub-bacia do Alto Rio Jamari, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida, p.126-138, 2019b.

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

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustener Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.