

Artigo

Características da paisagem da microbacia do rio Gael: análise hidrogeomorfológica para o planejamento e gestão ambiental

Nathieli Silva Borges¹, Hericksson Henrique Brito de Oliveira², Gusthavo Francino Mariano³, Vanessa Mariano Freisleben⁴, Iris Lorrana Alexandre da Silva Oliveira⁵, Rafael Souza da Silva⁶, Jhony Vendruscolo^{7,*}

- ¹ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0009-0003-2291-8031, nathIELy.borges.18@gmail.com
 - ² Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0009-0004-9001-5042, HBrito173@gmail.com
 - ³ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0009-0009-6844-0807, gusthavofrancinounir@gmail.com
 - ⁴ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0009-0008-9799-7623, vanessamarianofreisleben@gmail.com
 - ⁵ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0009-0004-3658-4877, irisluar16@gmail.com
 - ⁶ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Discente do curso de Agronomia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0000-0002-0072-6536, rafaelSouza.agro@gmail.com
 - ⁷ Fundação Universidade Federal de Rondônia, Docente do Departamento de Engenharia Florestal, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil, ORCID 0000-0003-3043-0581, jhony@unir.br
- * Correspondência: jhony@unir.br

Citação: Borges, N.S.; Oliveira, H.H.B.; Mariano, G.F.; Freisleben, V.M.; Oliveira, I.L.A.S.; Silva, R.S.; Vendruscolo, J. Características da paisagem da microbacia do rio Gael: análise hidrogeomorfológica para o planejamento e gestão ambiental, Amazônia Ocidental, Brasil. *RBCA*, 2024, 13, 1. p.67-82.

Editor de Seção: Francisco Adilson dos Santos Hara e Nilson Junior Nilson
Reinaldo Fernandes dos Santos Junior
Recebido: 20/05/2023
Aceito: 29/12/2023
Publicado: 29/02/2024

Nota do editor: A RBCA permanece neutra em relação às reivindicações jurídicas em sites publicados e afiliações institucionais.



Copyright: © 2024 pelos autores. Enviado para possível publicação em acesso aberto sob os termos e condições da licença Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Resumo: Para alcançar o desenvolvimento sustentável, atividades antrópicas devem ser planejadas com base nas características da paisagem. Assim, objetivou-se com este trabalho, disponibilizar informações sobre as características hidrogeomorfológicas da microbacia do rio Gael. Estas informações foram adquiridas com geotecnologias e equações. A microbacia tem área de 12,04 km², perímetro de 18,06 km, formato alongado, altitudes de 375 a 472 m, predominância dos relevos ondulado (41,28%) e suave ondulado (41,41%), 85,22% da área classificada como baixa influência na propagação de incêndios, e 85,39% da área apta a extremamente apta à mecanização agrícola, padrão de drenagem dendrítico de 4º ordem, 7,39 nascentes km⁻² (média), densidade de drenagem de 3,01 km km⁻² (alta), coeficiente de manutenção de 332,6 m² m⁻¹ (médio), índice de sinuosidade de 35,27% (canal principal divagante) e tempo de concentração de 2,93 h (baixo). Conclui-se que a microbacia do rio Gael tem potencial para o desenvolvimento de atividades agropecuárias e florestais, incluindo policultivo e mecanização agrícola (maior parte da área). Recomenda-se a adoção de práticas conservacionistas para favorecer a conservação do solo e da água, e estudos sobre análise da cobertura do solo, para auxiliar no planejamento e gestão ambiental.

Palavras-chave: Geotecnologias; Potencial agropecuário e florestal; Desenvolvimento sustentável; Amazônia Ocidental.

Abstract: To achieve sustainable development, human activities must be planned based on landscape characteristics. Thus, the objective of this work was to provide information on the hydrogeomorphometric characteristics of the Gael river microbasin. This information was acquired with geotechnologies and equations. The microbasin has an area of 12.04 km², perimeter of 18.06 km, elongated shape, altitudes from 375 to 472 m, predominance of wavy relief (41.28%) and soft-wavy (41.41%), 85.22 % of the area classified as low influence on the spread of fires, and 85.39% of the area

apt to extremely apt for agricultural mechanization, 4th order dendritic drainage pattern, 7.39 springs km⁻² (average), drainage density of 3.01 km km⁻² (high), maintenance coefficient of 332.6 m² m⁻¹ (medium), sinuosity index of 35.27% (wandering main channel) and concentration time of 2.93 h (low). It is concluded that the Gael river microbasin has potential for the development of agricultural/livestock and forestry activities, including polyculture and agricultural mechanization (most of the area). It recommended the adoption of conservationist practices to favor soil and water conservation, and studies on soil cover analysis, to assist in environmental planning and management.

Keywords: Geotechnologies; Agricultural and forestry potential; Sustainable development; Western Amazon.

1. Introdução

A microbacia do rio Gael, está localizada no município de Alto Alegre dos Parecis, estado de Rondônia, pertence a sub-bacia do rio Branco e bacia do rio Guaporé, conta com 20 estabelecimentos agropecuários privados (INCRA, 2018) e suas águas fluem para a Reserva Indígena Rio Branco e Reserva Biológica do Guaporé. E apesar da grande importância socioeconômica e ambiental da microbacia, não existem informações sobre as características da sua paisagem para subsidiar o planejamento e gestão ambiental da região.

As microbacias são responsáveis pela captação e drenagem da água da chuva e, consequentemente, para a manutenção da vazão dos rios e lagos (TUCCI, 2004). Por esse motivo as microbacias têm grande importância na manutenção dos ecossistemas e na garantia de disponibilidade de água, sustentabilidade ambiental e qualidade de vida das comunidades, e são frequentemente utilizadas como unidades de planejamento e gestão ambiental (BANDEIRA *et al.*, 2022; CAVALHEIRO *et al.*, 2022a; SANTOS JUNIOR *et al.*, 2022a; SILVA *et al.*, 2022).

As características hidrogeomorfológicas das microbacias permitem analisar o potencial agropecuário e, quando comparadas com a análise da cobertura do solo, possibilitam a identificação das regiões prioritárias para a conservação da vegetação nativa e dos recursos hídricos (BARBOSA *et al.*, 2021; VENDRUSCOLO *et al.*, 2022a). Essas informações são adquiridas com o uso de geotecnologias, de forma ágil, com pouco recurso financeiro e pouca mão-de-obra (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2022b).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, disponibilizar informações sobre as características geométricas, topográficas e hidrográficas da microbacia do rio Gael, para auxiliar o desenvolvimento sustentável da região.

2. Material e Métodos

2.1 Localização e características gerais da área de estudo

A microbacia do rio Gael está inserida na sub-bacia do rio Branco e bacia do rio Guaporé, localizada no município de Alto Alegre dos Parecis (Figura 1). A região tem clima classificado como Tropical com inverno seco (Aw) (BECK *et al.*, 2018), temperaturas médias entre 24 e 26 °C (ALVARES *et al.*, 2013), precipitações de 1.728,9 a 1.843,7 mm ano⁻¹, concentrada nos meses de novembro a março (FRANCA, 2015), litologia formada por rochas metamórficas (69,93%) e ígneas (30,07%) (CPRM, 2021) e solos classificados como Latossolos Vermelhos eutróficos (SEDAM, 2002).

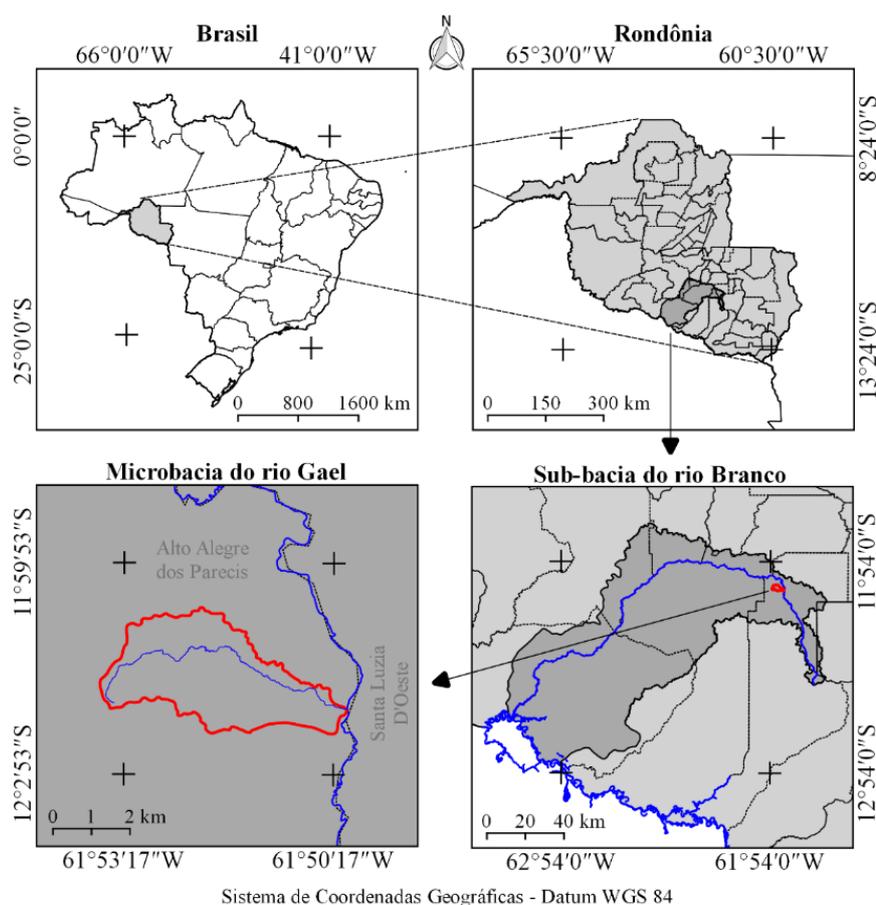


Figura 1. Localização da microbacia do rio Gael, Amazônia Ocidental, Brasil.

2.2 Metodologia

As características analisadas foram: geométricas (área, perímetro, fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade), topográficas (altitude e declividade) e hidrográficas (padrão de drenagem, ordem dos rios, densidade de nascentes, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, índice de sinuosidade e tempo de concentração). Para a aquisição destas informações e elaboração dos mapas, foram utilizados os softwares QGIS 2.10.1 (versão Pisa), Google Earth e TrackMaker Free, equações e imagens altimétricas registradas pelo satélite ALOS (sensor Palsar) (ASF, 2021). O processamento foi executado em quatro etapas, sendo estas:

1ª Etapa – Características geométricas

Área e perímetro da microbacia: inicialmente foi delimitado o perímetro da microbacia utilizando a 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 a imagem altimétrica, de forma automática. O arquivo matricial gerado no TauDEM foi transformado para o formato vetorial (ferramenta “poligonizar”), em seguida, dissolvido (ferramenta “dissolver”), suavizado (ferramenta “simplificar geometria”) e ajustado no software Google Earth, considerando as características da rede de drenagem e relevo. Após isso, foram calculados a área e o perímetro com a ferramenta “calculadora de campo”.

Fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade: estes parâmetros foram calculados com as equações 1 (VILLELA; MATTOS, 1975), 2 (CHRISTOFOLETTI, 1980) e 3 (VILLELA; MATTOS, 1975), e comparados com dados da literatura (Tabela 1).

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

Em que: F = fator de forma; A = área da microbacia (km²); L = comprimento do eixo da microbacia (km).

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

Em que: Ic = índice de circularidade; A = área da microbacia (km²); P = perímetro da microbacia (km).

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

Em que: Kc = coeficiente de compacidade; A = área da microbacia (km²); P = perímetro da microbacia (km).

Tabela 1. Classificação dos parâmetros fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade.

Parâmetro	Limite	Classe
Fator de forma ¹	< 0,50	Não sujeito a enchentes
	0,50 – 0,75	Tendência média a enchentes
	0,76 – 1,00	Sujeito a enchentes
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 enchentes
	1,26 – 1,50	Tendência média a enchentes
	> 1,50	Não sujeito a enchentes

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

2ª Etapa – Características topográficas

Altitude: as altitudes mínima e máxima foram obtidas diretamente das imagens altimétricas, e a altitude média foi mensurada com a ferramenta “estatística por zona”.

Declividade: mensurada com a ferramenta “modelo digital de elevação”, em seguida foi classificada para a aquisição de informações relacionadas ao relevo, influencia na propagação de incêndios e aptidão à mecanização agrícola (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação do relevo, influencia na propagação de incêndios e aptidão à mecanização agrícola em função da declividade (%).

Parâmetro	Classe	Declividade (%)
Relevo ¹	Plano	0-3
	Suave ondulado	3-8
	Ondulado	8-20
	Forte ondulado	20-45
	Montanhoso	45-75
	Escarpado	> 75
Influência na propagação de incêndios ²	Baixa	≤ 15
	Moderada	16-25
	Alta	26-35
	Muito alta	36-45
Aptidão à mecanização agrícola ³	Extremamente alta	> 45
	Extremamente apta	0-5,0
	Muito apta	5,1-10,0
	Apta	10,1-15,0
	Moderadamente apta	15,1-20,0
	Não apta	> 20,0

Fonte: ¹Santos *et al.* (2013); ²Ribeiro *et al.* (2008); ³Höfig; Araujo-Junior (2015).

3ª Etapa – Características hidrográficas

Padrão de drenagem, ordem dos rios e nascentes: inicialmente foram gerados os cursos d'água por meio de trilhas, utilizando a ferramenta "adicionar caminho" do software Google Earth. As trilhas foram salvas em formato KML (Keyhole Markup Language), unidas com a ferramenta "Lápis" no software TrackMaker Free e convertidas para o formato Shapefile (SHP) no software QGIS. Em seguida, foi identificado o padrão de drenagem, comparando a distribuição espacial da rede de drenagem da área em estudo com os dados de Parvis (1950), e classificada a ordem dos rios com a ferramenta "strahler". As nascentes foram extraídas com a ferramenta "Stream feature extractor".

Densidade de nascentes, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, índice de sinuosidade e tempo de concentração: estes parâmetros foram calculados com as equações 4 (SANTOS et al., 2012), 5 (HORTON, 1932), 6 (CHRISTOFOLETTI, 1980), 7 (VILLELA; MATTOS, 1975) e 8 (KIRPICH, 1940, apud TARGA et al., 2012).

$$Dn = \frac{N}{A} \quad (4)$$

Em que: Dn = densidade de nascentes (nascentes km⁻²); N = número de nascentes; A = área da microbacia (km²).

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

Em que: Dd = densidade de drenagem (km km⁻²); L = comprimento da rede de drenagem (km); A = área da microbacia (km²).

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

Em que: Cm = coeficiente de manutenção (m² m⁻¹); Dd = densidade de drenagem (km km⁻²).

$$Is = \frac{L - Dv}{L} \times 100 \quad (7)$$

Em que: Is = índice de sinuosidade (%); L = comprimento do canal principal (km); Dv = distância vetorial do canal principal (km).

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

Em que: Tc = tempo de concentração (minutos); L = comprimento do talvegue principal (km); H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m).

Os parâmetros de ordem dos rios, densidade de nascentes, densidade de drenagem e índice de sinuosidade foram classificados de acordo com a literatura (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação das características hidrográficas.

Parâmetro	Unidade	Classe	Limite
Ordem dos rios ¹	-	Rio pequeno	1-3
		Rio médio	4-6
		Rio Grande	7-10
Ordem dos rios ²	Unidades	Elevada probabilidade de secar no período de estiagem	1
		Moderada probabilidade de secar durante o período de estiagem	2
		Baixa probabilidade de secar durante o período de estiagem	3
		Improvável probabilidade de secar durante a estação de estiagem	≥ 4
Densidade de nascentes ³	Nascentes km ⁻²	Baixa	< 3
		Média	3-7
		Alta	7-15

		Muito alta	> 15
Densidade		Baixa	< 0,50
de	km km ²	Média	0,50-2,00
drenagem ⁴		Alta	2,00-3,50
		Muito alta	> 3,50
Índice		Muito reto	< 20
de	%	Reto	20-29
sinuosidade ⁵		Divagante	30-39
		Sinuoso	40-50
		Muito sinuoso	> 50

Fonte: ¹Vannote *et al.* (1980); ²Adaptado de Fairfull; Witheridge (2003); ³Lollo (1995); ⁴Beltrame (1994); ⁵Romero; Formiga; Marcuzzo (2017).

4^a Etapa: Elaboração dos mapas

Para auxiliar a interpretação dos resultados, foram elaborados os mapas de altitude, relevo, influência na propagação de incêndio, aptidão à mecanização agrícola, rede e ordem de drenagem e distribuição espacial das nascentes, utilizando a ferramenta “novo compositor de impressão”, e o Sistema de Coordenadas Geográficas – Datum WGS 84.

3. Resultados e Discussão

3.1 Características geométricas

O resultado das características geométricas mostra que a microbacia do rio Gael tem área de 12,04 km², perímetro de 18,06 km, fator de forma de 0,14, índice de circularidade 0,46 e coeficiente de compacidade de 1,44. O índice de circularidade indica que a microbacia tem formato alongado. Este formato está relacionado com a declividade do terreno, visto que, regiões de encostas mais íngremes apresentam canais de drenagem mais espaçados (SCHUMM, 1956). O fator de forma e o coeficiente de compacidade denotam que a microbacia tem baixa a média susceptibilidade a enchentes (ponto de vista geométrico), tendo em vista que, segundo Villela e Mattos (1975), existe menor possibilidade de as chuvas abrangerem toda sua extensão simultaneamente, quando comparada com uma microbacia de formato circular de área equivalente. As microbacias com formatos alongados possuem ocorrências frequentes no Estado de Rondônia, a exemplo das microbacias Jacuri (PANZA *et al.*, 2020) e Paraíso (LIMA *et al.*, 2021).

Além desses fatores, outros parâmetros também influenciam na ocorrência de enchentes e devem ser levados em consideração, como o tempo de concentração que é utilizado para a caracterização da resposta de microbacias em função a ocorrências de precipitações (JUNG, MARPU; OUARDA, 2017), e será discutido posteriormente.

3.2 Características topográficas

A microbacia apresenta altitudes variando de 375 a 472 m (Figura 2), com média de 414 m e amplitude altimétrica de 97 m. A altitude exerce um papel importante nas condições térmicas do ambiente, influenciando nas mudanças do clima, na formação dos solos e, como consequência, na adaptação das espécies animais e vegetais e na aptidão para vários sistemas de uso da terra (FRITZSONS; WHEGE; MANTOVANI, 2015). E por esse motivo a altitude exerce uma importante função na pré-seleção de espécies vegetais de potencial econômico, como pode ser constatado no trabalho de Bourke (2010).

A faixa de altitude da microbacia do rio Gael (375 a 472 m) permite o cultivo de pelo menos 26 espécies vegetais de interesse econômico na região (*Persea americana* - abacate, *Ananas comosus* - abacaxi, *Cucurbita moschata* - abóbora, *Theobroma cacao* - cacau, *Passiflora edulis* - maracujá, *Citrus sinensis* - laranja, *Phaseolus vulgaris* - feijão, *Solanum lycopersicum* - tomate, *Solanum melongena* - berinjela, *Glycine max* - soja, *Citrus reticulata* - tangerina, *Abelmoschus esculentus* - quiabo, *Capsicum annum* - pimentão, *Cucumis sativus* - pepino, *Man-*

gifera indica - manga, *Manihot esculenta* - mandioca, *Psidium guajava* - goiaba, *Zingiber officinale* - gengibre, *Saccharum officinarum* - cana-de-açúcar, *Coffea canephora* - café conilon, *Musa spp.* - banana, *Ipomoea batatas* - batata-doce, *Arachis hypogaea* - amendoim, *Zea mays* - milho, *Piper nigrum* - pimenta-do-reino, *Annona muricata* - graviola, e *Citrus limon* - limão) (BOURKE, 2010). Essas espécies também foram registradas pelo IBGE (2023) e podem ser encontradas facilmente nas feiras da região, portanto, confirma-se o potencial da altitude como fator importante para o zoneamento da aptidão agrícola da região.

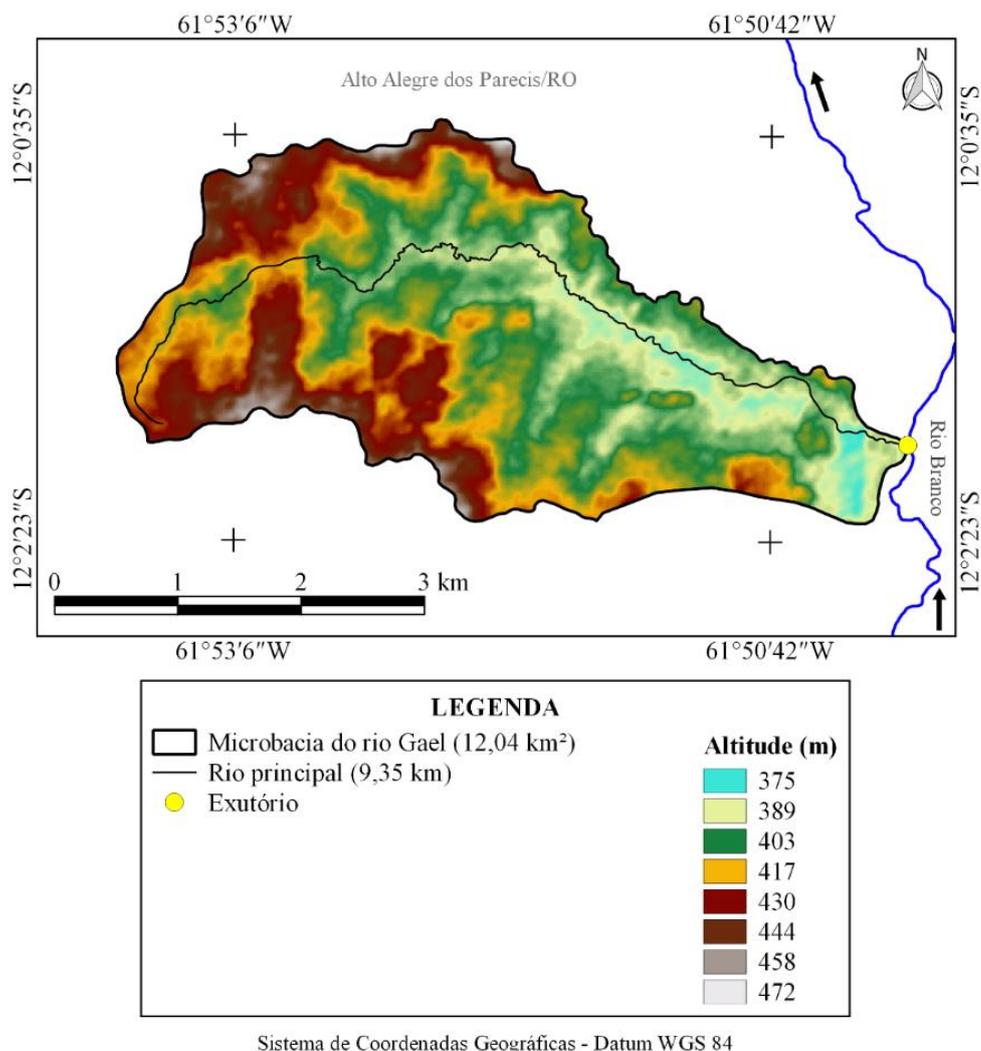


Figura 2. Altitude da microbacia do rio Gael, Amazônia Ocidental, Brasil.

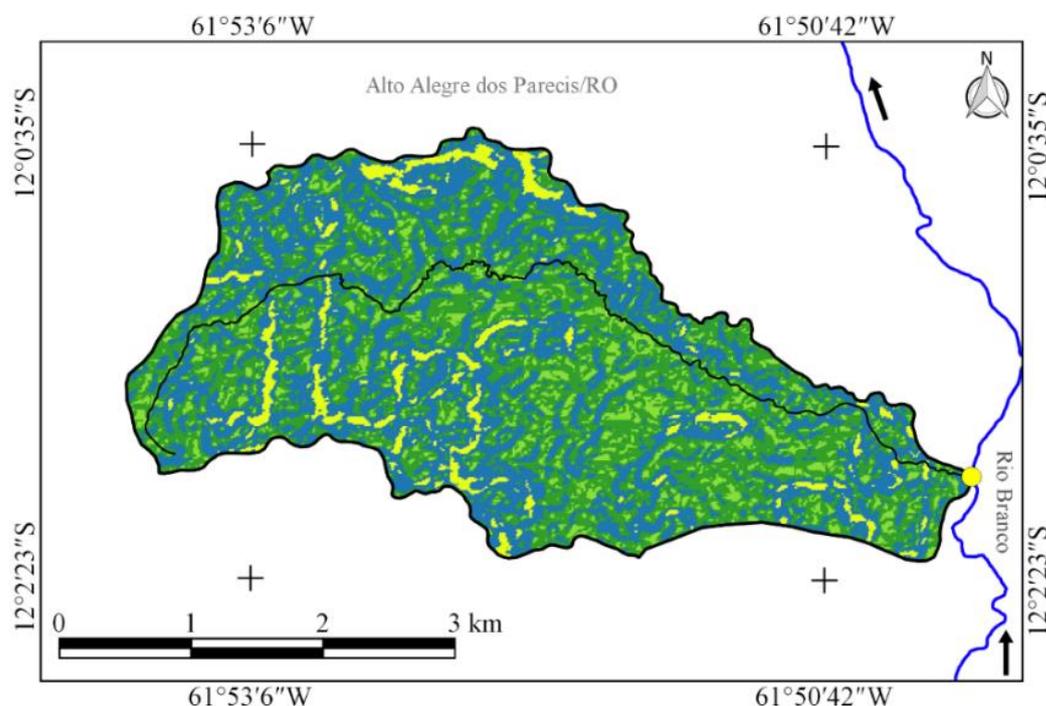
A declividade da microbacia varia de 0 a 47%, formando relevos planos a montanhosos, porém com predomínio das classes suave ondulado (41,41%) e ondulado (41,28%) (Figura 3). A elevação da declividade influencia no processo erosivo do solo, devido ao aumento do escoamento superficial da água (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014), o que irá reduzir a capacidade de infiltração de água no solo (ZONTA *et al.*, 2012). Portanto, é extremamente importante a adoção das práticas conservacionistas (Tabela 4) para mitigação os processos erosivos, evitar a degradação do solo, reduzir a perda de água, e garantir a capacidade produtiva do solo.

Tabela 4. Práticas conservacionistas recomendadas para a microbacia do rio Gael, Amazônia Ocidental, Brasil.

Relevo	Caráter	Prática conservacionista
--------	---------	--------------------------

Plano	Vegetativo Edáfico Mecânico	Cobertura morta e cultivo em faixas Calagem e adubação* Plantio em contorno e terraceamento
Suave ondulado	Vegetativo Edáfico Mecânico	Cobertura morta e cultivo em faixas Calagem e adubação* Terraceamento de base larga e distribuição racional de caminhos
Ondulado	Vegetativo Edáfico Mecânico	Cobertura morta, cultivo em faixas e reflorestamento Calagem e adubação*, adubação verde Plantio em contorno, terraceamento
Forte ondulado	Vegetativo Edáfico Mecânico	Manutenção da floresta nativa, quebra-ventos e reflorestamento Adubação e calagem*, controle do fogo Plantio em contorno e distribuição racional de caminhos
Montanhoso	Vegetativo Edáfico Mecânico	Manutenção da floresta nativa, quebra-ventos e reflorestamento Calagem e adubação*, controle do fogo Plantio em contorno e distribuição racional de caminhos

*Mediante análise de solo. **Fonte:** Adaptado de Bertoni e Lombardi Neto (2014).



LEGENDA			
	Declividade	Relevo	Área
	-- % --		km ² e %
Microbacia do rio Gael (12,04 km ²)	0-3	Plano	1,40 e 11,63
Rio principal (9,35 km)	3-8	Suave ondulado	4,95 e 41,41
Exutório	8-20	Ondulado	4,97 e 41,28
	20-45	Forte ondulado	0,71 e 5,90
	45-47	Montanhoso	0,01 e 0,08

Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 3. Relevo da microbacia do rio Gael, Amazônia Ocidental, Brasil.

A influência na propagação de incêndios variou de baixa (85,22% da área total) a extremamente alta (0,08% da área total) (Figura 4). Diante das características apresentadas, recomenda-se ações preventivas, como a educação ambiental e construção de aceiros nas áreas mais declivosas (relevo ondulados).

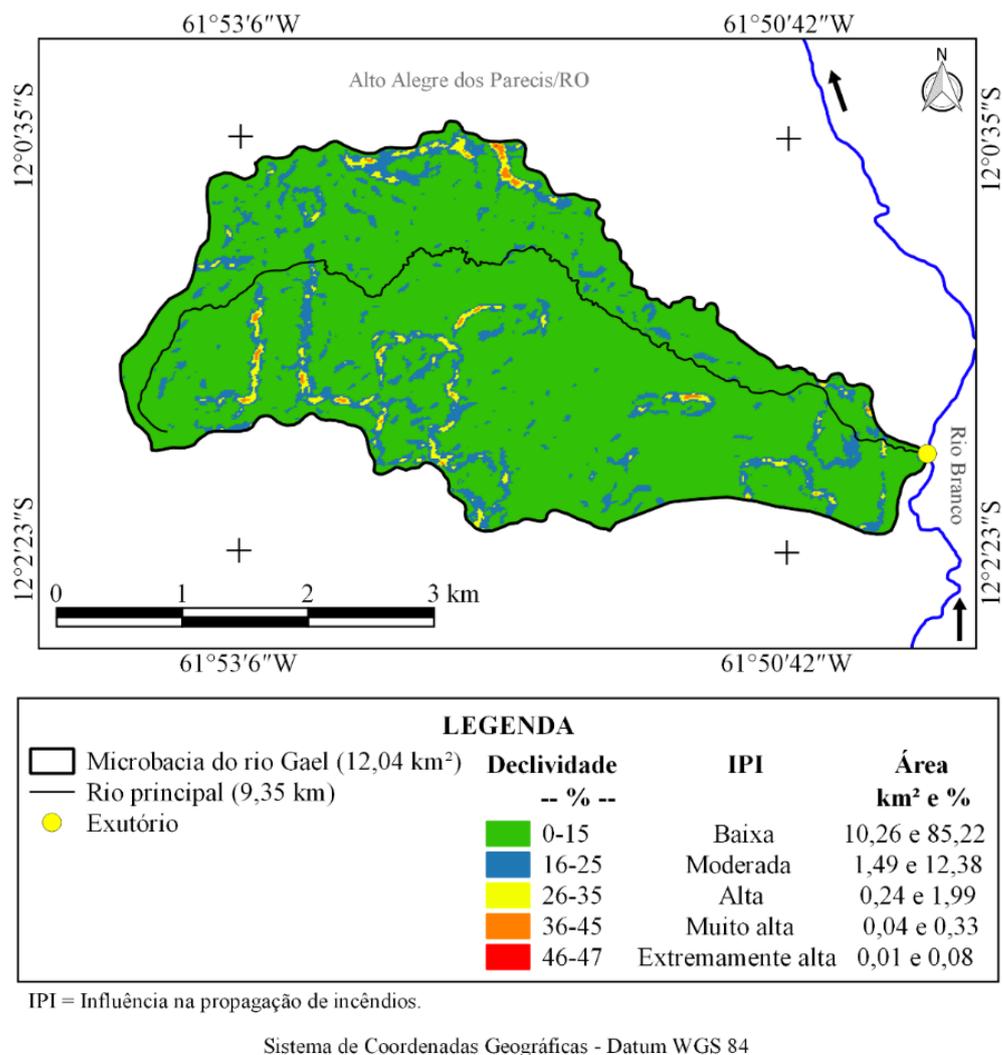
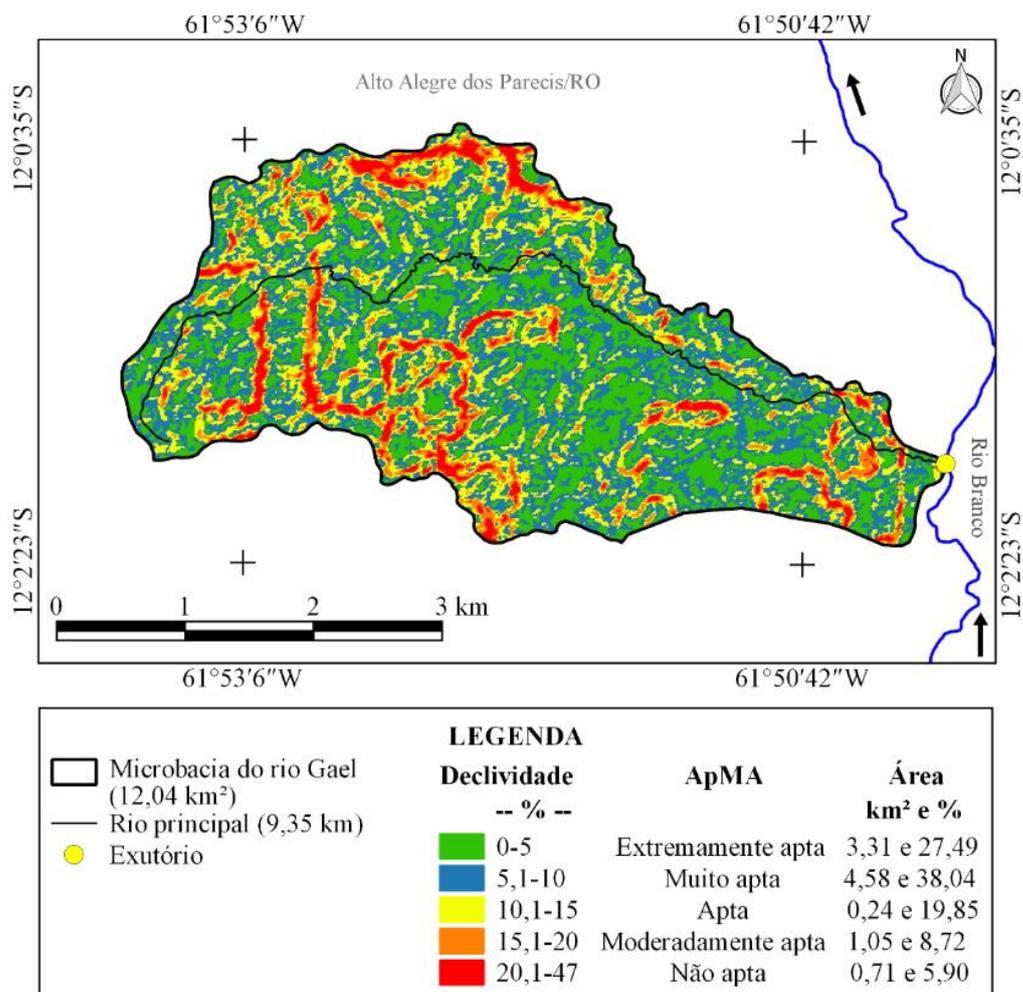


Figura 4. Influência na propagação de incêndios da microbacia do rio Gael, Amazônia Ocidental, Brasil.

Com relação a aptidão à mecanização agrícola, varia de extremamente apta a não apta, com predomínio das classes muito apta (38,04% da área total), extremamente apta (27,49% da área total) e apta (19,85% da área total) (Figura 5). As informações mostram que a maior parte da área da microbacia é apta à mecanização agrícola, permitindo a utilização de várias técnicas de cultivo e práticas de forma mecanizada (gradagem, plantio, colheita entre outras) e tornando a região propícia para a prática de atividades agrícolas que requerem o uso de mecanização. De acordo com dados do IBGE (2023), nos últimos 5 anos ocorreu o aumento constante da área plantada de milho e soja mecanizada no município de Alto Alegre dos Parecis, onde está localizada a microbacia em estudo. Portanto, essa é uma característica extremamente desejável para a região, que permite, além da mecanização agrícola, a valorização da terra.



ApMA = Aptidão à mecanização agrícola.

Sistema de Coordenadas Geográficas - Datum WGS 84

Figura 5. Aptidão à mecanização agrícola da microbacia do rio Gael, Amazônia Ocidental, Brasil.

3.3 Características hidrográficas

A microbacia do rio Gael apresenta uma rede de drenagem de 36,2 km, padrão de drenagem dendrítico, hierarquia fluvial de 4ª ordem (Figura 6), 89 nascentes (Figura 7), 7,39 nascentes km⁻² (Figura 7), densidade de drenagem de 3,01 km km⁻², coeficiente de manutenção de 332,6 m² m⁻¹, índice de sinuosidade de 35,27% e um tempo de concentração de 2,93 h.

De acordo com Horton (1945), o padrão dendrítico é comum em regiões com topografia suave, onde a água se move lentamente e forma vales pouco profundos. O autor sugeriu que esse padrão é uma resposta à uniformidade da resistência ao fluxo de água na bacia. Esse tipo de padrão pode ser observado em outras microbacias na região do Guaporé, como nos rios Ariranha (VENDRUSCOLO *et al.*, 2022b), Cachara (VENDRUSCOLO *et al.*, 2022a), Formoso (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2022c), Rio das Garças (VENDRUSCOLO *et al.*, 2021) e Tracajá (CAVALHEIRO *et al.*, 2022a).

A 4ª ordem dos rios comprova a formação de um rio de porte médio próximo ao exutório. Por ter 4 ordens existem condições variadas para a criação de peixes, sendo elas: improvável para a criação de peixes por apresentar elevada probabilidade de secar durante o período de estiagem (1ª ordem = 13,47 km), baixas condições favoráveis à criação de peixes por apresentar moderada probabilidade de secar durante o período de estiagem (2ª ordem = 11,79 km), moderadas condições à criação de peixes por apresentar baixa pro-

babilidade de secar durante o período de estiagem (3ª ordem = 4,09 km), e elevadas condições para a criação de peixes por não apresentar probabilidade de secar durante o período de estiagem (4ª ordem = 6,86 km). O trecho de 4ª ordem é a região mais propícia para a realização de atividades envolvendo as áreas de piscicultura e irrigação, sendo necessários estudos em campo para confirmar essas hipóteses e observar as melhores formas de implantá-las.

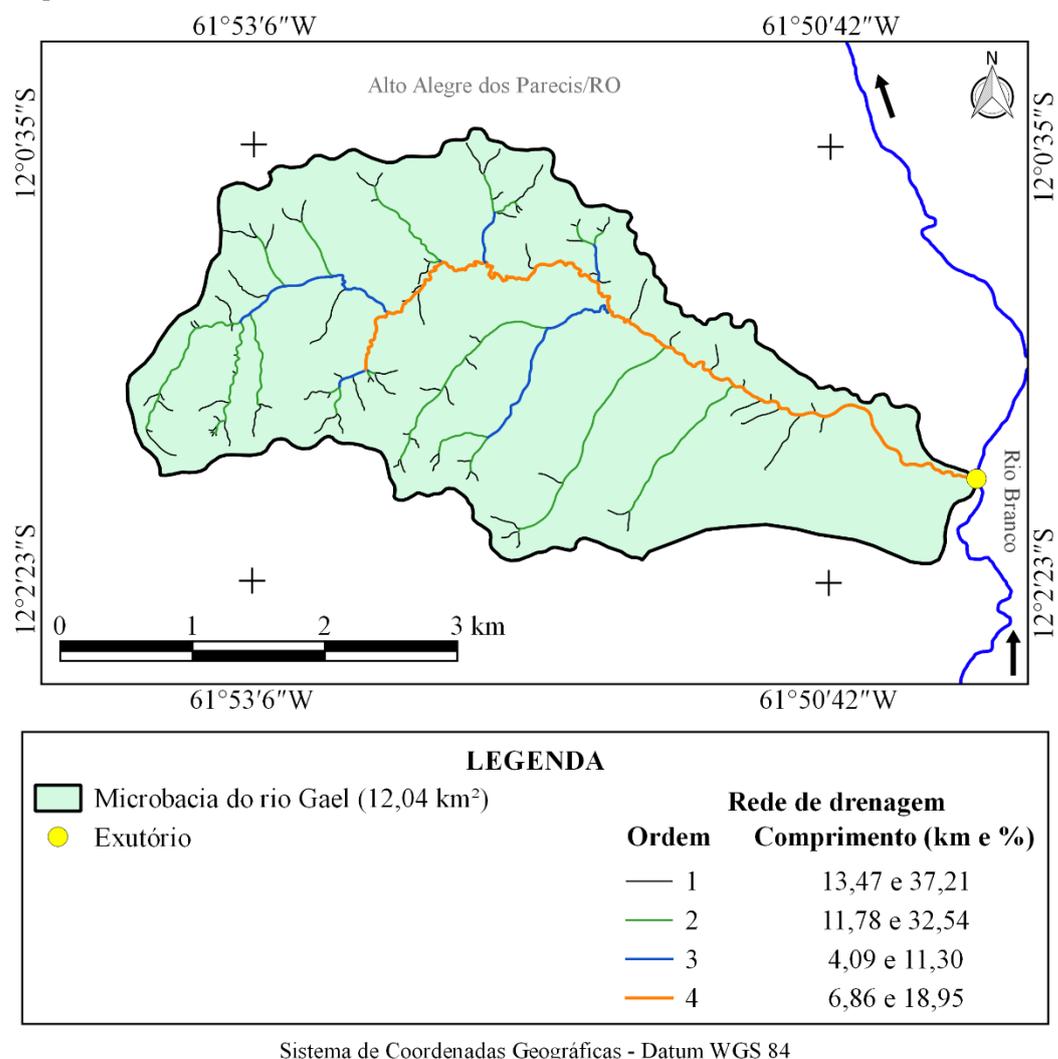


Figura 6. Rede e ordem de drenagem da microbacia do rio Gael, Amazônia Ocidental, Brasil.

As densidades de nascentes e de drenagem são consideradas média e alta, respectivamente, o que aponta a média capacidade da microbacia de gerar novos cursos d'água, além de apresentar boa disponibilidade de água. O mesmo pode ser observado nas microbacias dos rios Corumbiarinha (VENDRUSCOLO *et al.*, 2022c) e Tambiú (BARBOSA *et al.*, 2021). Essas características estão ligadas à litologia da região, que é formada por rochas ígneas e ígneas/metamórficas. Segundo Cherem *et al.* (2020), áreas com alta densidade de drenagem são oriundas de material litológico de baixa permeabilidade, o que as torna mais suscetível a erosão hídrica.

O coeficiente de manutenção da microbacia do rio Gael, confirma a necessidade de 332,6 m² de área para manter perene cada metro de curso d'água. Este valor é baixo quando comparado com os valores dos coeficientes das microbacias dos rios Terra Nova (561,9 m² m⁻¹) (CAVALHEIRO *et al.*, 2022b) e Jabuti (435,8 m² m⁻¹) (BANDEIRA *et al.*, 2022), e alto quando comparado com as microbacias dos rios Tucunaré (230,8 m² m⁻¹) (SILVA *et*

al., 2022) e Segredo ($221,6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-1}$) (SILVA *et al.*, 2021a). Portanto, o coeficiente de manutenção da microbacia do rio Gael é considerado médio.

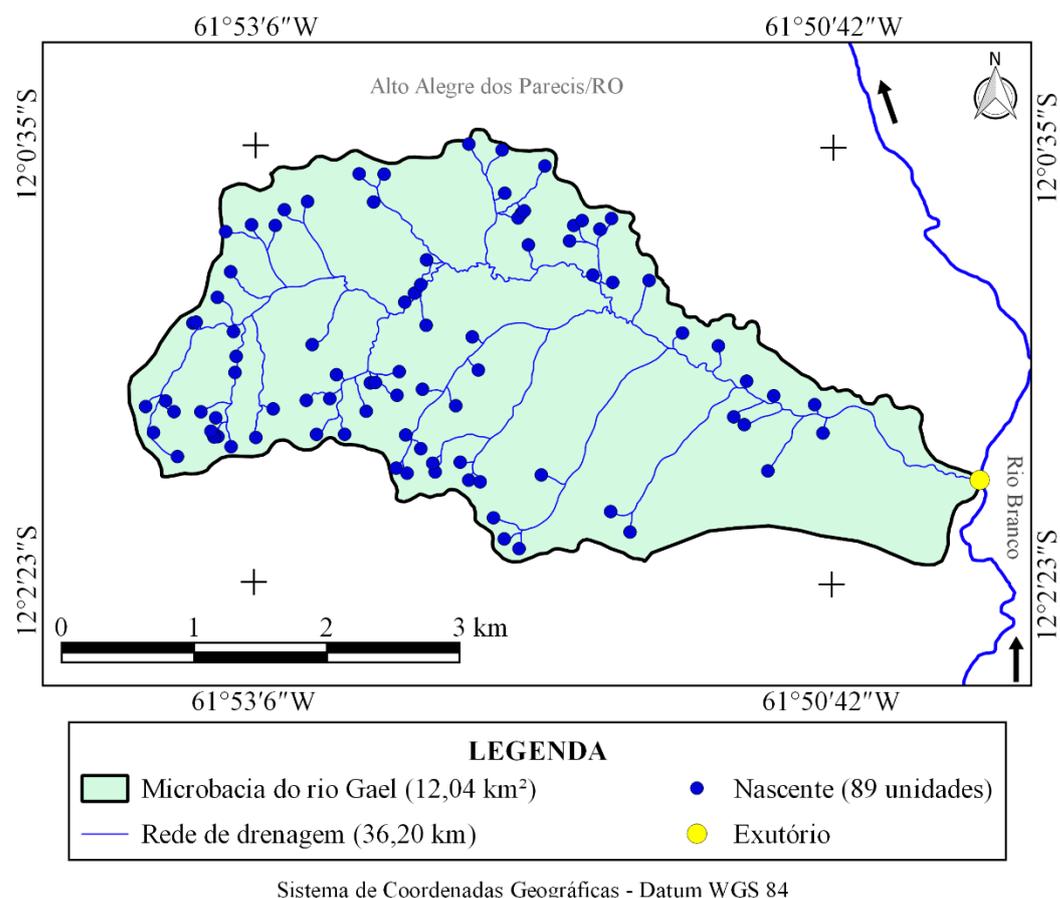


Figura 7. Distribuição espacial das nascentes na microbacia do rio Gael, Amazônia Ocidental, Brasil.

O índice de sinuosidade (35,29%) comprova a formação de um canal principal divagante, este tipo de canal não é muito comum. Esta característica está ligada à litologia da região, que tendem a apresentar acúmulos de sedimentos, esses acúmulos ocorrem nas partes internas dos meandros e são essenciais para a formação de praias de água doce, além de serem muito utilizados por algumas espécies de tartarugas como berçários naturais (FERREIRA JÚNIOR., 2009). Este tipo de canal também pode ser encontrado em outras microbacias pertencentes à bacia do rio Guaporé, como as microbacias dos rios Águas Claras (SANTOS *et al.*, 2021), Cutia (SILVA *et al.*, 2021b) e Terra Nova (CAVALHEIRO *et al.*, 2022b), com valores de 32,55, 35,37 e 30,08%, respectivamente.

O tempo de concentração mostra que são necessárias apenas 2,93 h para que a água precipitada se desloque do ponto mais distante da microbacia até o exutório. Este valor pode ser considerado baixo, sabendo-se que os eventos de chuva no estado de Rondônia ultrapassam o período de 2,93 h (SOUZA *et al.*, 2014). Essa característica está associada principalmente com o curto comprimento do rio principal (9,35 km). Logo, a microbacia do rio Gael pode tornar-se suscetível a formação de enchentes se a duração da precipitação exceder o tempo de concentração e a intensidade de precipitação exceder a capacidade de infiltração de água no solo. Assim, recomendam-se estudos para obtenção de informações a respeito da intensidade de precipitação e capacidade de infiltração de água no solo da microbacia, para confirmar sua suscetibilidade a enchentes.

4. Conclusão

A microbacia do Gael tem área de 12,04 km², perímetro de 18,06 km, formato alongado, altitudes de 375 a 472 m, predominância dos relevos ondulado (41,28%) e suave ondulado (41,41%), 85,22% da área classificada como baixa influência na propagação de incêndios, e 85,39% da área apta a extremamente apta à mecanização agrícola. A rede de drenagem tem 36,20 km, padrão de drenagem dendrítico, hierarquia fluvial de 4º ordem, 7,39 nascentes km⁻² (média), densidade de drenagem de 3,01 km km⁻² (alta), coeficiente de manutenção de 332,6 m² m⁻¹ (médio), índice de sinuosidade de 35,27% (canal principal divagante) e um tempo de concentração de 2,93 h (baixo).

As características hidrogeomorfológicas confirmam o potencial para o desenvolvimento de atividades agropecuárias e florestais, incluindo a implantação de sistemas de policultivo (ex: sistemas agroflorestais, agrossilvipastoris e silvipastoris) e a mecanização agrícola na maior parte da área. Em prol do desenvolvimento sustentável, é recomendado a adoção de práticas conservacionistas (vegetativas, edáficas e mecânicas). Também são recomendados estudos sobre a dinâmica espacial e temporal da cobertura do solo, para entender o processo de uso e ocupação do solo e delimitar as áreas prioritárias para a manutenção da vegetação nativa, visando a conservação dos recursos hídricos.

Contribuições dos autores: Nathiely Silva Borges: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Hericksson Henrique Brito de Oliveira: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Gusthavo Francino Mariano: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Vanessa Mariano Freisleben: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Iris Lorrana Alexandre da Silva Oliveira: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Rafael Souza da Silva: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação. Jhony Vendruscolo: Aquisição dos dados, interpretação e discussão dos resultados, revisão e formatação.

Agradecimentos: o nome desta microbacia é em homenagem a Gael Ruiz Vendruscolo, nascido no ano de 2023. Cada sorriso do Gael nos mostra a importância de conservar os recursos naturais para a manutenção da qualidade de vida desta e das próximas gerações. Aos grupos de pesquisa de Geoprocessamento e Meio Ambiente (GEOMA), e Recuperação de Ecossistemas e Produção Florestal (REProFlor), pertencentes a Universidade Federal de Rondônia, Campus de Rolim de Moura.

Referência bibliográfica

- Alvares, C. A., Stape J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. doi: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ASF - Alaska Satellite Facility (2021). Imagem altimétrica. Fairbanks, AK: ASF, 2021. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu/>. Acesso em: 14 de dezembro de 2021.
- Bandeira, L. B., Vendruscolo, J., Santos Júnior, N. R. F., Cavalheiro, W. C. S., Souza, R. F. S., & Fulan, J. Â. (2022). Características da paisagem para subsidiar o manejo dos recursos naturais na microbacia do rio Jabuti, Amazônia Ocidental, Brasil. *RE-CIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(2), e321184. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i2.1184>
- Barbosa, D. D., Cavalheiro, W. C. S., Santos Junior, N. R. F., Souza, R. F. S., & Vendruscolo, J. (2021). Características da paisagem para subsidiar o manejo dos recursos naturais na microbacia Tambiú, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 13(20), 1-23. Disponível em: www.revistageosig.wixsite.com/geosig
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Alexis Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5, 180214. doi: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Beltrame, A. V. (1994). Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação. Editora UFSC, Florianópolis, 111p.
- Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (2014). Conservação do solo. Editora Ícone, São Paulo, 355p.

- Bourke, R. M. (2010). Altitudinal limits of 230 economic crop species in Papua New Guinea. In: Haberle, S. G., Stevenson, J., & Prebble, M. (Eds). *Altered Ecologies: fire, climate and human influence on terrestrial landscapes*. ANU E-Press, Canberra, pp. 473-512.
- Cavalheiro, W. C. S., Santos Júnior, N. R. F., Silva, E. S., Rodrigues, A. L. B., Ferreira, E., & Vendruscolo, J. (2022b). Antropogeomorfologia da microbacia do rio Terra Nova, Amazônia ocidental, Brasil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(1), e311039. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i1.1039>.
- Cavalheiro, W. C. S., Santos Júnior, N. R. F., Silva, E. S., Rodrigues, A. L. B., Ferreira, E., Souza, R. F. S., Fulan, J. Â., Rodrigues, A. A. M., Fernandes, I. M., & Vendruscolo, J. (2022a). Geoindicadores como ferramenta para análise dos processos antropogeomorfológicos na microbacia do rio Tracajá, Amazônia, Brasil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(3), e331194. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i3.1194>
- Christofoletti, A. (1980). *Geomorfologia*. Edgard Blucher, São Paulo, 188p.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. (2018). *Geologia e recursos minerais do estado de Rondônia*. Porto Velho-RO: CRPM. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/10277/sig_rondonia.zip?sequence=10&isAllowed=y. Acesso em: 12 de fevereiro de 2022.
- Cherem, L. F. S., Faria, S. D., Zancopé, M. H. C., Sordi, M. V., Nunes, E. D. & Rosa, L. E. (2020). Análise morfométrica em bacias hidrográficas. In: Magalhães Júnior, A. P. e Barros, L. F. P. *Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
- Fairfull, S., & Witheridge, G. (2003). *Why do Fish Need to Cross the Road? Fish Passage Requirements for Waterway Crossings*. NSW Fisheries, Sydney, 14p.
- Ferreira Junior, P. D. (2009). Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. *Acta Amazônica*, 39(1), 139-154. doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000100014>
- Franca, R. R. (2015). Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. *Revista Geografias*, 11(1), 44-58.
- Fritzsons, E., Wrege, M. S., & Mantovani, L. E. (2015). Altitude e temperatura: estudo do gradiente térmico no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Climatologia*, 11(16), 108-119. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v16i0.39665>
- Höfig, P., & Araujo-Junior, C. F. (2015). Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná. *Coffee Science*, 10(2), 195-203.
- Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions, American Geophysical Union*, 13(1), 350-361. doi: <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- Horton, R.E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*. 56(3), 275-370.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). Produção agrícola municipal. Disponível em: <https://sibra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 09 de maio de 2023.
- INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. (2018). Acervo fundiário. Disponível em <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2022.
- Jung, K., Marpu, P., & Ouarda, T. B. M. J. (2017). Impact of river network type on the time of concentration. *Arabian Journal of Geosciences*, 10, 10(546), 1-17. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-017-3323-3>.
- Lima Júnior, J. C., Vieira, W. L., Macêdo, K. G., Souza, S. A., & Nascimento, F. A. L. (2012). Determinação das características morfo-métricas da sub-bacia do Riacho Madeira Cortada, Quixelô, CE. In: VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação - CONNEPI, Palmas, Brasil.

- Lima, M. M., Donegá, M. V. B., Souza, T. W. S., Panza, M. R., Pacheco, F. M. P., Cavalheiro, W. C. S., Hara, F. A. S., Vendruscolo, J. (2021). Hidrogeomorfometria da microbacia do rio Paraíso: informações para auxiliar o manejo dos recursos naturais na Amazônia Ocidental. *Research, Society and Development*, 10(3), e41410313367. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13367>.
- Lollo, J. A. (1995). O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. Tese, Universidade de São Paulo, 267p.
- Panza, M. R., Donegá, M. V. B., Pacheco, F. M. P., Nagao, E. O., Hara, F. A. S., Cavalheiro, W. C. S., & Vendruscolo, J. (2020). Características da paisagem para manejo dos recursos naturais na microbacia do Rio Jacuri, Amazônia Ocidental, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 6(12), 101532-101558. doi: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n12-592>.
- Parvis, M. (1950). Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. *Photogrammetric Engineering*, 16, 387-408.
- Ribeiro, L., Koproski, L. P., Stolle, L., Lingnau, C., Soares, R. V., Batista, A. C. (2008). Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). *Floresta*, 38(3), 561-572. doi: <https://doi.org/10.5380/ufv.v38i3.12430>
- Romero, V., Formiga, K. T. M., & Marcuzzo, F. F. N. (2017). Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. *Ciência e Natura*, 39(2), 320-340. doi: <https://doi.org/10.5902/2179460X26411>
- Santos, A. A., Silva, E. C., Cardoso, L. A. P., Praia, W. M., Hara, F. A. S., Cavalheiro, W. C. S., Vendruscolo, J. (2021). Características hidrogeomorfológicas da microbacia do rio Águas Claras, Amazônia Ocidental, Brasil. *Research, Society and Development*, 10(3), e21110313363. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13363>
- Santos, A. M., Targa, M. S., Batista, G. T., & Dias, N. W. (2012) Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 7(3), 195-211. doi: <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Santos Junior, N. R. F., Cavalheiro, W. C. S., Fulan, J. Â., Souza, R. F. S., Serrano, A. M., Borges, M. V. V., Senna, D. S., Vendruscolo, J., & Souza, E. F. M. (2022a). Caracterização hidrogeomorfológica temporal da paisagem da microbacia do rio Jaçanã, Rondônia, Brasil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(3), e331242. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i3.1242>
- Santos Junior, N. R. F., Cavalheiro, W. C. S., Scoti, M. S. V., Tronco, K. M. Q., Souza, E. F. M., Rocha, K. J., Hara, F. A. S., Nagao, E. O., Rocha, J. D. S., Fulan, J. Â., Nascimento, J. M. S., & Vendruscolo, J. (2022b). Aplicação das geotecnologias para análise da paisagem da microbacia do rio Boa Sorte, Rondônia, Brasil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(4), e341343. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i4.1343>
- Santos Junior, N. R. F., Cavalheiro, W. C. S., Souza, E. F. M., Souza, R. F. S., Fernandes, I. M., Fulan, J. Â., Vendruscolo, J. (2022c). Análise hidromorfológica e dinâmica de cobertura do solo da microbacia do rio Formoso, Amazônia ocidental, Brasil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(2), e321134. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i2.1134>.
- Santos, R. D., Lemos, R. C., Santos, H. G., Ker, J. C., Anjos, L. H. C., & Shimizu, S. H. (2013). Manual de descrição e coleta de solo no campo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 102p.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), 597-646.
- SEDAM - Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. (2002). Atlas Geoambiental de Rondônia. SEDAM, Porto Velho, 141p.
- Silva, Q. D. (2012). Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão. Tese, Universidade Estadual Paulista. 249p
- Silva, G. C., Cavalheiro, W. C. S., Santos Junior, N. R. F., Hara, F. A. S., & Vendruscolo, J. (2021a). Hidrogeomorfometria e dinâmica de cobertura do solo da microbacia do rio Segredo, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, 13(20), 1-24

- Silva, M. L. H., Silva, E. C., Nagao, E. O., Cavalheiro, W. C. S., Maia, E., Alves, S. R. M., Scotti, M. S. V., Hara, F. A. S., Vendruscolo, J. (2021b). Hidrogeomorfometria da microbacia do rio Cutia, Amazônia Sul - Ocidental, Brasil. *Research, Society and Development*, 10(5), e23810514964. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14964>
- Silva, M. P. O., Vendruscolo, J., Santos Junior, N. R. F., Fulan, J. Â., Ferreira, K. R., Silva, G. N., Rocha, K. J., Tronco, K. M. Q., Souza, E. F. M., Ferreira, E., & Hara, F. A. S. (2022). Características da paisagem para auxiliar no planejamento e manejo dos recursos naturais na microbacia do rio Tucunaré, Amazônia ocidental, Brasil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(9), e391911. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i9.1911>
- Souza, V. A. S., Nunes, M. L. A., Francener, S. F., & Rosa, A. L. D. (2014). Eventos de precipitações extremas na Amazônia Ocidental: Rondônia - Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 14, 295-315.
- Targa, M. S., Batista, G. T., Diniz, H. D., Dias, N. W., & Matos, F. C. (2012). Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 7(2), 120-142. doi: <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Tucci, C. E. M. (2004). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Editora UFRGS, Rio Grande do Sul.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 130-137. doi: <https://doi.org/10.1139/f80-017>
- Vendruscolo, J., Cavalheiro, W. C. S., Santos Junior, N. R. F., Silva, E. C., Ferreira, E., Souza, R. F. S., Fulan, J. Â., Fernandes I. M., Carneiro, K. A., & Hara, F. A. S. (2022a). Microbacia do rio Cachara: características hidrogeomorfológicas e dinâmica da cobertura do solo como subsídios para o planejamento e a gestão dos recursos naturais. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(4), e341306. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i4.1306>
- Vendruscolo, J., Fulan, J. Â., Carneiro, K. A. A., Ferreira, E., Rosell, E. C. F., Souza, E. F. M., Silva, G. N., Rocha, K. J., Tronco, K. M. Q., & Santos Junior, N. R. F. (2022c). Microbacia do rio Corumbiarinha: características da paisagem para auxiliar o planejamento e a gestão dos recursos naturais. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(11), e3112153. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i11.2153>
- Vendruscolo, J., Santos Junior, N. R. F., Cavalheiro, W. C. S., Souza, R. F. S., Souza, E. F. M., Rocha, K. J., Stachiw, R., & Fulan, J. Â. (2021). Características da paisagem na microbacia do Rio das Garças, Amazônia Ocidental, Brasil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 2(11), e211984. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i11.984>
- Vendruscolo, J., Santos Junior, N. R. F., Macedo, T. M., Donegá, M. V. B., Fulan, J. Â., Souza, R. F. S., & Cavalheiro, W. C. S. (2022b). Características hidrogeomorfológicas e dinâmica da cobertura do solo na microbacia do rio Ariranha, Amazônia Ocidental, Brasil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 3(1), e311034. doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i1.1034>
- Villela, S. M., & Mattos, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill, São Paulo, 245p.
- Zonta, J. H., Soflatti, V., Costa, A. G. F., Silva, O. R. R. F., Bezerra, J. R. C., Silva, C. A. D., Beltrão, N. E. M., Alves, J., Cordeiro Junior, A. F., Cartaxo, W. V., Ramos, E. N., Oliveira, M. C., Cunha, D. S., Mota, M. O. S., Soares, A. N., & Barbosa, H. F. (2012). Práticas de conservação do solo e água. Embrapa, Campina Grande, p. 1-21.