



## RELAÇÕES ENTRE A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁREAS ÚMIDAS E A CONFIGURAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO BAMBUÍ – ALTO SÃO FRANCISCO, MG

Lívia Lara Silva Pereira<sup>1</sup>  
Rúbia Riane de Souza Araújo<sup>2</sup>  
Harold George Monteiro Ferreira<sup>3</sup>  
Antônio Pereira Magalhães Júnior<sup>4</sup>  
Diego Alves de Oliveira<sup>5</sup>  
Elizêne Veloso Ribeiro<sup>6</sup>  
Luiz Fernando de Paula Barros<sup>7</sup>

### RESUMO

As Áreas Úmidas (AUs) são sistemas hidrogeomorfológicos caracterizados pela alta presença de umidade e elevada relevância ecológica. Os estudos sobre a configuração do relevo têm elevado potencial para contribuir para os avanços nas pesquisas sobre AUs. Nesse contexto, destacam-se os índices morfométricos, que expressam informações numéricas sobre características físicas de bacias hidrográficas. Recentemente, foram iniciadas pesquisas sobre AUs no alto rio São Francisco, marcado pela diversidade de sistemas hidrogeomorfológicos. O rio Bambuí é um dos afluentes diretos do alto rio São Francisco e sua bacia possui presença marcante de AUs. O presente trabalho busca analisar as relações entre a distribuição espacial das AUs da bacia do rio Bambuí (BRB) e a sua configuração morfométrica, em termos do relevo e da rede hidrográfica. Foi feito um estudo dos dados secundários da geologia e da geomorfologia da bacia. Então, foram utilizados um Modelo Digital de Elevação e a rede hidrográfica otocodificada da bacia para gerar índices morfométricos no *software* Qgis, como sinuosidade, circularidade e outros. AUs foram mapeadas no Qgis através de uma imagem do Google Satélite de dezembro de 2023 com resolução aproximada de 2 metros por pixel. Elas foram identificadas através de aspectos como cor, textura e formato. Os resultados mostram uma bacia alongada, com declividade geral alta e canal principal meandrante. Índices como densidade de drenagem, rugosidade e declividade variam significativamente ao longo da bacia, fato que se reflete na configuração espacial de AUs. Percebe-se que as AUs estão mais concentradas nas áreas de menor rugosidade e menor declividade, pois os ângulos mais suavizados induzem a acumulação de água, enquanto os terrenos acidentados induzem seu escoamento. Essa interação entre água e relevo explica a grande quantidade de AUs existentes nos médio e baixo cursos da bacia em contraste com a pequena quantidade de AUs no alto curso.

**Palavras-chave:** Áreas úmidas, Índices morfométricos, Hidrogeomorfologia.

---

<sup>1</sup> Graduanda em Geografia pela - UFMG, [liviaspereira7@gmail.com](mailto:liviaspereira7@gmail.com);

<sup>2</sup> Mestranda em Geografia pela UFMG, [rubia.rianedesa@gmail.com](mailto:rubia.rianedesa@gmail.com);

<sup>3</sup> Graduando em Geografia pela UFMG, [harold.george.1a@gmail.com](mailto:harold.george.1a@gmail.com);

<sup>4</sup> Professor orientador: Departamento de Geografia da UFMG, [antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com](mailto:antonio.magalhaes.ufmg@gmail.com);

<sup>5</sup> Professor orientador: Doutor em Geografia pela UFMG, [diego.oliveira@ifmg.edu.br](mailto:diego.oliveira@ifmg.edu.br);

<sup>6</sup> Professora orientadora: Doutora em Geografia pela UFMG, [elizene.ribeiro@ifmg.edu.br](mailto:elizene.ribeiro@ifmg.edu.br);

<sup>7</sup> Professor orientador: Doutor em Geografia pela UFMG, [luizfpaulabarros@gmail.com](mailto:luizfpaulabarros@gmail.com);



## INTRODUÇÃO

As Áreas Úmidas (AUs) são sistemas hidrogeomorfológicos caracterizados pela alta presença de umidade, ainda que temporariamente (CUNHA et al., 2015). As AUs apresentam grande importância ecológica, pois possuem relevante biodiversidade e desempenham importantes papéis hidrológicos como a manutenção de regimes fluviais, a recarga de aquíferos e o armazenamento de nutrientes (BORGES; COSTA, 2022). O INAU - Instituto Nacional de Áreas Úmidas - publicou o Inventário das Áreas Úmidas Brasileiras em 2024 (JUNK; CUNHA, 2024), trazendo importantes contribuições e avanços para o conhecimento e a proteção dos sistemas úmidos do país. A proposta tem um foco mais biológico/ecológico, não contemplando, por exemplo, os pequenos sistemas hidrogeomorfológicos das zonas planálticas de Minas Gerais. Cabe destacar, neste sentido, que Gomes e Magalhães Júnior (2020) elaboraram um panorama dos sistemas de classificação de AUs no Brasil e no mundo e propuseram classes hidrogeomorfológicas de AUs para o referido estado.

Nos últimos anos, alguns estudos foram publicados a respeito de AUs na bacia do alto rio São Francisco (TRINDADE, 2016; ARAÚJO et al., 2022), área marcada por grande diversidade de tipos de AUs, o que reflete a variação geológica, geomorfológica e hidrológica regional. As AUs dessa região apresentam fortes conexões hidrogeomorfológicas e tendem a ser formadas em relevos e substratos que facilitam a acumulação de água na superfície (GOMES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2020). Dessa forma, os estudos acerca da dinâmica do relevo têm elevado potencial para contribuir para os avanços nas pesquisas sobre AUs, especialmente nessa região.

Uma das técnicas tradicionalmente utilizadas na análise do relevo é a aplicação de índices morfométricos, os quais expressam informações numéricas sobre características físicas de bacias hidrográficas (SILVA et al., 2006). A morfometria tem se mostrado útil para a avaliação do comportamento hidrológico de sistemas hidrogeomorfológicos, podendo-se verificar, por exemplo, se elas são propensas a picos de enchente e se o padrão de drenagem tende à acumulação ou à dispersão da água (SANTOS et al., 2012).

O rio Bambuí é um dos principais afluentes diretos do alto rio São Francisco e sua bacia hidrográfica apresenta riqueza em tipologias de AUs. Porém, apesar dos avanços de pesquisas recentes na região, ainda há lacunas de conhecimentos sobre as conexões entre a gênese e dinâmica das AUs e os condicionantes hidrogeomorfológicos. Assim, o



objetivo geral do presente trabalho é analisar a distribuição espacial das AUs da bacia do rio Bambuí (BRB), correlacionando a espacialidade das AUs com a dinâmica hidrogeomorfológica da bacia através do uso de índices morfométricos. Como objetivos específicos, busca-se: identificar as variações das características morfométricas e do padrão de distribuição de AUs em diferentes áreas dentro da bacia; avaliar os índices morfométricos como ferramenta para facilitar a identificação e o mapeamento de AUs.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com base nas seguintes etapas metodológicas: 1) Revisão bibliográfica, 2) Geração dos índices morfométricos, 3) Análise das áreas úmidas; e 4) Interpretação integrada dos dados obtidos.

Primeiramente, foram consultadas publicações envolvendo AUs e índices morfométricos, além do quadro geológico e geomorfológico da bacia analisada.

Na segunda etapa, foi feito o *download* do Modelo Digital de Elevação (MDE) Copernicus, com resolução de 30 m, e da rede hidrográfica otocodificada na escala de 1:50.000, disponibilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM). A partir desses dados, foi utilizada a calculadora de campo do *software* Qgis para a geração dos seguintes índices: sinuosidade (Is), circularidade (Ic), coeficiente de manutenção (Cm), concentração de rugosidade (Icr), densidade de drenagem (Dd), razão de relevo (Rr), razão de textura (Rt) e fator de assimetria de bacia de drenagem (FABD). O Quadro 1 apresenta as descrições, aplicações, fórmulas e referências desses índices. Ainda no Qgis, foram utilizadas as ferramentas “Densidade de Kernel” e o complemento “GRASS” para automatizar os índices de declividade, rugosidade e densidade de drenagem da bacia.

Na terceira etapa, foi feito o mapeamento das AUs no Qgis através de uma imagem do Google Satélite de dezembro de 2023, durante a estação úmida, com resolução aproximada de 1 a 2 metros por pixel em áreas rurais. Elas foram identificadas e mapeadas através de aspectos como cor, textura, formato, posição em relação aos cursos d’água e características da vegetação. Em seguida, foi realizado um trabalho de campo na bacia para reconhecimento da área e validação do mapeamento, analisando as interações entre a configuração espacial das AUs e as formas de relevo.

Na quarta etapa, os dados obtidos foram sobrepostos e analisados em conjunto, criando uma compartimentação elementar da BRB.

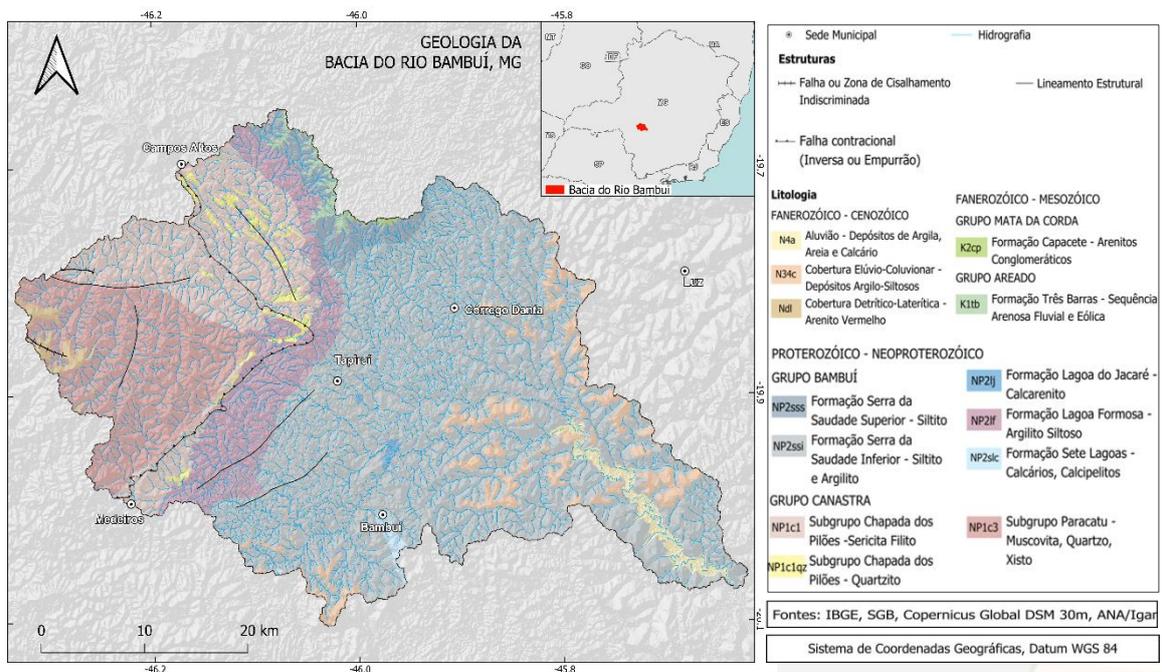
Quadro 1 - Descrição dos índices morfométricos utilizados

Índice	Descrição	Aplicação	Fórmula	Referência
<b>Índice de sinuosidade (Is)</b>	Medida utilizada para identificar o grau de curvatura de um curso d'água	Analisar padrões fluviais, avaliar a capacidade de carga de sedimentos do curso d'água	$Is = L/Dv$	Horton (1945)
<b>Índice de circularidade (Ic)</b>	Medida utilizada para avaliar o formato de uma bacia hidrográfica em relação a um círculo perfeito	Determinar se a bacia é mais achatada (mais propensa a enchentes) ou mais alongada (volume de água mais bem distribuído ao longo da bacia)	$Ic = 12,57 * (A/P^2)$	Miller (1953)
<b>Coefficiente de manutenção (Cm)</b>	Parâmetro que determina a área mínima necessária para manter 1 metro de canal de escoamento permanente	Indicar se a drenagem é muito densa (comum em áreas dissecadas e em solos impermeáveis) ou pouco densa (típica de solos permeáveis e áreas menos dissecadas)	$Cm = 100/Dd$	Christofoletti (1980)
<b>Índice de rugosidade do relevo (Ir)</b>	Parâmetro que representa aspectos da declividade e do comprimento da vertente de uma bacia hidrográfica	Indicar se o relevo da bacia é mais dissecado (possui maior energia, mais propenso a cheias) ou menos dissecado (menor energia, menor densidade de drenagem)	$Icr = \Delta H * Dd$	Strahler (1958)
<b>Densidade de drenagem (Dd)</b>	Medida que indica a quilometragem de canais presentes para cada quilômetro <sup>2</sup> da bacia hidrográfica	Analisar o comportamento hidrológico, indicando a capacidade de infiltração e de formação de canais na bacia	$Dd = Ltot/A$	Christofoletti (1980)
<b>Razão de relevo (Rr)</b>	Medida que representa a relação entre a amplitude altimétrica da bacia hidrográfica e o comprimento de seu canal principal	Analisar a capacidade energética da bacia hidrográfica, dando noções da sua velocidade de escoamento e da sua suscetibilidade a processos erosivos	$Rr = \Delta H/L'$	Schumm (1956)
<b>Razão de textura (Rt)</b>	Medida que representa a relação entre o número de segmentos de rios e o perímetro da bacia hidrográfica	Avaliar o grau de dissecção do relevo e a capacidade de infiltração de água	$Rt = Nt/P$	Smith (1950)
<b>FABD</b>	Medida que representa a relação entre a área da margem direita do canal principal e a área total da bacia hidrográfica	Identificar o grau de assimetria do canal principal, podendo refletir anomalias e condições fluviais específicas do curso d'água	$FABD = \text{área da margem direita} / A$	Hare; Gardner (1985)
<b>Legenda:</b> L é o comprimento do canal axial; Dv é a distância vetorial do canal principal; A é a área da bacia; P é o perímetro da bacia; Dd é a densidade de drenagem; Ltot é o comprimento total dos canais; $\Delta H$ é a amplitude altimétrica da bacia; L' é o comprimento do canal axial; Nt é o número total de canais.				

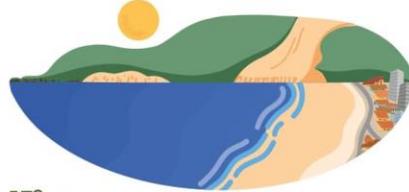
## A BACIA DO RIO BAMBUÍ

A BRB está localizada no centro-oeste de Minas Gerais, sendo o rio Bambuí um afluente direto da margem esquerda do alto rio São Francisco. Geologicamente, ela se insere predominantemente no contexto do Grupo Bambuí, com destaque para as formações Serra da Saudade Inferior, Lagoa Formosa, Sete Lagoas e Lagoa do Jacaré (Figura 1). Ressalta-se a presença de siltitos e argilitos, além de rochas carbonáticas, como calcários e dolomitos. A presença dessas litologias favorece a ocorrência de feições cársticas, como dolinas, que facilitam o acúmulo de água e a gênese de AUs. Em setores mais elevados, predomina o Grupo Canastra, sendo as principais rochas os filitos, xistos e quartzitos. Há uma falha inversa em que as rochas do Grupo Canastra são empurradas sobre as do Grupo Bambuí, influenciando intensamente as características do relevo local. Percebe-se que , a bacia apresenta uma súbita ruptura de declive (Figura 2) próxima à falha de empurrão.

Figura 1 - Caracterização geológica da bacia do rio Bambuí

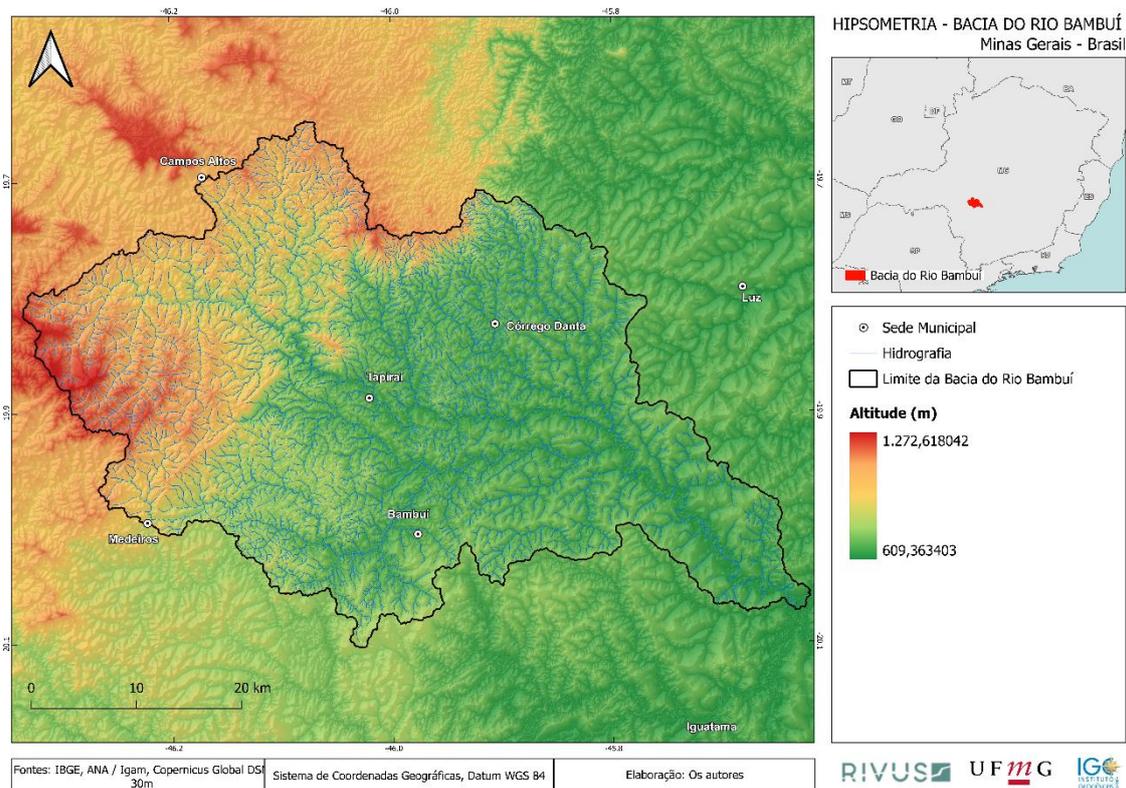


Fonte: PEREIRA, 2025



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

Figura 2 - Caracterização hipsométrica da bacia do rio Bambuí



Fonte: PEREIRA, 2025

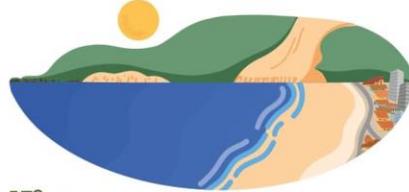
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostram que a BRB é alongada, com rugosidade média e canal principal sinuoso, controlado estruturalmente, com leve migração para a margem direita (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados dos índices morfométricos utilizados

Índices Morfométricos	Valor	Unidade	Interpretação
Índice de sinuosidade (Is)	2,1687	adimensional	Canal meandrante, o que indica menor energia
Índice de circularidade (Ic)	0,1678	adimensional	Bacia alongada, menos propensa a enchentes
Coefficiente de manutenção (Cm)	60,3937	m <sup>2</sup> /m	Canal precisa de 60 m <sup>2</sup> para manter 1 m de canal perene
Índice de rugosidade do relevo (Ir)	1,0895	adimensional	Rugosidade média, variando conforme a proximidade aos cursos d'água
Densidade de drenagem (Dd)	1,6558	km/km <sup>2</sup>	Densidade baixa, indicando boa infiltração de água
Razão de relevo (Rr)	3,9832	m/km	Declividade alta, indicando que o rio possui muita energia
Razão de textura (Rt)	7,4256	unidade/km	Textura fina, o que indica baixa infiltração de água
FABD	53,913	%	Leve migração para a direita

Fonte: PEREIRA, 2025

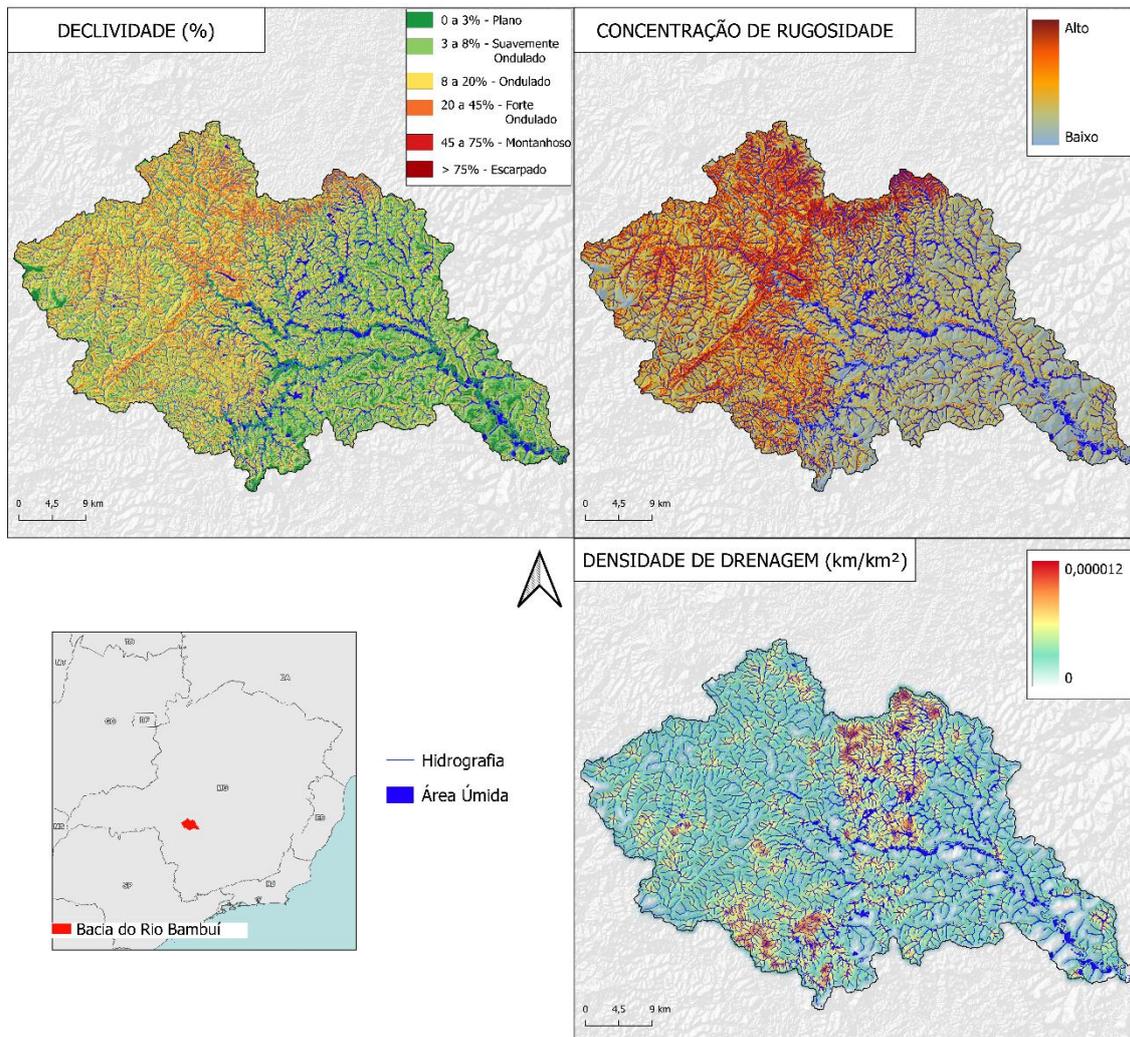


## 15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

Isso indica que a bacia está menos propensa a picos rápidos de inundação e que o canal principal apresenta baixa capacidade de carga de sedimentos, apesar de possuir uma declividade geral alta. Quanto ao nível de entalhamento fluvial da rede de drenagem, os resultados mostram um grau de dissecação que varia de médio a elevado.

O índices automatizados da densidade de drenagem, rugosidade e declividade variam significativamente ao longo da BRB, fato que se reflete na espacialidade das AUs (Figura 3). Percebe-se que as AUs estão mais concentradas nas áreas que apresentam menor rugosidade e menor declividade, já que os ângulos mais suavizados facilitam a acumulação de água, enquanto os terrenos mais acidentados induzem ao seu escoamento.

Figura 3 - Áreas úmidas e índices gerados para a bacia do rio Bambuí

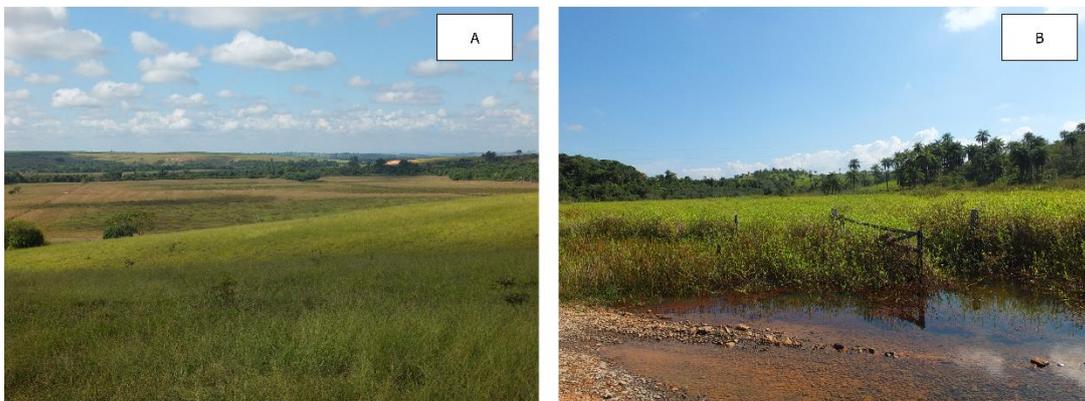


Fonte: os autores, 2025

As áreas mais elevadas, à montante da falha inversa, possuem rugosidade e declividade altas e densidade de drenagem mediana, formando um relevo acidentado com drenagem encaixada e vertentes bem definidas, o que facilita o escoamento rápido da água, sendo um ambiente impróprio à formação de AUs. Nas áreas de menor elevação da bacia, os índices de declividade, rugosidade e densidade de drenagem são baixos, predominando um relevo suave e planícies aluviais que facilitam o acúmulo de água e a formação de AUs. Na porção média da bacia, que seria uma zona de transição entre o relevo mais acidentado e o mais suave, destaca-se a presença de zonas com elevada densidade de drenagem e também alta concentração de AUs. Essas condições podem ser influenciadas pelo aumento da energia dos cursos d'água com a queda de altitude proveniente da falha inversa. Isso gera um maior grau de rugosidade no relevo, mas as encostas não são tão declivosas, o que permite a formação de AUs.

O trabalho de campo possibilitou a visualização de AUs localizadas em diferentes partes da bacia, como nas áreas de planícies aluviais do baixo curso e nos vales encaixados da zona intermediária da bacia. Nota-se que, nas regiões mais aplainadas, as AUs se estendem por quilômetros e possuem uma configuração espreada com elevada amplitude (Figura 4, item A), muito comuns no baixo curso da bacia. Já nas áreas de relevo mais dissecado as AUs são mais estreitas e alongadas, acompanhando o formato dos fundos de vale (Figura 4, item B), como foi verificado na zona intermediária da bacia.

Figura 4 - Mosaico representando diferentes tipologias de AUs na bacia do rio Bambuí



Fonte: os autores, 2025

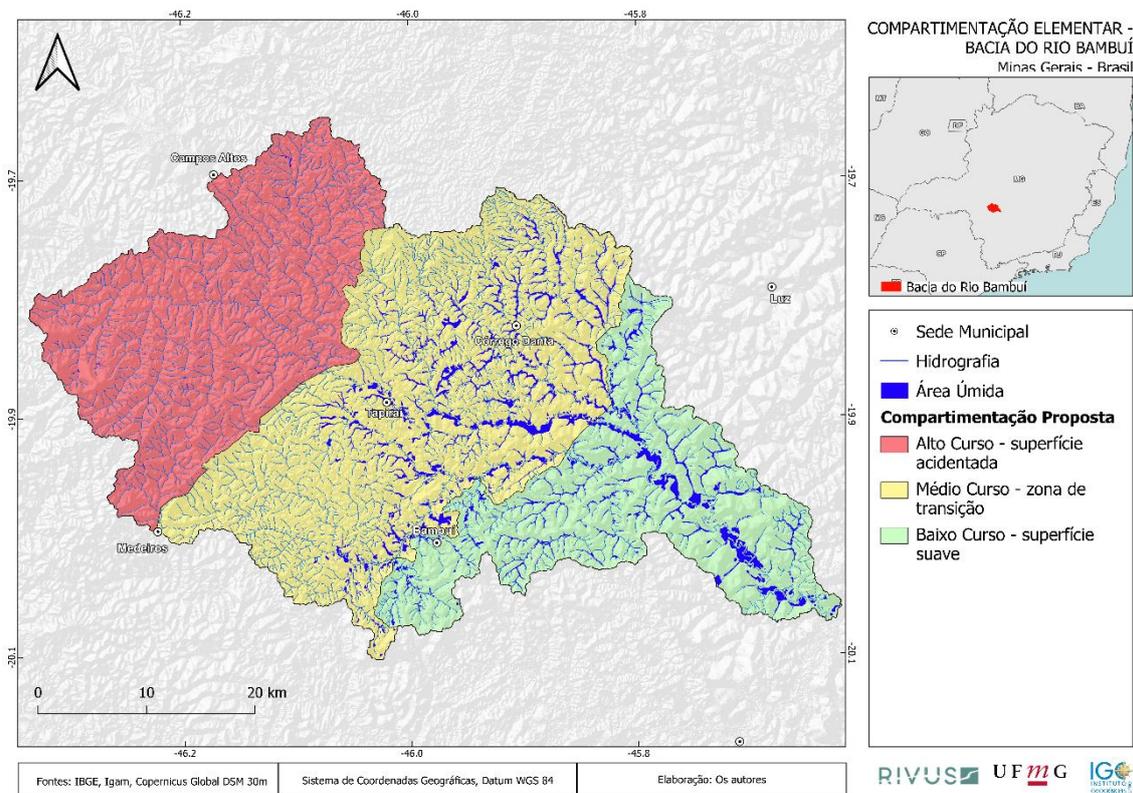
Com base nas variações morfométricas internas e no padrão de distribuição espacial das AUs em diferentes áreas da bacia, foi feita uma proposta de compartimentação elementar da BRB para facilitar sua análise (Figura 5). A bacia foi



## 15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

dividida em três compartimentos simples que explicitam as principais heterogeneidades encontradas: Alto curso, Médio curso e Baixo curso. Destaca-se no Alto um relevo acidentado com baixa presença de AUs, no Médio uma alta densidade de drenagem com elevada concentração de AUs e no Baixo um relevo suave com AUs de grande extensão em planícies aluviais.

Figura 5 - Compartimentação elementar da bacia do rio Bambuí



Fonte: PEREIRA, 2025

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices morfométricos, quando aplicados em bacias de grande extensão, tendem a não explicitarem as heterogeneidades. Os índices automatizados de declividade, concentração de rugosidade e densidade de drenagem se mostraram mais eficientes na detecção das particularidades internas da BRB. Os resultados mostram a complexidade do relevo, a inclinação das vertentes e o grau de dissecação da rede de drenagem, o que facilita a compreensão dos processos de infiltração e escoamento superficial ocorrentes em diferentes áreas da bacia. Assim, a identificação e mapeamento



de AUs se torna mais intuitiva, direcionando o olhar do pesquisador para as áreas mais propensas ao acúmulo de água superficial e subsuperficial. Dessa forma, nota-se que os índices morfométricos são uma ferramenta importante para alavancar os estudos sobre AUs, ajudando a compreender sua configuração espacial e sua relação com o relevo.

A análise morfométrica da bacia do rio Bambuí revela uma forte relação entre as formas de relevo e a distribuição espacial das AUs. As formações geológicas, principalmente os grupos Canastra e Bambuí, e a presença da falha de empurrão entre eles exercem influência direta na modelagem do relevo e, conseqüentemente, no comportamento hidrológico da bacia. No Alto curso, o domínio de rochas mais resistentes e o relevo acidentado favorecem o escoamento concentrado e inibem a formação de AUs. No Médio curso, região de transição localizada à jusante da ruptura de declive, a água proveniente do Alto curso chega com mais velocidade em terrenos de rugosidade relativamente menor, promovendo o espraiamento e a formação de AUs ao longo de fundos de vales encaixados. Já no Baixo curso, o relevo suavizado, as planícies aluviais e a baixa rugosidade favorecem o acúmulo de água e o desenvolvimento de AUs de grande extensão. Dessa forma, conclui-se que a ocorrência e a dinâmica das AUs na bacia do rio Bambuí estão fortemente condicionadas pelas variações morfométricas, estrutura litológica e dinâmica e geomorfológica da bacia.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq pela bolsa PQ e bolsas PIBIC; à FAPEMIG pelas bolsas PROBIC e auxílio financeiro no âmbito do Projeto APQ-00770-24 e do processo PCE-001140-25; e ao apoio logístico dos grupos de pesquisa RIVUS - Geomorfologia e Recursos Hídricos (UFMG) e PIAU - Grupo de Pesquisas Interdisciplinares sobre áreas úmidas (IFMG-Ouro Preto).

## **REFERÊNCIAS**

- ARAÚJO, R. R. S.; OLIVEIRA, D A.; RIBEIRO, E. V.. **Análise Geomorfológica da Ocorrência de Lagoas Marginais no Alto Curso do Rio São Francisco**. Caderno de Geografia, Belo Horizonte, ano 2022, v. 32, n. 71, p. 1292-1316, 26 out. 2022.
- BORGES, M. G.; COSTA, L. R. F. **Tipologia de Áreas Úmidas na Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiro em Minas Gerais**. Caderno de Geografia, v.32, n. 69. 2022.



CUNHA, C. N.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats**. Cuiabá: EdUFMT, 2015. 165.

GOMES, C. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.. **Classes Hidrogeomorfológicas de Áreas Úmidas em Minas Gerais**. Revista Brasileira de Geomorfologia, [S. l.], v. 21, n. 2, 2020.

HORÁK-TERRA, Ingrid; VIANA, C. B.; TERRA, Fabrício; LEDRU, M. P.; ESCOBAR-TORREZ, Katerine; BARRAL, U. M.; CAMARGO, P. B.. **Soil properties and charcoal as proxies of variations driving pedogenesis in a savanna palm swamp (vereda): Insights into Quaternary climate and environmental changes of Central Brazil**. CATENA, [s.l.], v. 250, 108760, 2025.

IUCN (1971): **The Ramsar Conference: Final act of the international conference on the conservation of wetlands and waterfowl**, Annex 1.- Special Supplement to IUCN, Bulletin 2: 4pp.

JUNK, W. J.; CUNHA C. N. **Inventário das Áreas Úmidas Brasileiras: Distribuição, ecologia, manejo, ameaças e lacunas de conhecimento**. Cuiabá: Carlini & Caniato editorial, 2024. 721.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. BARROS, L. F. P. **Hidrogeomorfologia: Formas, processos e registros sedimentares fluviais**, Editora Bertrand Brasil, 2020

SANTOS, D. B.; VIDOTTO, M. L.; BERTINATTO, R.; SOUZA MARCON, G. R., FRIGO, E. P., 2012. **Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio São José, Cascavel, PR**. Applied Research & Agrotechnology 5, 7-18.

SILVA, A. M.; HERPIN, U. **Caracterização morfométrica de sete bacias hidrográficas de mesoescala no estado de São Paulo**. Caminhos da Geografia. Uberlândia:UFU, v. 17, n. 3, p. 20-30, fev. 2006.

PEREIRA, L. L. S. **Relações entre compartimentos hidrogeomorfológicos e padrões espaciais de ocorrência de áreas úmidas na bacia do rio Bambuí - Alto São Francisco/MG**. 2025. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

SILVA, A. C.; HORÁK, Ingrid; CORTIZAS, A. M.; VIDAL-TORRADO, Pablo; RACEDO, J. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SILVA, E. B.; FERREIRA, C. A.. **Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional-MG: I - Caracterização e classificação**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 33, p. 1385–1398, 2009.

TRINDADE, Wallace Magalhães. **Lagoas marginais do alto-médio curso do rio São Francisco: dinâmica hidrogeomorfológica, geocronologia e impactos ambientais**. Repositório Institucional da UFMG, 2016. Belo Horizonte, MG.