



REORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM A PARTIR DA ANÁLISE DE CAPTURAS FLUVIAIS DAS BACIAS DO RIO DO PEIXE, RIO MUZAMBO E RIO SÃO THOMÉ (MG)

Luisa Baptistella Zanete¹
Marcelo Augusto Ribeiro Pires²
Sofia Soto Bonassa³
Rhian Silva Mendonça⁴
Isabella Oliveira Carvalho⁵
Raissa Eduarda Da Silva Archanjo⁶
Ronaldo Luiz Mincato⁷
Felipe Gomes Rubira⁸

RESUMO

A reorganização da rede de drenagem é um processo-chave na evolução de paisagens montanhosas e pós-orogênicas. Este estudo investiga evidências de reorganização fluvial nas bacias dos rios do Peixe, Muzambo e São Thomé (MG), afluentes do rio Sapucaí, por meio da identificação de feições associadas à captura fluvial. Foram utilizados o Modelo Digital de Elevação Copernicus GLO-30 e *softwares* como ArcGIS, Global Mapper e TopoToolbox para extrair e analisar parâmetros morfométricos e geomorfológicos. Entre os índices analisados, destacam-se o índice de declividade normalizada (k_{sn}), o fator de simetria topográfica transversa (*FSTT*) e a identificação de *knickpoints*. Também foram mapeadas feições como cotovelos de drenagem, baixos divisores, gargantas fluviais e *wind gaps*, reconhecidas como testemunhos de reorganizações pretéritas. Ao todo, foram identificados 98 *knickpoints*, 7 baixos divisores, 8 cotovelos e 2 *wind gaps*. Os altos valores de k_{sn} concentram-se nas cabeceiras das bacias do Peixe e São Thomé, em setores com fortes declividades e zonas de cisalhamento, indicando áreas de instabilidade erosiva e migração de divisores. Os deslocamentos do *FSTT* e os cotovelos de drenagem a jusante desses setores reforçam a hipótese de capturas fluviais. Os resultados sugerem que a reorganização da rede de drenagem está associada a reativações tectônicas do Cretáceo Superior, relacionadas à ascensão magmática e ao soergimento do Planalto de Poços de Caldas.

INTRODUÇÃO

A rede de drenagem constitui um elemento-chave para a compreensão da morfologia terrestre, uma vez que os cursos d'água entalham os talwegues, dissecam as vertentes e modelam

¹ Graduanda do Curso de Geografia Licenciatura da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, luisa.zanete@sou.unifal-mg.edu.br;

² Graduando do Curso de Geografia Licenciatura da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, marcelo.pires@sou.unifal-mg.edu.br;

³ Graduanda do Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, sofia.bonassa@sou.unifal-mg.edu.br;

⁴ Graduando do Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, rhian.mendonca@sou.unifal-mg.edu.br;

⁵ Graduada pelo Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, isabella.carvalho@sou.unifal-mg.edu.br;

⁶ Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG, raissa.archanjo@sou.unifal-mg.edu.br;

⁷ Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, ronaldo.mincato@unifal-mg.edu.br;

⁸ Professor orientador: Prof. Dr. Felipe Gomes Rubira, Instituto de Ciências da Natureza - ICN, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, felipe.rubira@unifal-mg.edu.br.



a paisagem em resposta a processos endógenos e exógenos (Silva, 2023). Em áreas montanhosas e pós-orogênicas, especialmente em contextos intraplaca, esses sistemas tornam-se mais suscetíveis a reorganizações desencadeadas pela disposição estrutural das rochas, incluindo direção, mergulho e resistência diferencial (Cruz et al., 2025).

Entre os mecanismos responsáveis por tais reorganizações destacam-se a captura fluvial, o desvio de drenagem e a decapitação de canais (Bishop, 1995; Bierman; Montgomery, 2014; Marent et al., 2022). A captura fluvial, em particular, ocorre quando um curso d'água incorpora a drenagem de outro, promovendo inversões na direção dos fluxos, no transporte de sedimentos e na energia erosiva do sistema. Esses eventos podem ser desencadeados por rebaixamento do nível de base, ajustes erosivos remontante e recuo de cabeceiras (Oliveira, 2010).

A identificação dessas dinâmicas requer a análise de feições morfológicas que funcionam como testemunhos da evolução pretérita da drenagem. Entre os principais indicadores destacam-se os cotovelos de drenagem, *knickpoints*, vales secos (*wind gaps*), gargantas fluviais e baixos divisores, cuja distribuição permitem reconstruir episódios de reorganização da drenagem a longo termo (Bierman; Montgomery, 2014; Sordi, 2023).

Na bacia do rio Grande, pesquisas identificaram evidências de reorganizações fluviais atribuídas à captura. Rezende et al. (2018) e Cassemiro et al. (2025) propõem que os rios Sapucaí e Grande originalmente drenavam para o norte, em direção à bacia do rio São Francisco, sendo redirecionados pelo avanço regressivo do ancestral rio Paraná. Cruz et al. (2025), por sua vez, identificaram capturas em setores mais a montante, na bacia do Alto Rio Grande, associadas à resistência litológica, à inclinação e à espessura das unidades geológicas.

Apesar dos avanços, persistem lacunas no entendimento da reorganização fluvial em afluentes do rio Sapucaí. Ainda não há evidências conclusivas de ondas regressivas de erosão ou migração de *knickpoints* capazes de sustentar as hipóteses existentes. Postula-se que o soerguimento regional relacionado aos eventos magmáticos do Cretáceo Superior, associados à caldeira vulcânica de Poços de Caldas, tenha rejuvenescido os relevos pós-orogênicos e reconfigurado os limites atuais dos divisores de drenagem a oeste da bacia do rio Sapucaí.

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo investigar evidências de reorganização da drenagem por captura fluvial nas bacias dos rios do Peixe, Muzambo e São Thomé, afluentes do rio Sapucaí (MG).

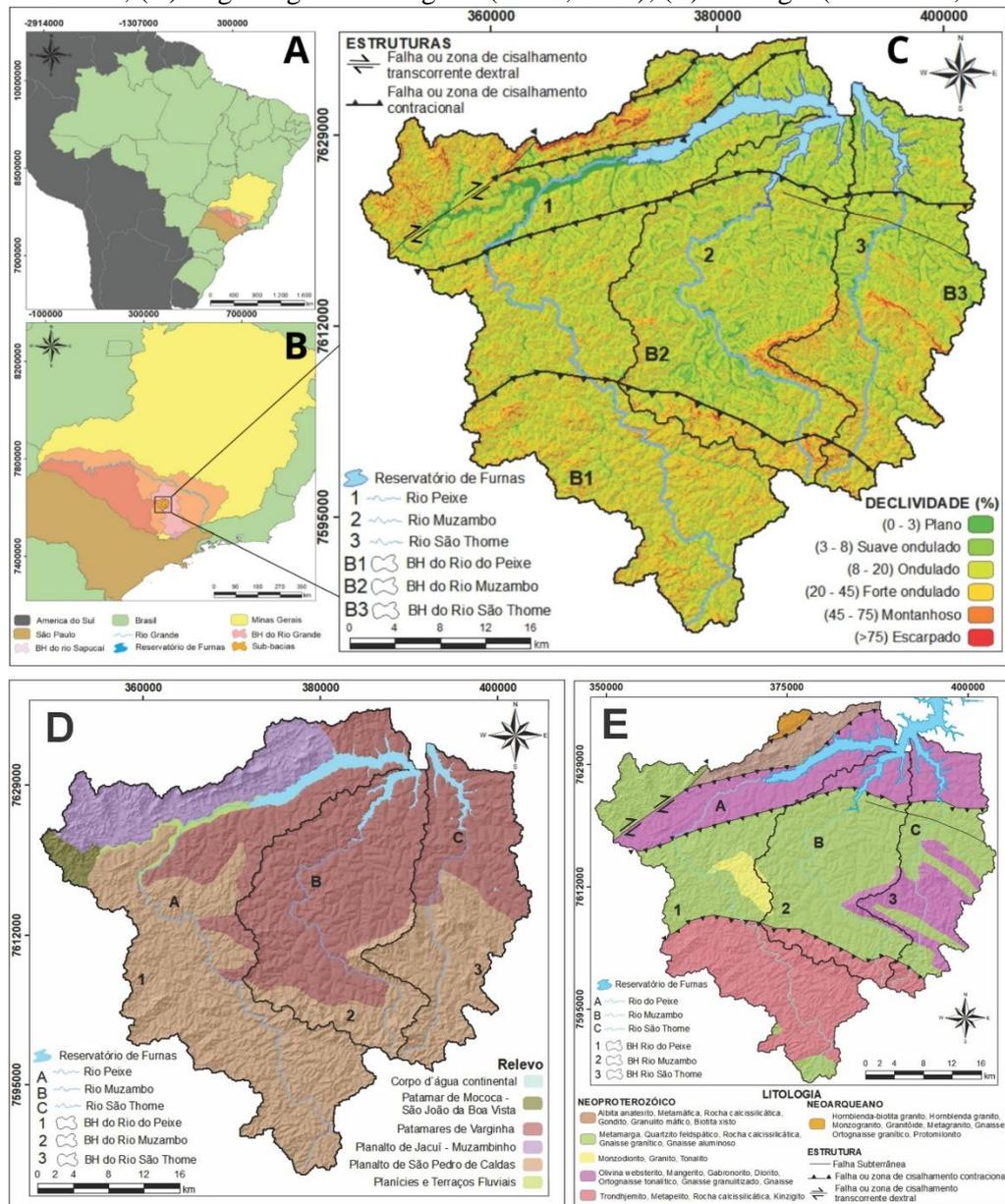
ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se no sul do estado de Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil. Corresponde a três sub-bacias hidrográficas dos rios do Peixe, Muzambo e São Thomé, afluentes oestes do rio Sapucaí, integrante da bacia do rio Grande (Figura 1).



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

Figura 1: (A, B, C) Localização e declividade das Bacias hidrográficas dos rios do Peixe, Muzambo e São Thomé; (D) Regiões geomorfológicas (IBGE, 2023); (E) Geologia (Silva et al., 2020)



A compartimentação geomorfológica da região inclui os patamares de Mococa-São João da Boa vista e Varginha, os planaltos de Jacuí-Muzambinho e São Pedro de Caldas, além de planícies e terraços fluviais (IBGE, 2023) (Figura 1D). Do ponto de vista geológico, predominam rochas neoproterozoicas, tanto ígneas quanto metamórficas de alto e baixo grau (Silva et al., 2020) (Figura 1E).

MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os parâmetros morfométricos foram derivados do Modelo Digital de Elevação (MDE) Copernicus GLO-30, com resolução espacial de 30 metros, obtido na plataforma *OpenTopography*. A geração dos mapas temáticos foi realizada nos softwares ArcGIS 10.8.1 e



Global Mapper, com base em dados vetoriais da compartimentação do relevo do Brasil, em escala 1:250.000 (IBGE, 2023), e da geologia do estado de Minas Gerais, em escala 1:1.000.000 (Silva et al., 2020).

Com base no MDE previamente tratado para a eliminação de ruídos, foram extraídos o índice de declividade normalizada (k_{sn}), o fator de simetria topográfica transversa ($FSTT$) e os *knickpoints*, com o objetivo de identificar anomalias morfométricas relacionadas à reorganização da rede de drenagem. O k_{sn} foi calculado no MATLAB v.2021a, por meio do pacote TopoToolbox 2 (Schwanghart; Scherler, 2014), conforme a equação:

$$k_{sn} = SA^{-\theta_{ref}}$$

Onde: S é o gradiente local, A é a área de drenagem a montante e θ_{ref} é o índice de concavidade de referência.

A concavidade de referência foi estimada pelo método ‘*mnoptimvar*’, resultando em valores de 0,2846, 0,6522 e 0,2612 para as drenagens das bacias dos rios do Peixe, Muzambo e São Thomé, respectivamente. Os valores de k_{sn} foram agregados em segmentos de 1.000 metros para suavização de ruídos. A identificação de *knickpoints* foi realizada por meio da função ‘*knickpoint finder*’, do TopoToolbox 2, e integrada aos dados de k_{sn} .

O $FSTT$ foi aplicado conforme a metodologia de Cox (1994), considerando a relação entre o canal principal e o eixo médio das sub-bacias. Valores próximos de zero indicam simetria topográfica, enquanto valores mais elevados refletem maior grau de assimetria, podendo indicar deslocamentos laterais induzidos por capturas fluviais.

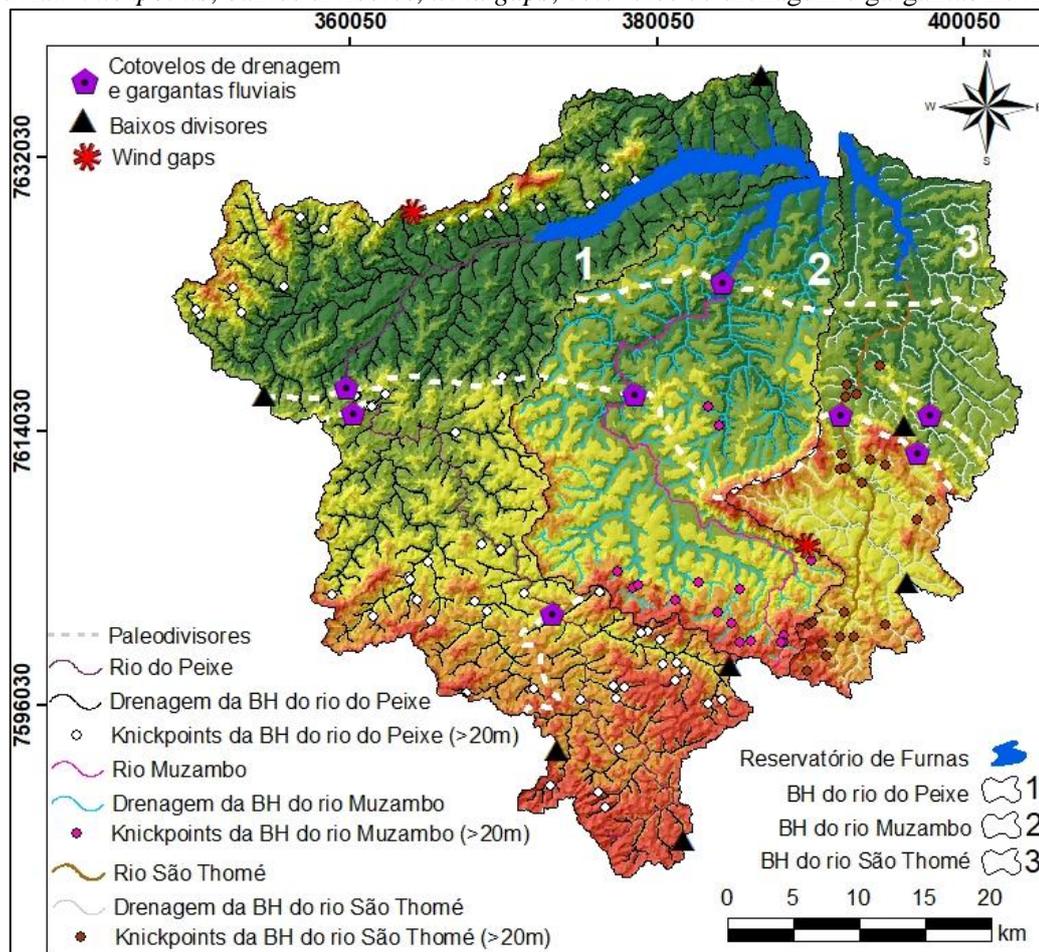
Adicionalmente, foram mapeadas feições geomorfológicas interpretadas como testemunhos de reorganização fluvial, incluindo cotovelos de drenagem, baixos divisores e *wind gaps*. A identificação preliminar dessas feições baseou-se na sobreposição dos dados do MDE e da rede de drenagem vetorial, com base nos seguintes critérios: (i) presença de *knickpoints* e altos valores de k_{sn} ; (ii) setores com forte declividade e elevada amplitude topográfica; (iii) coincidência com zonas de cisalhamento e contatos litológicos e (iv) mudanças abruptas no padrão de escoamento.

Essas feições foram posteriormente analisadas por inspeção visual em imagens do Google Earth Pro, permitindo a confirmação de suas características morfológicas. Os *wind gaps* foram reconhecidos como vales dissecados em cotas elevadas, associados à interrupção da regularidade altimétrica de cristas interfluviais adjacentes. Cotovelos de drenagem foram avaliados pela presença de inflexões abruptas no traçado fluvial, geralmente próximas a divisores. Baixos divisores foram identificados em interflúvios rebaixados entre canais opostos próximos, em setores elevados da bacia, sugerindo possível transposição fluvial pretérita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas diversas feições morfológicas que, em conjunto, sustentam a hipótese de reorganização da rede de drenagem na área de estudo (Figura 2).

Figura 2: Mapa hipsométrico com identificação das feições anômalas indicativas de reorganização fluvial: *knickpoints*, baixos divisores, *wind gaps*, cotovelos de drenagem e gargantas fluviais.

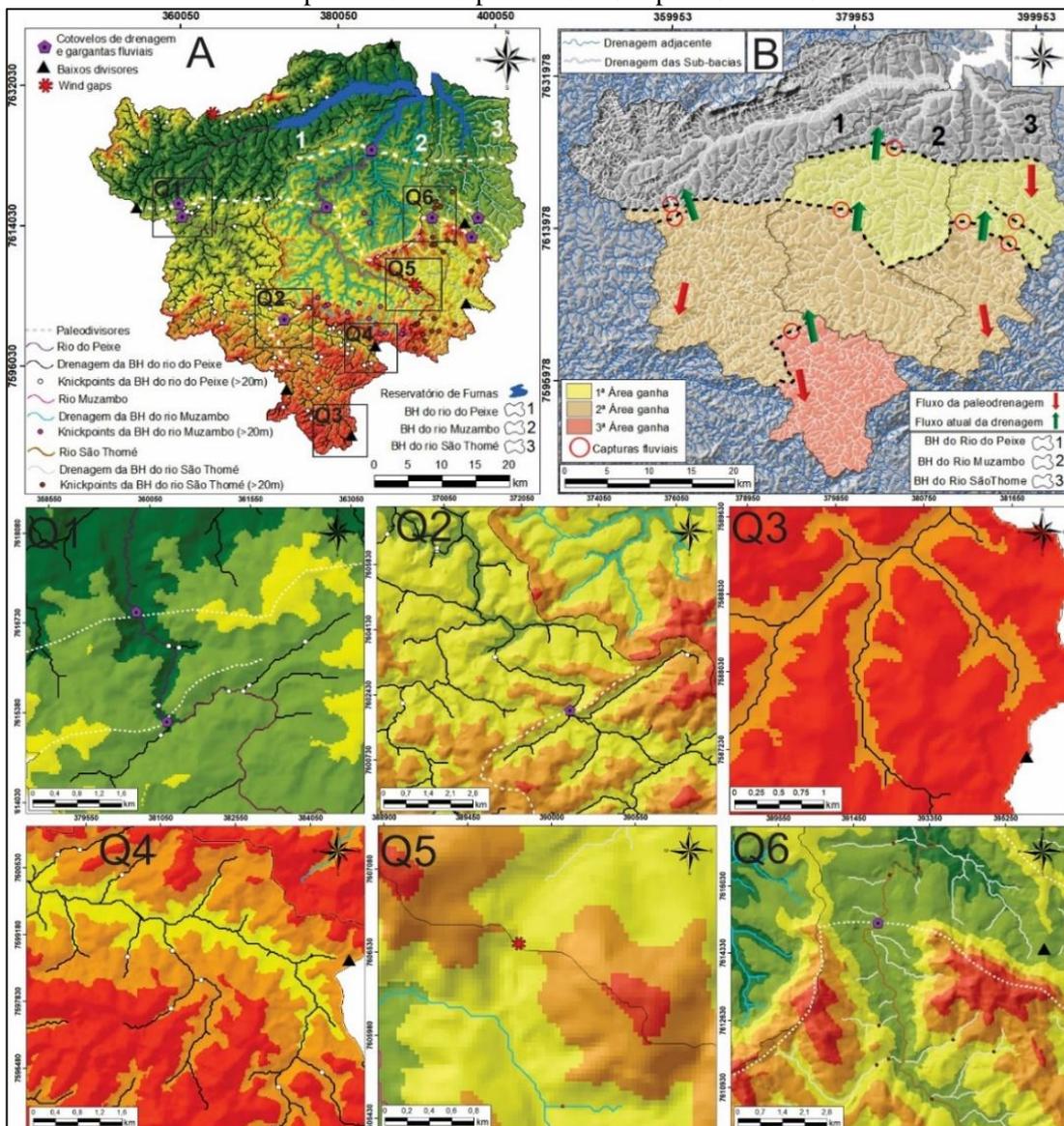


Dentre elas, destacam-se: (i) 98 *knickpoints* com desníveis superiores a 20 metros, dos quais 59 localizam-se na bacia do rio do Peixe, 16 na do Muzambo e 23 na do São Thomé; (ii) sete baixos divisores, sendo cinco na bacia do rio do Peixe e dois na do rio São Thomé; (iii) dois *wind gaps*, um na bacia do rio do Peixe e outro entre os divisores das bacias do Muzambo e do São Thomé; (iv) cinco paleodivisores inferidos; (v) oito inflexões abruptas no traçado dos canais, coincidentes com cotovelos de drenagem e/ou associadas a gargantas formadas por rios que romperam antigos divisores interfluviais e inverteram o fluxo da drenagem (Figura 2).

As inflexões abruptas, representadas pelos pentágonos roxos, delimitam zonas críticas onde há indícios de transposição de interflúvios, sugerindo setores morfologicamente compatíveis com eventos pretéritos de captura fluvial. Essas feições ocorrem em áreas adjacentes de elevada declividade e amplitude topográfica, frequentemente condicionadas por zonas de cisalhamento e contatos litológicos (Figuras 1E e 2). A distribuição dos baixos

divisores concentra-se em interflúvios rebaixados entre canais opostos, sugerindo paleoconexões entre sub-bacias vizinhas ou zonas de instabilidade topográfica suscetíveis a transposições futuras. Por sua vez, os *wind gaps* são interpretados como antigos vales desativados, funcionando como testemunhos de traçados fluviais abandonados por reorganizações da rede hidrográfica (Figura 3).

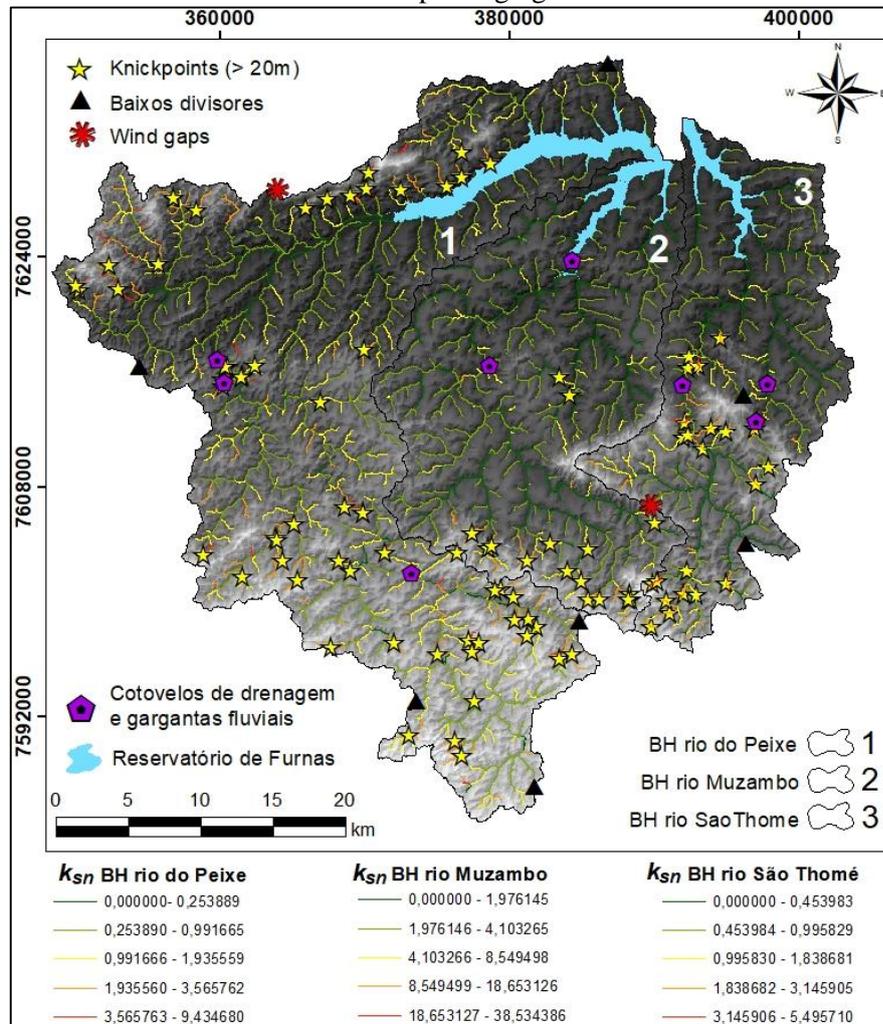
Figura 3: (A) Rede de drenagem com identificação knickpoints, baixos divisores, wind gaps, cotovelos de drenagem e gargantas fluviais; (B) Hipótese de paleodivisores e inversão de fluxo interpretadas como por meio das capturas fluviais.



Os valores do índice k_{sn} corroboram esses padrões. Observam-se concentrações elevadas nas cabeceiras e em setores montanhosos das bacias do rio do Peixe e do São Thomé, principalmente em suas porções centrais e meridionais. Nessas áreas, os altos valores de k_{sn} coincidem com a ocorrência de *knickpoints*, trechos de forte declividade associados a contatos

litológicos com diferentes resistências à erosão e a zonas de cisalhamento, indicando setores de incisão fluvial acentuada e desequilíbrio fluvial (Figura 4).

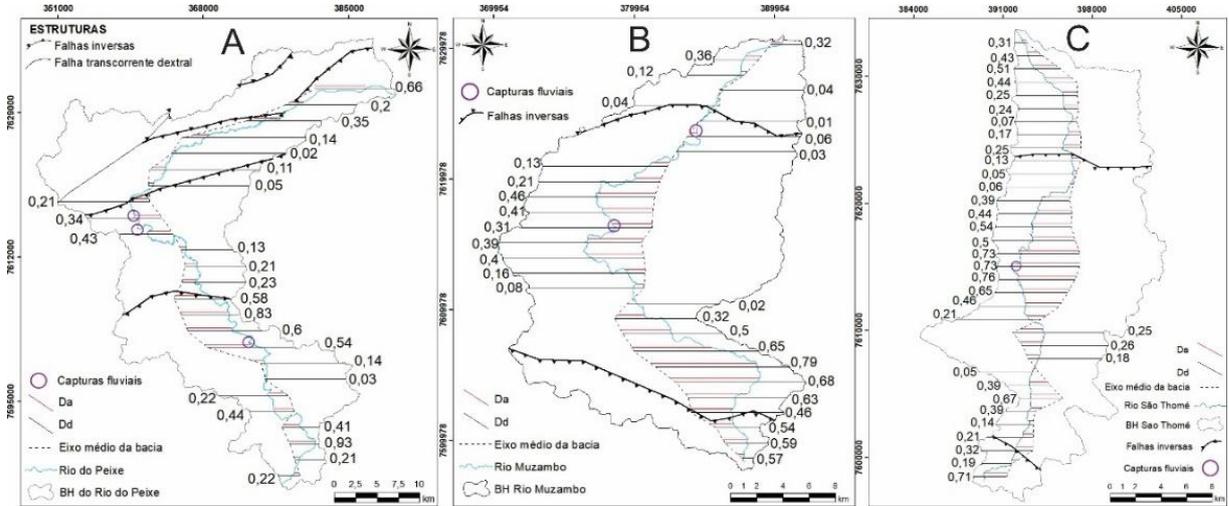
Figura 4: Mapa com distribuição dos valores de k_{sn} , knickpoints, *wind gaps*, baixos divisores e zonas com inflexões abruptas e gargantas fluviais.



Em contraste, valores mais baixos de k_{sn} predominam em grande parte da bacia do Muzambo e no norte das bacias dos rios do Peixe e São Thomé. Essas áreas correspondem a setores que passaram por ajustes associados à migração de *knickpoints* e que, atualmente, estão protegidas da incisão por leitos aluviais, caracterizando zonas de equilíbrio. Na bacia do Muzambo, essa estabilidade relativa pode estar relacionada à presença de rochas mais friáveis, como as metamargas, mais suscetíveis a erosão. As escarpas da falha ao sul, que sustentam regiões mais elevadas, também podem ter influenciado esse padrão, uma vez que se localizam próximas às cabeceiras da drenagem da bacia do rio Muzambo.

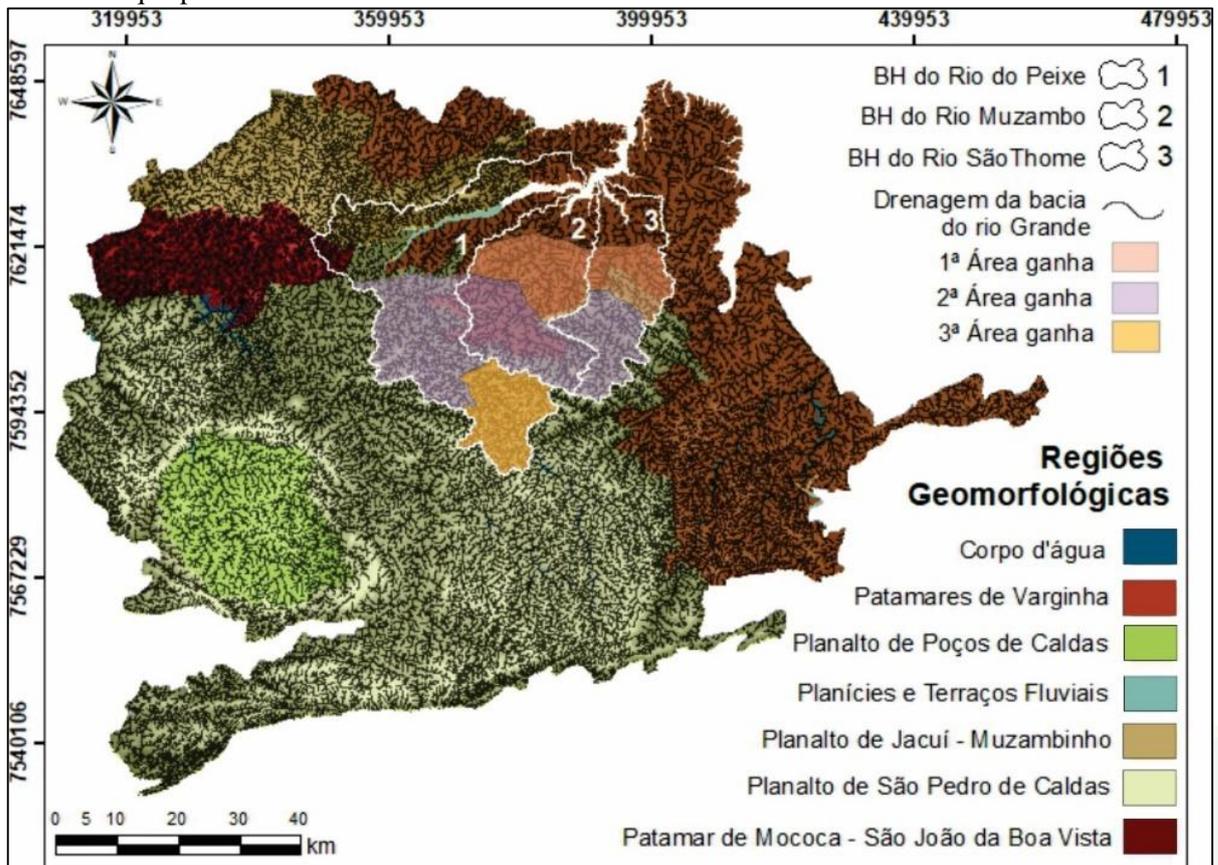
O *FSTT* também apresenta padrões consistentes com essa dinâmica. Em ambos os rios principais, os maiores deslocamentos ocorrem a jusante das inflexões abruptas, sugerindo uma resposta direta à reorganização da drenagem induzida por capturas fluviais (Figura 5).

Figura 5: valores de *FSTT* e sua relação com inflexões abruptas dos canais principais



A presença dessas feições, em associação a áreas elevadas e estruturas geológicas regionais, reflete heranças neoproterozóicas do ciclo Brasiliano-Pan-Africano, bem como reativações tectônicas do Cretáceo Superior que culminaram no soerguimento do Planalto de São Pedro de Caldas e na inversão da drenagem regional (Figura 6).

Figura 6: Drenagem e regiões geomorfológicas da bacia do rio Grande adjacentes à área de estudo, com destaque para as transferências de área vinculadas a terrenos do Planalto de São Pedro de Caldas





A ascensão de uma pluma magmática, responsável pela formação da caldeira vulcânica do Planalto de Poços de Caldas, pode ter provocado reajuste topográfico, modificação dos níveis de base locais e reajustes erosivos remontantes que inverteram a drenagem regional por meio de capturas fluviais (Figura 6).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos parâmetros morfométricos (k_{sn} , $FSTT$) e de feições morfológicas, como *knickpoints*, *wind gaps* e baixos divisores, revela evidências de reorganização fluvial nas sub-bacias dos rios do Peixe, Muzambo e São Thomé. Altos valores de k_{sn} e a concentração de *knickpoints* em áreas elevadas, coincidentes com zonas de cisalhamento e contatos litológicos, indicam desequilíbrio erosivo em setores de cabeceira, favorecendo a migração remontante de canais. A presença de *wind gaps* e baixos divisores reforça a hipótese de paleoconexões entre bacias atualmente separadas.

Esses testemunhos corroboram a hipótese de que o soerguimento regional vinculado à pluma magmática do Cretáceo Superior, responsável por originar o Planalto de Poços de Caldas, desencadeou reorganizações na rede de drenagem por meio de modificação dos níveis de base e reajustes erosivos remontantes que promoveram a transposição de divisores e a inversão de fluxos por meio de capturas fluviais.

Tais conclusões contribuem para o entendimento da evolução morfoestrutural da bacia do rio Sapucaí e do sul de Minas Gerais, e destacam a importância de abordagens integradas na identificação de reorganizações fluviais em contextos pós-orogênicos e intraplaca.

Palavras-chave: Controles tectônicos; Anomalias de drenagem; Pirataria fluvial; Evolução da paisagem.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o suporte da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) por meio da chamada 016/2024 que visa fornecer apoio à participação coletiva em eventos de natureza técnico-científica.

REFERÊNCIAS

BIERMAN, P. R.; MONTGOMERY, D. R. **Key Concepts in Geomorphology**. New York: Macmillan Learning, 2014.

BISHOP, P. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. **Progress in Physical Geography**, v. 19, n. 4, p. 449-473, 1995.



CASSEMIRO, F. A. S. et al. The timing of large drainage rearrangement in South America: a study based on morphological and ecological evidence. **Geomorphology**, v. 468, 109457, 2025.

CRUZ, B. L. et al. Reorganization of the drainage network based on morphostructural controls in passive margins. **Geomorphology**, v.477, 109693, 2025

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geomorfologia 1:250.000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Escala 1:50.000.

MARENT, B. R. et al. Processos de reorganização da rede de drenagem no Brasil. In: CARVALHO JÚNIOR, O. A. et al. (Org.). **Revisões de literatura da geomorfologia brasileira**. Brasília: Universidade de Brasília, 2022. p. 1057.

REZENDE, É. A.; SALGADO, A. A. R.; CASTRO, P. T. A. Evolução da rede de drenagem e evidências de antigas conexões entre as bacias dos rios Grande e São Francisco no sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.19, n.3, 2018.

SCHWANGHART, W.; SCHERLER, D. Short communication: TopoToolbox 2 – MATLAB-based software for topographic analysis and modeling in Earth surface sciences. **Earth Surface Dynamics**, v. 2, n. 1, p. 1–7, 2014.

SILVA, M. A. et al. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Brasília: CPRM, 2020. Escala 1:1.000.000.

SILVA, R. V. M. A.; FERNANDES, N. F.; MELLO, C. L. Drainage network rearrangement during the formation and segmentation of a Paleogene intraplate half-graben: insights from fluvial captures records and longitudinal profiles. **Journal of South American Earth Sciences**, v.127, 104407, 2023.

SORDI, M. V. et al. Drainage network evolution and divide retreat along a passive margin: the permanence of disequilibrium under unfavorable natural conditions in eastern South America. **Physical Geography**, v.44, n.4, 2023.

OLIVEIRA, D. Capturas fluviais como evidências da evolução do relevo: uma revisão bibliográfica. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 37–50, 2010.

