

# ASSIMETRIA DE DRENAGEM COMO PARÂMETRO DE INVESTIGAÇÃO GEOMORFOLÓGICA NA ZONA DE CONTATO ENTRE O QUADRILÁTERO FERRÍFERO E O CRÁTON SÃO FRANCISCO/MG

Paula Campos, G. (IGC-UFMG) ; Poli Yamashiro, P. (IGC-UFMG) ; Pereira Magalhães Junior, A. (IGC-UFMG) ; Fernando de Paula Barros, L. (IGC-UFMG)

## RESUMO

Índices morfométricos são tradicionalmente empregados na identificação de assimetrias de drenagem, a fim de compor a análise geomorfológica em relação ao condicionamento tectono-estrutural e litológico. Este artigo busca avançar no entendimento da evolução hidrográfica e do relevo na zona de contato entre o Quadrilátero Ferrífero e o Cráton São Francisco. Para isso, foram aplicados os índices Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD) e Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT). Foram obtidos valores de até 32,52 (deslocamento para a margem direita) para o FABD na bacia do Pará e até 83,99 (deslocamento para a margem esquerda) na bacia do Paraopeba, mostrando a presença de bacias bastante assimétricas. Já o FSTT apresentou alto grau de anomalia em áreas de mudança litológica ou presença de estruturas. Os resultados confirmam forte controle litoestrutural, mas, por outro lado, marcam significativa diferença da evolução da drenagem entre ambas.

## PALAVRAS CHAVES

*Bacia do rio Pará; Bacia do rio Paraopeba; Morfometria fluvial; ;*

## ABSTRACT

Morphometric indices are traditionally used to identify drainage asymmetries in geomorphological analysis, especially regarding litho-structural and tectonic control. This paper seeks to advance the understanding of hydrographic and relief evolution in the contact zone between the the Quadrilátero Ferrífero and the São Francisco Craton, based on the application of the Drainage Basin Asymmetry Factor and Transverse Topographic Symmetry Factor (FSTT). Values of up to 32.52 (shift to the right margin) were obtained for the FABD in the Pará catchment and up to 83.99 (shift to the left margin) in the Paraopeba catchment, showing very asymmetric catchments. The FSTT, on the other hand, features a high degree of anomaly in areas of lithological change or presence of geological structures. The results confirm the strong litho-structural control in the geomorphological configuration of the catchments, but, on the other hand, point out a significant difference between their fluvial evolution.

## INTRODUÇÃO

Assimetrias de drenagem vêm sendo usadas como parâmetros de análise geomorfológica, sobretudo com o auxílio de índices morfométricos. Destacam-se os índices Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem - FABD (HARE; GARDNER, 1985) e Fator de Simetria Topográfica Transversal - FSTT (COX, 1994). Eles permitem, respectivamente, investigar comparar a diferença da área de margem direita em relação à área total da bacia e aferir a simetria do canal em relação aos divisores hidrográficos. Assim, eles possibilitam evidenciar anomalias na organização da drenagem e verificar possíveis controles geológicos na sua origem. As bacias dos rios Pará e Paraopeba drenam a zona de contato entre os compartimentos interiores do Quadrilátero Ferrífero (QF) e do Cráton São Francisco (CSF). As porções superiores da bacia do Paraopeba estão inseridas no QF e apresentam diversas evidências de controles litoestrutural e tectônico da drenagem associados à matriz estrutural herdada do Ciclo Brasileiro (MAGALHÃES; SAADI, 1994, BARROS; MAGALHÃES, 2018). Por sua vez, o restante de ambas as bacias se desenvolve no CSF, caracterizado por estabilidade tectônica pós-arqueana (SAADI, 1991). Sendo assim, a região de transição entre os domínios foi marcada por uma dinâmica tectônica particular, sob influência das faixas móveis brasileiras. Embora Oliveira (2019) destaque a diferença na forma das bacias desses rios, a aplicação dos índices FABD e FSTT ainda

não foi feita para a totalidades delas, sobretudo de modo comparado. Apenas Carvalho et al. (2020) aplicou o FABD na porção média da bacia do rio Paraopeba. Buscando contribuir com os conhecimentos sobre a evolução da hidrografia e do relevo regional, em especial quanto ao controle geológico (litoestrutural e/ou neotectônico), o presente trabalho tem o objetivo de investigar e comparar assimetrias de drenagem nas bacias dos rios Pará e Paraopeba. A concepção do trabalho parte, então, da ideia de que as zonas de contato entre os diferentes compartimentos geomorfológicos interiores do Brasil Oriental são estratégicas para os avanços dos conhecimentos sobre as respostas da rede de drenagem ao arcabouço geológico regional. Os rios Pará e Paraopeba são importantes contribuintes do alto Rio São Francisco (Figura 1). O rio Paraopeba percorre ~550 km até sua foz na represa de Três Marias e possui ~13.600 km<sup>2</sup> de área. Por sua vez, a bacia do rio Pará possui área ~12.200 km<sup>2</sup> e o canal principal percorre ~310 km. Enquanto a bacia do rio Paraopeba apresenta formato estreito e alongado, próximo ao retangular (SCHVARTZMAN et al., 2002), a bacia do rio Pará possui formato mais arredondado. O padrão de drenagem é predominantemente dendrítico em ambas e orientação predominante dos rios principais é SSE-NNW (OLIVEIRA, 2019). Nas porções superiores das bacias ocorrem rochas arqueanas do embasamento cristalino: Complexo Belo Horizonte, gnaiss Alberto Flores e gnaiss Fernão Dias (CARNEIRO, 1992; NOCE et al., 1997; INACHVILI, 2014) - Figura 1. Essas áreas são marcadas por colinas convexas e cristas alongadas, vales abertos e geralmente entulhados (TULLER et al., 2010). Na porção oeste do QF predominam rochas dos supergrupos Rio das Velhas e Minas, sustentando os relevos serranos escarpados. A maior resistência à desnudação das porções serranas do QF provém dos quartzitos e formações ferríferas bandadas (itabiritos), cujas taxas de desnudação são inferiores às do embasamento (SALGADO et al., 2004; VARAJÃO et al., 2009). Na porção inferior das bacias, sobretudo na do rio Paraopeba, predominam unidades do Grupo Bambuí: formações Serra da Saudade, Lagoa do Jacaré, Serra de Santa Helena, Sete Lagoas e Carrancas (PERILLO, 1998; OLIVEIRA, 1999; ROMANO, 2007). Enquanto nas áreas de ocorrência da Formação Sete Lagoas ocorre relevo cárstico bordejado por morros e serras, nas da Formação Serra de Santa Helena notam-se elevações suavizadas com coberturas detrito-lateríticas derivadas do intemperismo dos pelitos (TULLER et al., 2010).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A delimitação das bacias hidrográficas foi realizada por meio do produto Bacias Hidrográficas do Brasil (BHB250), em escala 1:250.000, no formato vetorial, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A hidrografia em escala 1:50.000 foi obtida em formato vetorial no portal Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA) do Governo do Estado de Minas Gerais, enquanto a geologia foi obtida em formato vetorial no Portal da Geologia em escala 1:1.000.000. Também foi utilizado o Modelo digital de elevação (MDE) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com resolução espacial de 30 metros, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no portal TopoData. Os dados foram importados para os softwares QGIS e/ou ArcGIS. Tendo em vista a extensão e a complexidade estrutural e morfológica da área, o FABD e o FSTT foram aplicados para as bacias principais e também para as sub-bacias, sendo estas escolhidas considerando que o rio principal fosse de 3ª ordem ou superior na hierarquia de Strahler (1952), e que houvesse diversidade estrutural e morfológica. Na bacia do Rio Pará, foram selecionados: na margem esquerda, os rios Itapeçerica e Lambari (7ª ordem) e Picão e (6ª ordem); na margem direita, o rio São João (7ª ordem). Na bacia do Rio Paraopeba, foram selecionados: na margem esquerda, os rios rio Brumado (7ª ordem), Macaúbas, Manso, Serra Azul (6ª ordem) e Pardo (5ª ordem); na margem direita, rio Maranhão (7ª ordem), Betim, Macacos, Grande (6ª ordem) e ribeirão do Cedro (5ª ordem). O FABD foi proposto por Hare e Gardner (1985) conforme a Equação 1:  $FABD=100*(Ar/At)$ . Sendo, Ar a área da margem direta da bacia e At a área total da bacia hidrográfica. Valores próximos a 50 indicam pouca ou nenhuma migração lateral, valores inferiores a 50 denotam migração mais pronunciada do rio principal para a margem direita, e valores acima de 50 indicam migração mais pronunciada do rio principal para a margem esquerda (SALAMUNI, 1998). Tendo em vista que as bacias estudadas drenam diferentes compartimentos geológicos, o FABD foi calculado para as bacias como um todo, mas também para alguns segmentos. Na bacia do Rio Pará, o cálculo do FABD foi realizado para dois segmentos: um referente à área da bacia sobre o embasamento cristalino; e o outro referente à área

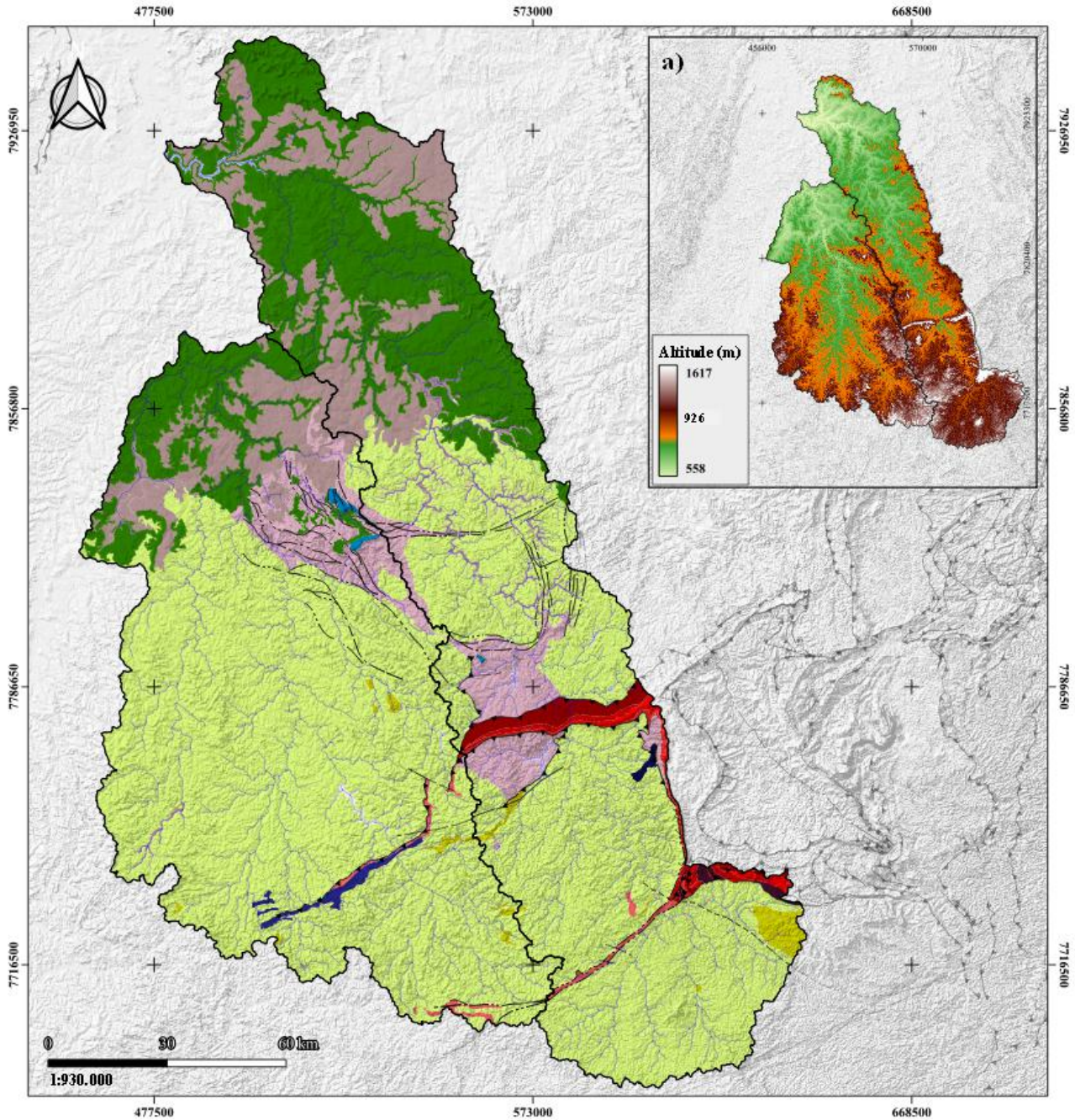
da bacia sobre o Grupo Bambuí. Na bacia do Rio Paraopeba, o cálculo foi realizado para quatro segmentos: a) da nascente até o Fecho de Jeceaba; b) do Fecho de Jeceaba até o Fecho do Funil; c) do Fecho do Funil até a transição para o Grupo Bambuí; e d) no Grupo Bambuí. Os “fechos” são cortes epigênicos que representam importantes níveis de base locais e separam diferentes unidades do Embasamento. À montante do Fecho de Jeceaba se encontram rochas do chamado “Cinturão Mineiro” (TEIXEIRA et al., 2000; ALKMIM, 2018): granitos e rochas metassedimentares e metavulcânicas de idades paleoproterozoicas, compreendidas entre 2,45 e 2,10 Ga, que se distribuem ao longo de uma faixa de terreno de orientação NE-SW situada a sudoeste do Quadrilátero Ferrífero. Já à jusante do Fecho de Jeceaba ocorre o Embasamento arqueano, com rochas gnáissicas e granitos de idades arqueanas compreendidas entre 3,20 e 2,80 Ga (ALKMIM, 2018). Por sua vez, o FSTT foi proposto por Cox (1994) conforme a Equação 2:  $T=Da/Dd$ . Sendo, Da a distância entre a linha média e o curso d’água e Dd a distância entre a linha média e o divisor da bacia. Valores entre 0 e 0,4 denotam baixo grau de anomalia, valores entre 0,41 e 0,8 médio grau de anomalia e valores entre 0,81 e 1 alto grau de anomalia (FIRMINO, 2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, os resultados obtidos evidenciam significativa diferença na organização hidrográfica entre as bacias estudadas. Ademais, tendo vista os diferentes compartimentos geológicos atravessados pela rede de drenagem, por vezes, o resultado da bacia como um todo acaba apresentando uma média que mascara importantes anomalias em alguns trechos. O FABD obtido para a bacia do rio Pará é de 35,65 (Figura 2), indicando deslocamento do canal principal para a margem direita (NE). Entretanto, a bacia do Rio Pará pode ser subdividida em dois segmentos bem definidos em termos litoestruturais (Figura 3), por isso o cálculo do FABD foi realizado também para esses segmentos. No embasamento cristalino, o resultado é igual a 37,56, denotando deslocamento levemente maior para a margem direita (NE) que no trecho sobre o Grupo Bambuí, onde é igual a 41,32, caracterizando também deslocamento para a margem direita (NE). Por sua vez, o FSTT indica anomalias de baixo grau ao longo do rio principal, o que caracteriza uma bacia simétrica. Esta simetria se configura mesmo com o rio atravessando distintas litologias e estruturas geológicas: os maiores valores obtidos para os segmentos referidos anteriormente são, respectivamente, 0,77 e 0,86, sendo estas anomalias pontuais. Nos rios Itapecerica, São João, Lambari e Picão, os valores obtidos para o FABD (Figura 2) indicam baixa migração lateral dos canais fluviais. As anomalias identificadas para o FSTT (Figura 2) sinalizam o mesmo sentido de deslocamento do canal fluvial. Trata-se de uma área com relevo maduro, composto de colinas suaves e topos aplainados (ROMANO, 2007). Entretanto, a sub-bacia do rio Picão (Figura 3) apresenta maior migração lateral e deslocamento para ambas as margens. Esse deslocamento ocorre em trecho de Formações Superficiais Inconsolidadas que recobrem o Embasamento Cristalino. Já na transição para o Grupo Bambuí, o canal passa a ter baixa migração lateral, mas está deslocado do eixo central da bacia e se aproxima significativamente do interflúvio, apresentando anomalias médias a altas de FSTT. Para a bacia do rio Paraopeba, por sua vez, obteve-se um FABD de 47,45 (Figura 2), o que explicita uma posição relativamente centralizada do rio principal, com pouca migração lateral. Entretanto, a bacia do Rio Paraopeba pode ser subdividida em quatro segmentos bem definidos em termos litoestruturais (Figura 3), por isso, o cálculo do FABD foi realizado também para esses segmentos: a) da nascente até o Fecho de Jeceaba: 44,50, com um leve deslocamento do rio para a margem direita (E); b) do Fecho de Jeceaba até o Fecho do Funil: 25,33, indicando um forte deslocamento do rio para a margem direita (NE); c) do Fecho do Funil até a transição com o Grupo Bambuí: 58,06, com um leve deslocamento para a margem esquerda (W); d) por fim, o segmento no Grupo Bambuí apresenta valor de 62,19, denotando deslocamento um pouco maior para a margem esquerda (W). O FSTT indica anomalias de médio grau, principalmente quando o rio atravessa o Fecho de Jeceaba. Os maiores valores de cada segmento são: a) 0,47; b) 0,57; c) 0,43; d) 0,47. No alto Paraopeba, o rio Brumado, afluente de margem esquerda, apresenta o canal principal centralizado e com anomalias de baixo grau no FSTT (Figura 2). Já o rio Maranhão, afluente de margem direita, se encontra bastante deslocado do eixo central da bacia (Figura 3), com valor do FABD igual a 83,99 e anomalias de médio grau para o FSTT por quase todo o curso. Este contraste de simetria entre as bacias do alto Paraopeba evidencia perturbações na organização da drenagem mais próxima à borda do CSF, sugerindo, inclusive, soerguimento neotectônico da borda Sul do QF. Na área entre os fechos de Jeceaba e Funil, o rio

Paraopeba se encontra bastante deslocado para a margem direita, isto é, em direção ao QF/borda do CSF. Do mesmo modo, os afluentes de margem esquerda (rios Macaúbas e Manso) mostram, em diferentes graus, deslocamentos para a mesma direção, tendo a bacia do Rio Manso FABD igual a 26. No médio Paraopeba, entre o fecho do Funil e a transição para o Grupo Bambuí, o ribeirão Serra Azul e o rio Betim mostram valores de FABD e FSTT (Figura 2) de canais com baixa assimetria e anomalias. No ribeirão Grande, o FABD mostra que o curso principal é simétrico, porém, quando analisado o FSTT, é percebido que há anomalias de médio e alto grau, chegando a valores de até 0,82. Um conjunto de falhas de cisalhamento transcorrente (NNW-SSE a NNE-SSW) controla a direção da drenagem e promove entulhamento do canal principal e de seus afluentes devido a movimentações neotectônicas (CARVALHO et al., 2020). No ribeirão dos Macacos, o FABD evidencia deslocamento para a margem direita e o FSTT reforça esta tendência no alto curso. Logo após o curso d'água atravessar um conjunto de falhas de zona de cisalhamento transcorrente (N-S a NE-SW), o canal principal apresenta entulhamento, levando a entender que tais falhas também possam ter sido reativadas, promovendo movimentações neotectônicas positivas que intensificaram os processos erosivos no alto curso. Por não haver energia suficiente para transporte, ocorreria então intensificação dos eventos de sedimentação a jusante, como apontam Carvalho et al. (2020). Assim, hoje, o ribeirão deixa de drenar sobre o Embasamento cristalino e passa a correr sobre as Formações Superficiais Inconsolidadas que o recobrem. No baixo Paraopeba, o ribeirão do Cedro apresenta um valor para o FABD que indica baixa assimetria e o FSTT (Figura 2) possui anomalias de médio grau na transição do Grupo Bambuí para Formações Superficiais Inconsolidadas que recobrem o Embasamento cristalino. Também aqui, o baixo curso sofreu entulhamento devido a movimentações neotectônicas e controle litoestrutural da drenagem (CARVALHO et al., 2020). Já o rio Pardo apresenta FABD de 18,34, estando fortemente deslocado do eixo central da bacia em direção à margem direita (E). O FSTT apresenta, por quase toda a extensão do canal, anomalias de médio e alto grau, chegando a valores de 0,87. No alto curso, ele drena o Embasamento cristalino, já no médio curso ocorre a transição para o Grupo Bambuí, por onde segue até a foz. Assim, com base em Carvalho et al. (2020), levanta-se a hipótese de basculamento de bloco tectônico, que levaria o canal principal a migrar lateralmente na Depressão do Rio Paraopeba.

*Figura 1*



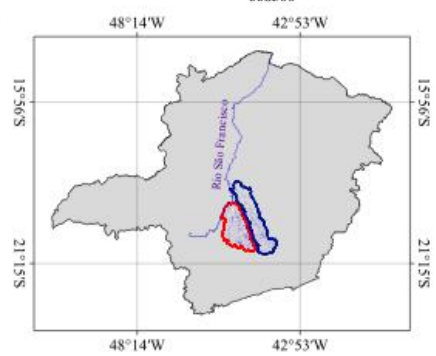
**Legenda**

- Hidrografia
  - Massa d'água
  - Limite das Bacias
  - Bacia Hidrográfica do Rio Pará
  - Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba
  - Estado de Minas Gerais
- Geologia**
- Cenozóico**
- Formações Superficiais Inconsolidadas
- Proterozóico**
- Grupo Itacolomi
  - Supergrupo São Francisco
  - Grupo Bambuí

- Supergrupo Minas**
- Indiviso
  - Grupo Caraça
  - Grupo Itabira
  - Grupo Piracicaba
  - Grupo Sabará
- Arqueano**
- Supergrupo Rio das Velhas**
- Grupo Nova Lima
  - Grupo Maquiné
  - Indiviso
  - Grupo Quebra Osso
- Complexo Cristalino**
- Embasamento
  - Supracrustais

**Estruturas Geológicas**

- Falha ou zona de cisalhamento contracional
- Falha ou zona de cisalhamento indiscriminada
- Falha ou zona de cisalhamento transcorrente
- Falha ou zona de cisalhamento transcorrente dextral
- Falha ou zona de cisalhamento transcorrente sinistral
- Lineamento estrutural



**Sistema de Referência de Coordenadas**

Datum: SIRGAS 2000, UTM Zone 23S

**Base Cartográfica**

Geologia: CPRM, 2014 (acesso em 10/11/2022)  
 Modelo Digital de Elevação: SRTM (acesso em 05/03/2023)  
 Bacias Hidrográficas; Hidrografia: IGAM (acesso em 10/11/2022)  
 Limite Estadual: IBGE (acesso em 10/04/2023)

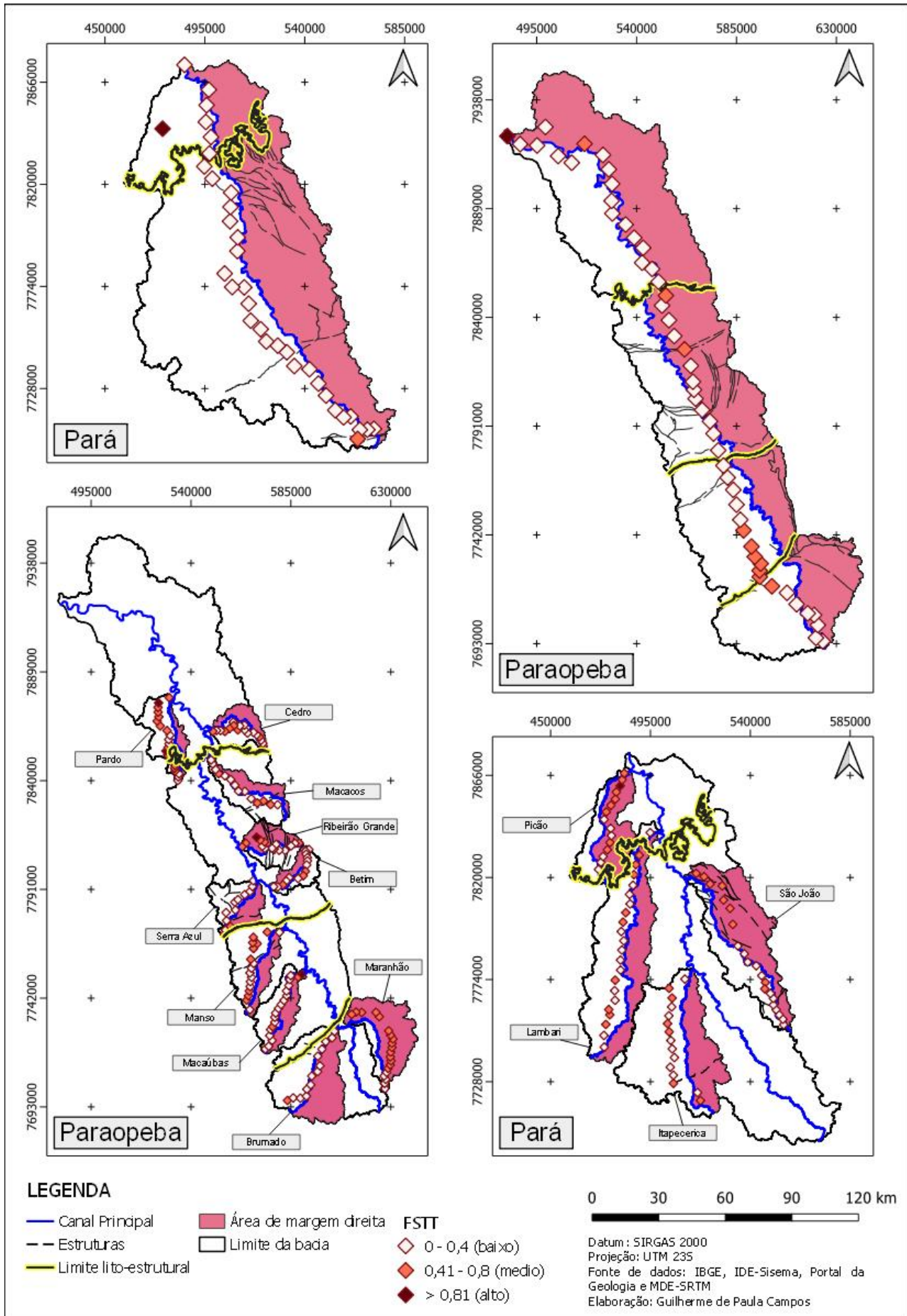
Mapa principal: Agrupamentos geológicos (simplificado). Encartes: a) Hipsometria.

Figura 2

Bacia Hidrográfica	Margem do afluente	Ordem (Strahler)	FABD	Deslocamento	FSTT
Paraopeba	-	8	47,45	Centralizado	Baixo grau
Paraopeba (Jeceaba)	-	-	44,50	Margem direita (E)	Médio grau
Paraopeba (Funil)	-	-	25,33	Margem direita (NE)	Baixo grau
Paraopeba (Trasição Bambuí)	-	-	58,06	Margem esquerda (W)	Baixo grau
Paraopeba (Bambuí)	-	-	62,19	Margem esquerda (W)	Baixo grau
Rio Maranhão	Direita	7	83,99	Margem esquerda (W até baixo curso, S no baixo curso)	Baixo grau no alto curso, médio grau no médio e baixo cursos
Rio Betim	Direita	6	44,56	Margem direita (NW)	Baixo grau
Ribeirão dos Macacos	Direita	6	36,51	Margem direita (E no alto curso, N no restante)	Médio grau no alto curso e baixo grau no médio e baixo cursos
Ribeirão Grande	Direita	6	51,68	Margem esquerda (S)	Baixo grau no alto e médio cursos, e médio grau no baixo curso
Ribeirão do Cedro	Direita	5	42,61	Margem direita (NE alto-médio curso, N no restante)	Baixo grau no alto e médio cursos, e médio grau no baixo curso
Rio Brumado	Esquerda	7	47,33	Centralizado	Baixo grau
Rio Macaúbas	Esquerda	6	43,13	Margem direita (SE)	Baixo grau
Rio Manso	Esquerda	6	26,00	Margem direita (SE)	Médio grau no alto curso, baixo grau no médio e médio grau no baixo curso
Ribeirão Serra Azul	Esquerda	6	41,34	Margem direita (SE)	Baixo grau
Rio Pardo	Esquerda	5	18,34	Margem direita (E)	Médio grau
Pará	-	8	35,65	Margem direita (NE)	Baixo grau
Pará (Embasamento)	-	-	37,56	Margem direita (NE)	Baixo grau
Pará (Bambuí)	-	-	41,32	Margem direita (NE)	Baixo grau
Rio São João	Direita	7	64,05	Margem esquerda (SW)	Baixo grau no alto-médio cursos e médio grau no médio-baixo curso
Rio Itapeçerica	Esquerda	7	32,52	Margem direita (E)	Baixo grau com pontos de médio grau ao longo do curso
Rio Lambari	Esquerda	7	36,14	Margem direita (E)	Baixo e médio grau intercalado ao longo do curso
Rio Picão	Esquerda	6	65,68	Margem esquerda (W)	Baixo grau no alto curso, médio grau no médio e baixo cursos, havendo um ponto de alto grau no baixo curso

Quadro síntese dos valores dos índices de simetria.

Figura 3



*Mosaico de mapas das bacias do rio Pará e Paraopeba com o índice FSTT e área de margem direita.*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices morfométricos aplicados evidenciam o controle geológico na evolução da drenagem e do relevo nas bacias dos rios Pará e Paraopeba. Em geral, observam-se maiores evidências de perturbações na organização da drenagem mais próxima do QF/borda do CSF, possivelmente em razão do controle exercido pela complexa matriz estrutural herdadas dos ciclos Transamazônico e Brasileiro, além de reativações neotectônicas. Desse modo, a bacia do Pará se mostra menos afetada por anomalias ou assimetrias de drenagem, exceto na sub-bacia do Picão, que denota forte controle litoestrutural e possivelmente tectônico. A bacia do Paraopeba e suas sub-bacias, em média, também não apresentam expressivas anomalias ou assimetrias. Porém, é clara a diferença do comportamento da drenagem nos diversos compartimentos litoestruturais. Destaca-se o trecho da bacia entre os fechos do Funil e Jeceaba, além das sub-bacias dos rios Manso e Maranhão, sob forte influência das perturbações tectônicas e estruturais do QF/borda do CSF. Distante desta, porém, já no baixo curso, a sub-bacia do Rio Pardo também apresenta fortes anomalias, permitindo inferir, em conjunto com dados da literatura, a possibilidade de basculamento tectônico nesse trecho.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de produtividade e pelas bolsas de iniciação científica; à FAPEMIG pelas bolsas de iniciação científica e pelo apoio financeiro (Projeto APQ- 00511-21); ao grupo RIVUS - Geomorfologia e Recursos Hídricos (UFMG).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALKMIM, F.F.. História Geológica de Minas Gerais. In: Pedrosa-Soares, A.C.; Voll, E.; Cunha, E.C.; Recursos Minerais de Minas Gerais. (Org.). História geológica de Minas Gerais. 1ª Ed. Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018, v. 1, p. 1-35.
- BARROS, Luiz Fernando de Paula; MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. Reconstituição de eventos geomorfológicos no Quadrilátero Ferrífero/MG a partir de registros deposicionais fluviais: a bacia do rio Paraopeba. *Quaternary and Environmental Geosciences*, [S.l.], v. 9, n. 2, nov. 2018. DOI: 10.5380/abequa.v9i2.51235.
- CARNEIRO, Maurício Antonio. O Complexo metamórfico Bonfim setentrional (Quadrilátero Ferrífero, MG): litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do arqueano. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. DOI: 10.11606/T.44.1992.tde-18112015-104751.
- CARVALHO, A.; MAGALHÃES JR., A. P.; OLIVEIRA, L. A. F. Eventos quaternários de entulhamento e configuração de fundos de vale na bacia do rio Paraopeba - Cráton do São Francisco, Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, p. 847-869, 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i4.1580.
- COX, Randel Tom. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi Embayment. *Geological society of America bulletin*, v. 106, n. 5, p. 571-581, 1994.
- FIRMINO, Idjarrury Gomes. Avaliação de modelos cartográficos de índices morfométricos voltados à análise neotectônica. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, v. 6, n. 2, p. 168-182, 2015.
- Hare, P.W.; Gardner, T.W. Geomorphic Indicators of Vertical Neotectonism along Converging Plate Margins, Nicoya Peninsula Costa Rica. In: Morisawa, M. and Hack, J.T., Eds., *Tectonic Geomorphology. Proceedings of the 15th Annual Binghamton Geomorphology Symposium*, 1985, Allen and Unwin, Boston, p. 123-134.
- INACHVILI, Irakli. Prospecção geológica e geofísica com ênfase em formações ferríferas na faixa meridional do Quadrilátero Ferrífero do Supergrupo Minas Indiviso. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2014. 89p.
- MAGALHÃES Jr, Antônio Pereira; SAADI, A. . Ritmos da Dinâmica Fluvial Neo-Cenozóica Controlados



- por Soerguimento Regional e Falhamento: O Vale do Rio das Velhas na Região de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, Belo Horizonte-MG, v. 2, n.1, p. 42-54, 1994. DOI: 10.18285/geonomos.v2i1.231.
- NOCE, Carlos Maurício; TEIXEIRA, Wilson; MACHADO, Nuno. Geoquímica dos gnaisses ttgs e granitóides neoarqueanos do complexo Belo Horizonte, quadrilátero ferrífero, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 27, n. 1, p. 25-32, 1997.
- OLIVEIRA, E. A.. Geologia, petrografia e geoquímica do Maciço Granitoide de Cachoeira da Prata. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1999. 82p.
- OLIVEIRA, L.A.F. Ajustes e reconfigurações geomorfológicas entre as bacias hidrográficas dos rios Pará e Paraopeba no quaternário tardio, alto São Francisco, MG. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. 184p.
- PERILLO, M. Geologia, petrografia e geoquímica do Maciço Granitoide de Florestal. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998. 128p.
- ROMANO, A. W. Nota explicativa da folha Pará de Minas - SE.23-Z-C-IV. Brasília: UFMG/CPRM, 65p. 2007.
- SAADI, A. Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intraplaca, descontinuidades crustais e morfogênese. Belo Horizonte, 1991. Tese (Professor Titular), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 285p.
- SALGADO, A. R.; COLIN, F.; NALINI JÚNIOR, H. A. O papel da denudação geoquímica no processo de erosão diferencial no Quadrilátero Ferrífero/MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Uberlândia, v. 5, n.1, p. 55-69, 2004. DOI: 10.20502/rbg.v5i1.32.
- SCHVARTZMAN, A. S.; NASCIMENTO, N. O.; VON SPERLING, M. Outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos: aplicação à bacia do rio Paraopeba, MG. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.7, n.1, p.103-122, 2002. DOI: 10.21168/rbrh.v7n1.p103-122.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, n. 63, p.111-1141, 1952. DOI: 10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2.
- TEIXEIRA W., SABATÉ P., BARBOSA J., NOCE C.M., CARNEIRO M.A. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco craton, Brazil. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America*. 31<sup>o</sup> International Geological Congress, 2000. Rio de Janeiro, p. 101-137.
- TULLER, M. P.; RIBEIRO, J. H.; SIGNORELI, N.; FÉBOLI, L.; PINHO, J. M. M. Programa Geologia do Brasil: Projeto Sete Lagoas - Abaeté. Belo Horizonte: CPRM, 160p., 2010.
- VARAJÃO, C. A. C. et al.. Estudo da evolução da paisagem do quadrilátero ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (10be) e da pedogênese. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 5, p. 1409-1425, 2009. DOI: 10.1590/S0100-06832009000500032.